UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE
Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte

Programa de Doctorado en Investigación Sociosanitaria y de la Actividad Física

Tesis Doctoral con Mención Internacional

ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA CON LA CONDICIÓN FÍSICA, COMPOSICIÓN CORPORAL Y HÁBITOS NUTRICIONALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES

ANALYSIS AND RELATIONSHIP OF PHYSICAL ACTIVITY AND SPORT PRACTICE WITH PHYSICAL FITNESS, BODY COMPOSITION AND NUTRITIONAL HABITS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

AUTOR
SAMUEL MANZANO CARRASCO

DIRECTORES
DRA. Dª. LEONOR GALLARDO GUERRERO
DR. D. JORGE FERNANDO GARCÍA UNANUE
DR. D. JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ

Toledo, 2022

Dra. Dª. Leonor Gallardo Guerrero
Catedrática de Universidad

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte
Facultad de Ciencias del Deporte
Universidad de Castilla-La Mancha

Dª. LEONOR GALLARDO GUERRERO, CATEDRÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral con mención Internacional titulada: **"ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA CON LA CONDICIÓN FÍSICA, COMPOSICIÓN CORPORAL Y HÁBITOS NUTRICIONALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES"**, desarrollada y presentada por D. Samuel Manzano Carrasco, ha sido realizada bajo mi supervisión y dirección. Asimismo, certifica que este trabajo reúne los requisitos y cumple con todas las condiciones exigidas por normativa vigente, y es apto para iniciar los trámites pertinentes por la Comisión de Doctorado de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Castilla-La Mancha, así como para su posterior defensa pública ante el tribunal correspondiente con el fin de obtener el grado de Doctor.

Para que así conste, firmo el presente certificado en Toledo a 9 de septiembre del 2022.

Fdo. Dª. Leonor Gallardo Guerrero

Dr. D. Jorge Fernando García Unanue
Profesor Titular de Universidad

Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte
Facultad de Ciencias del Deporte
Universidad de Castilla-La Mancha

D. JORGE FERNANDO GARCÍA UNANUE, PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral con mención Internacional titulada: **"ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA CON LA CONDICIÓN FÍSICA, COMPOSICIÓN CORPORAL Y HÁBITOS NUTRICIONALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES"**, desarrollada y presentada por D. Samuel Manzano Carrasco, ha sido realizada bajo mi supervisión y codirección. Asimismo, certifica que este trabajo reúne los requisitos y cumple con todas las condiciones exigidas por normativa vigente, y es apto para iniciar los trámites pertinentes por la Comisión de Doctorado de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Castilla-La Mancha, así como para su posterior defensa pública ante el tribunal correspondiente con el fin de obtener el grado de Doctor.

Para que así conste, firmo el presente certificado en Toledo a 9 de septiembre del 2022.

Fdo. D. Jorge Fernando García Unanue

Dr. D. Javier Sánchez Sánchez
Profesor Titular de Universidad

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
Universidad Europea de Madrid

D. JAVIER SÁNCHEZ SÁNCHEZ, PROFESOR TITULAR DE LA UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID,

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral con mención Internacional titulada: **"ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y PRÁCTICA DEPORTIVA CON LA CONDICIÓN FÍSICA, COMPOSICIÓN CORPORAL Y HÁBITOS NUTRICIONALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES"**, desarrollada y presentada por D. Samuel Manzano Carrasco, ha sido realizada bajo mi supervisión y codirección. Asimismo, certifica que este trabajo reúne los requisitos y cumple con todas las condiciones exigidas por normativa vigente, y es apto para iniciar los trámites pertinentes por la Comisión de Doctorado de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Castilla-La Mancha, así como para su posterior defensa pública ante el tribunal correspondiente con el fin de obtener el grado de Doctor.

Para que así conste, firmo el presente certificado en Madrid a 9 de septiembre del 2022.

Fdo. D. Javier Sánchez Sánchez

La realización de la presente Tesis Doctoral ha sido apoyada y financiada por la Universidad de Castilla-La Mancha, en el marco del Plan Propio de I+D+i, cofinanciada por el Fondo Social Europeo a través de un contrato predoctoral para la formación de personal investigador [2019-PREDUCLM-10735]. El centro de adscripción ha sido el Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte de la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo (Universidad de Castilla-La Mancha).

This PhD thesis has been supported and funded by the University of Castilla-La Mancha, through the granting of a pre-doctoral contract for the training of research staff, within the Plan Propio I+D+i, co-financed by the European Social Fund [2019-PREDUCLM-10735]. The centre of assignment has been the Department of Physical Activity and Sports Sciences of the Faculty of Sports Sciences of Toledo (University of Castilla-La Mancha).

El estilo de referencias utilizadas ha sido la 7ª Edición de Asociación Psicológica Americana (APA). Para que la redacción y lectura sea más fluida, se ha empleado la forma gramatical del género masculino en aquellos casos en los que la referencia es a colectivos mixtos.

A mis padres y mis hermanos,
amigos y compañeros,
***GRACIAS** por permitirme estar hoy aquí.*

SISU

"It is a courageous mindset that faces all kinds of challenges,
whatever their dimensions;
it is the ability to act in the face of adversity;
it is a vital approach that drives us to try new things and experiences
and to push our limits, whether physical, mental or emotional;
it is also about finding practical solutions and
ways forward to develop strength and resilience".

K.P.

AGRADECIMIENTOS

[AKNOWLEDGEMENTS]

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

[AKNOWLEDGEMENTS]

En un momento pensé que escribir este apartado sería el más fácil, pero estaba muy equivocado… Creedme. Para mí este es uno de los apartados más importantes de esta Tesis Doctoral, y muestra de ello, si os soy sincero, me ha sido difícil saber por dónde empezar, ni cómo decir tanto en tan poco, tengo tanta gente buena a mi alrededor y que he conocido en este camino que no me salen las palabras…

[…]

Al igual de especial que es este apartado para mí, no quería dejar de pasar la oportunidad de realizar este apartado desde un sitio especial. ¿Os lo imagináis? Pues sí, aquí he venido estos últimos días, a este amplio y e-s-p-e-c-t-a-c-u-l-a-r patio de un nuevo centro educativo recién construido en Jyväskylä (Finlandia).

[…]

Tras un tiempo tumbado en un columpio en forma de concha, mirando a este cielo azul con tonos naranjas y nubes dispersadas, permitidme que las siguientes líneas sirvan para expresar mi más sincero y cariñoso agradecimiento a todas aquellas personas que de una manera u otra, han estado y han formado parte de este camino, haciendo posible que hoy estemos aquí, finalizando y disfrutando de este gran capítulo del libro de mi vida.

Antes de comenzar, quiero destacar que en esta Tesis Doctoral no se representa únicamente mi esfuerzo y trabajo realizado, sino que se va a presentar en Toledo, el fruto cosechado de aquella semilla que en el 2017 se plantó en Jaén, y por tanto, quiero aprovechar para mostrar mi total reconocimiento y apoyo vital que me han ofrecido todas esas personas que siempre han estado y están cerca, que me quieren y sin las cuales no tendría las ganas, ilusión y fuerzas que me animan a seguir creciendo tanto a nivel académico, profesional y personal.

En primer lugar, y con un especial cariño, a mi directora de esta Tesis Doctoral, la Catedrática Leonor Gallardo Guerrero. Gracias por la confianza y la oportunidad que me brindaste en el 2018 de poder formar parte de esta gran familia, de este privilegiado grupo de investigación IGOID y la *spin-off* IGOID-SPORTEC, que diriges con ambición, liderazgo y dedicación. Mi total admiración por la energía que transmites diariamente, la capacidad de gestión, de continua supervisión, de motivación y de resiliencia. Un gran orgullo y placer poder haber estado bajo su tutela en estos años, aprendiendo, mejorando y creciendo cada día con el trabajo y esfuerzo diario y constante. Hoy y siempre tendrá mi respeto, admiración y reconocimiento.

En segundo lugar, a mis codirectores de esta Tesis Doctoral, el Dr. Jorge García Unanue y el Dr. Javier Sánchez Sánchez. Dos maravillas de profesionales, pero sobre todo y más importante, grandes personas. Al Dr. Jorge García Unanue, gracias por su confianza puesta en mi persona desde el primer momento, por su apoyo y dedicación constante. Gracias por creer fielmente en mi capacidad para alcanzar los objetivos encomendados y las metas propuestas. Me has enseñado mucho durante estos años y siempre te admiraré por tu constancia, energía, capacidad de trabajo y buen hacer. Al Dr. Javier Sánchez Sánchez, gracias por su valioso tiempo dedicado en este camino. Gracias por enseñarme y regalarme tus conocimientos en base a tu magnífica experiencia y trayectoria; por transmitirme ese entusiasmo, ilusión y pasión por todo lo que hacemos en el día a día; y en definitiva, por guiarme de manera excelente durante todo este camino. ¡Gracias a los dos! Sois y seréis dos ejemplos para mí en muchos sentidos.

También, quiero hacer una mención especial al Dr. José Luis Felipe, por su valiosa orientación en todo momento, su gran sabiduría y sus consejos de mago. Gracias de corazón por hacerme mejor investigador y persona; y al Dr. Jorge López Fernández, que en este último tramo ha sido un gran y vital apoyo. Por ello, me gustaría agradecerle su constante predisposición, su razonamiento crítico y su incansable ayuda.

A mis compañeros y amigos del grupo de investigación IGOID, vosotros sabéis mejor que nadie lo que es y ha sido esta Tesis Doctoral para mí. Enrique Colino, Manuel, Antonio, Marín, Marisa, Carlos, Antonio Alonso, Samuel López… y a todos aquellos que han pasado por este magnífico grupo. Gracias de corazón. Siempre os estaré agradecido por hacerme este camino más llevadero. Sin vuestra amistad día a día, ayuda prestada y horas dedicadas, este trabajo no hubiera sido posible. Han sido muchas horas las que hemos pasado juntos en el laboratorio, en las tomas de datos, en los viajes, en la preparación de informes… Cada uno de vosotros me habéis enseñado algo, gracias por dejarme aprender día tras día y por poner tanto empeño e ilusión en todos los proyectos que hemos acometido juntos (y los que quedan…). Mis felicitaciones y mejores deseos porque sé que llegaréis lejos. Cuando lo consigáis, echad la vista atrás y recordad todos los momentos que hemos vivido.

A nivel institucional, mi total agradecimiento a la Universidad de Castilla-La Mancha. En primer lugar, porque me ha permitido realizar y financiar el desarrollo de esta Tesis Doctoral gracias a un contrato predoctoral FPI. Y, en segundo lugar, porque aquí fue donde di mis primeros pasos en el ámbito Universitario, comenzando mi camino académico en el 2012. Agradecer a la que considero mi casa, la Facultad de Educación de Ciudad Real y a todo su equipo docente, con una mención especial para el Dr. David Gutiérrez, el Dr. Ricardo Cuevas, el Dr. Alberto Pinto y el Dr. Roberto Gulías. También acordarme de todos mis compañeros y compañeras de clase, por su gran amistad y buen hacer en esos maravillosos años. Estefanía, Rosa, María, Sandra, Sara, Inma, Lore… y a mis dos grandes amigos, mis hermanos de carrera, Jorge Márquez (Pololo) y Luis Hernández (Xixo), que decir de vosotros… Muy agradecido de que os cruzarais en mi camino, de poder compartir tantas cosas juntos hasta el día de hoy y seguro estoy de que nos quedan muchas más por vivir y disfrutar.

Además, durante esos años, concretamente en el 2015, tuve la oportunidad de vivir mi primer viaje internacional para realizar prácticas en los centros educativos de los Campamentos de refugiados Saharauis (Tindouf, Argelia). Un lugar donde no crecen plantas, pero florecen personas. Un viaje educativo y a la vez muy emotivo, de esos que hay que realizar al menos una vez en la vida. Días y semanas llenas de nuevas experiencias, aventuras, atardeceres y algún que otro amanecer, miles de risas, así como algún que otro llanto, largos

abrazos… Y esto no hubiese sido posible sin mi familia saharaui y mi "Familia la mitad de 12". Juan Antonio Caba, Mónica, Lourdes, Mª Ángeles, Yolanda Valverde… Personas muy cercanas, que te hacen reflexionar, que me dieron la oportunidad de sentir, de mirar, de impregnarme de la magia, de la suerte, de la bondad, de otra cultura, del aire, de la arena, del sol, de las estrellas, de las sonrisas, de las palabras, de las historias, del amor, de las miradas, de la esperanza… ¡Shukran!

A mis compañeros del Máster de Investigación y Docencia en Ciencias de la Actividad Física y la Salud de la Universidad de Jaén, y en especial, a mis compañeros y amigos del Grupo AFAES, liderado por el Catedrático Emilio J. Martínez López. Gracias a vosotros, hoy estoy aquí. Despertasteis de mi ese gen investigador, esa curiosidad e interés por dar respuesta a los problemas a través de la ciencia y de poder aportar y transferir a la sociedad ese conocimiento generado. Acordarme especialmente del Dr. Alberto Ruiz-Ariza, gracias por su dedicación y apoyo durante todo el tiempo en Jaén. Deseo que nuestra amistad siga siendo tan valiosa como hasta ahora. A todos ellos, gracias una vez más, ya sabéis que os tengo mucho cariño y aprecio, porque sois unos grandísimos docentes, compañeros y mejores personas.

Outside of the IGOID Research group, the stays abroad have been some of the best and most appreciated experiences that I have been fortunate to have had during these last few years. In this sense, I want to thank Swansea University (Wales, UK), especially my supervisor, Prof. Dr. Kelly Mackintosh and also, Prof. Dr. Melitta Mcnarry and Prof. Dr. Gareth Stratton for its support and welcome despite the COVID-19 situation. Also, thanks to the University of Jyväskylä (Finland), particularly to my supervisor Prof. Dr. Eero A. Haapala from the Faculty of Sport and Health Sciences, for his hospitality and for allowing me to get to know this prestigious University, their education system, and culture. Thank you very much! Aprovechando estas líneas, y de acuerdo con la frase de Hipólito Taine que dice "*Viajamos para cambiar, no de lugar, sino de ideas",* os invito a viajar, porque viajar es añadir vida a la vida, a descubrir mundo del cual siempre se aprende, se disfruta y se vive.

En el plano personal, agradecer a la familia que se elige, a mis amigos, mis pilares, especialmente a los de toda la vida: David Serrano, Ricardo Serrano, Fabián Cantón y Sergio Valerio. Eternamente agradecido por todo lo que hemos vivido juntos y lo que nos queda por vivir y disfrutar. Muchas anécdotas e historias vividas que aún perduran y seguirán presentes. Orgulloso de todos vosotros, de ver como crecéis y conseguís vuestro mejor futuro. A pesar de la distancia y el tiempo que pase sin vernos, los reencuentros y el estar con vosotros siempre son especiales y de máximo disfrute. Sois especiales, inigualables y muy grandes. Por muchos momentos más juntos disfrutando de la vida. También acordarme de Marisol, Carmen, Amanda y Mar y de "Los + Buska2", esa peña de amigos del pueblo forjada por una travesura hace ya más de diez años. Una amistad que nos une a pesar de la distancia, pero siempre llegará la feria, algún finde o algún festivo que haga que nos reencontremos todos, poniéndonos al día, recordando momentos, historietas y, sobre todo, alegrándonos y disfrutando juntos.

No quería olvidarme de todos aquellos jugadores, familias, amigos y compañeros del mundo del fútbol que he tenido la oportunidad de conocer. Ese deporte que es fundamental en mi día a día, el que tantas alegrías y alguna que otra tristeza me ha dado en estos últimos años, el cual ha sido mi vía de desconexión, de liberación mental, de disfrute, además de permitirme seguir creciendo como entrenador y persona. En mi etapa de Jaén, agradecer a toda la familia moraíta y amigos del Atlético Jaén, un club referente en la provincia de Jaén y en Andalucía, el cual ha evolucionado a gran escala en estos últimos años. Siempre agradecido por el buen trato y por hacerme el camino más fácil gracias a mis compañeros Joserra Romero, Adrián Quiles, Jonatan Cruz y José Cortes. Y en mi etapa de Toledo, agradecer especialmente a mi amigo y compañero José López-Rey (Pepe), el cual desde el minuto uno que llegué a Toledo me abrió las puertas, dándome su total confianza, ofreciéndome la oportunidad de formar parte de un gran club como es el C.D. Toledo y de poder seguir creciendo y aprendiendo a su lado en estos últimos años. Tampoco olvidarme de cada uno de mis compañeros de la escuela de entrenadores de la Federación de Fútbol de Castilla-La Mancha que he tenido el placer de conocer y compartir horas aprendiendo y formándonos de esta misma pasión llamada fútbol.

Y por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido al motor de mi vida, mi querida familia. A mis hermanos Emi y Néstor. Gracias por estar siempre cerca, por vuestro fiel apoyo, vuestros consejos y por cuidarme como lo hacéis y habéis hecho. Orgulloso de que cumpláis vuestros sueños, de poder compartir y disfrutar juntos de todos los éxitos y logros conseguidos y los que nos quedan, porque ya sabéis que esto sólo acaba de comenzar…

Y a mis padres, Emiliano y Juani. GRACIAS por todo lo que me habéis dado y aportado en esta vida. Gracias por vuestro apoyo incondicional, vuestro cariño y amor, por sacrificarlo todo por y para vuestros hijos

AGRADECIMIENTOS

a base de trabajo, esfuerzo y constancia, sin pedir nada a cambio. Eternamente agradecidos por todo lo que habéis hecho y hacéis por nosotros, por ser como sois, por vuestro ejemplo, vuestras enseñanzas y por inculcarnos todos los valores para ser buenas personas. ¡Gracias por tanto! Os quiero. Y sí... el pequeño de la casa sigue dando pasitos, y está a un paso de ser Doctor... ☺

¡Gracias de corazón!
Shukran, Kiitos, Thanks!

Kortetalo, Jyväskyla (Finlandia)
26/06/22 00:47

ÍNDICE DE CONTENIDOS

[TABLE OF CONTENTS]

FIGURAS Y TABLAS / 30
[FIGURES AND TABLES]

ABREVIATURAS / 33
[ABBREVIATIONS]

LISTA DE PUBLICACIONES ORIGINALES / 34
[LIST OF ORIGINAL PUBLICATIONS]

RESUMEN / 36
[ABSTRACT]

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL / 46
[GENERAL INTRODUCTION]

1.1. Las primeras etapas de la vida / 50
1.1.1.Infancia / 50
1.1.2.Adolescencia / 53
1.1.3.Edad cronológica y edad biológica / 55
1.1.4.Métodos para determinar el estado madurativo / 58

1.2. De la actividad física a la práctica deportiva / 60
1.2.1. Actividad física: beneficios y tipología / 61
1.2.2. Ejercicio Físico / 64
1.2.3. Deporte: el deporte extracurricular / 65
1.2.4. Inactividad física, sedentarismo y obesidad / 67

1.3.Factores influyentes de la práctica de actividad físico-deportiva / 72
1.3.1. Condición Física: definición, variables y métodos de evaluación / 72
1.3.2. Composición Corporal: definición, variables y métodos de valoración / 75
1.3.3. Hábitos nutricionales: la dieta Mediterránea como modelo saludable / 78

CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN / 80
[JUSTIFICATION]

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS / 88
[HYPOTHESES AND OBJECTIVES]

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA / 96
[METHODOLOGY]

4.1. Diseño y muestra de investigación / 100

4.2. Procedimiento / 102

4.3. Comité de Ética / 104

4.4. Métodos de medida / 114
4.4.1. Cuestionario sociodemográfico / 114
4.4.2. Cuestionario estado madurativo / 115
4.4.3. Hábitos nutricionales: adherencia a la dieta Mediterránea / 115
4.4.4. Composición corporal / 115
4.4.5. Condición física / 116

CAPÍTULO 5. RESULTADOS / 122
[RESULTS]

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN / 192
[DISCUSSION]

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES / 210
[CONCLUSIONS AND MAIN CONTRIBUTIONS]

CAPÍTULO 8. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN / 218
[LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH]

CAPÍTULO 9. OTRAS APORTACIONES RELEVANTES / 228
[OTHER RELEVANT CONTRIBUTIONS]

9.1. Publicaciones científicas no incluidas en la presente Tesis Doctoral / 231

9.2. Aportaciones a Congresos / 233

9.3. Proyecto de innovación y transferencia / 235
9.3.1. EFITGOID: Educación Física & Fitness / 237
9.3.2. EFITGOID: Deporte en Edad Escolar / 238

9.4. Premio estrategia NAOS 2020 / 239

9.5. Membresía red Europea HEPA / 243

9.6. Transferencia de investigación y marca EIBT / 245

CAPÍTULO 10. REFERENCIAS / 248
[REFERENCES]

ANEXOS / 270
[ANNEX]

Anexo 1. Consentimiento informado para los participantes y familias / 273
Anexo 2. Portada del informe individualizado del proyecto *Active Health Sportec* / 274
Anexo 3. Instrucciones para acceder al *software* / 275
Anexo 4. Comité de Ética de Investigación / 276
Anexo 5. Cuestionario sociodemográfico / 277
Anexo 6. Cuestionario adherencia a la dieta Mediterránea (test KIDMED) / 278
Anexo 7. Tesis Doctoral en formato digital / 279

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN / 280
[GRANTS, CONTRACTS AND RESEARCH STAYS]

APÉNDICE / 290
[APPENDIX]

SOBRE EL AUTOR / 294
[ABOUT THE AUTHOR]

LISTA DE FIGURAS

[LIST OF FIGURES]

Figura 1. Desarrollo de habilidades de movimiento fundamentales para la actividad física a lo largo de la vida. / 52

Figura 2. Rangos de edad comúnmente utilizados para la infancia, la adolescencia y la edad adulta. / 53

Figura 3. El niño y el adolescente como individuos bioculturales-interacciones de crecimiento, maduración y desarrollo. / 54

Figura 4. Ilustración gráfica de conceptos relacionados con la actividad física. / 61

Figura 5. Directrices de actividad física del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. / 63

Figura 6. Triada de inactividad pediátrica compuesta por los tres componentes interrelacionados que influyen en la inactividad física y en los riesgos de salud relacionados. / 68

Figura 7. Objetivos de Desarrollo Sostenibles relacionados con la obesidad. / 71

Figura 8. Batería de pruebas de condición física relacionadas con la salud para niños y adolescentes basada en la evidencia. / 75

Figura 9. Principales segmentos y compartimientos corporales. / 77

Figura 10. Gráfico evolutivo de los participantes dentro del proyecto Active Health Sportec. / 101

Figura 11. Esquema gráfico del protocolo del proyecto. / 102

Figura 12. Resumen de protocolo de evaluación. / 114

Figura 13. Test de carrera de ida y vuelta 20m (20m shuttle run test). / 117

Figura 14. Test de dinamometría manual. / 118

Figura 15. Test de salto vertical. / 119

Figura 16. Test de espirometría forzada. / 120

Figura 17. Medidas normativas que propician que la actividad física esté interconectada con los 13 Objetivos de Desarrollo Sostenibles. / 226

Figura 18. Logo e icono identificativo del proyecto. / 236

Figura 19. Plataforma digital y aplicación dirigida al ámbito escolar. / 237

Figura 20. Plataforma digital y aplicación dirigida al ámbito extracurricular. / 238

LISTA DE TABLAS

[LIST OF TABLES]

Tabla 1. Indicadores de maduración. / 56

Tabla 2. Resumen de las definiciones de la condición física y sus parámetros. / 73

Tabla 3. Tabla resumen de la metodología utilizada en los diferentes artículos que componen esta Tesis Doctoral. / 106

Tabla 4. Tabla resumen de las principales conclusiones y aportaciones de los artículos publicados. / 214

LISTA DE ABREVIATURAS

[LIST OF ABBREVIATIONS]

AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición
ALPHA	Evaluación de los niveles de Actividad Física (*Assesing Levels of Physical Activity)*
ANOVA	Análisis de Varianza (*Analysis of Variance*)
BIA	Bioimpedancia eléctrica (*Electrical bioimpedance*)
CM	Centímetros (*Centimetres*)
CSD	Consejo Superior de Deportes
DM	Dieta Mediterránea (*Mediterranean diet*)
DEXA	Absorciometría fotónica dual de rayos X (*Dual-Energy X-ray Absorptiometry*)
FVC	Capacidad Vital Forzada (*Forced Vital Capacity*)
FEV	Volumen espirado forzado (*Forced Expiratory Volume*)
FEF	Flujo espiratorio medio forzado (*Forced Expiratory Flow*)
IMC	Índice de Masa Corporal (*Body Mass Index*)
IGOID	Investigación en la Gestión de Organizaciones e Instalaciones Deportivas
KG	Kilogramos (*Kilograms*)
M	Metros (*Metres*)
MET	Unidad metabólica en reposo (*Metabolic Equivalent of Task*)
MFR	Relación músculo-grasa (*Muscle-fat-ratio*)
OMS	Organización Mundial de la salud (*World Health Organization*)
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenibles
PC	Percentil (*Percentile*)
PHV	Pico de velocidad de crecimiento (*Peak Height Velocity*)
PEF	Flujo espiratorio máximo (*Peak Expiratory Flow*)
RX	Rayos X (*X-rays*)
S	Segundos (*Seconds*)
VO2max	Volumen de Oxígeno Máximo (*Maximal Oxygen Consumption*)
20 mSRT	Test de carrera de ida y vuelta de 20 metros (*20 meter Shuttle Run Test*)

**Abbreviations in English language are explained and shown in italics as well as in the scientific papers included in the present Doctoral Thesis.*

LISTADO DE PUBLICACIONES

[LIST OF ORIGINAL PUBLICATIONS]

La presente Tesis Doctoral en el formato de compendio de publicaciones, está formada por los siguientes artículos científicos originales previamente publicados, aceptados para publicación o sometidos a revisión. A lo largo del documento, los artículos se mencionan por su correspondiente número romano:

I **Manzano-Carrasco, S.**, Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Weight status, adherence to the Mediterranean diet, and physical fitness in Spanish children and adolescents: The Active Health Study. *Nutrients*, *12*(6), 1680. https://doi.org/10.3390/nu12061680 **(JCR: 6.706, Q1, Nutrition & Dietetics).**

II **Manzano-Carrasco, S.**, Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Clavel, I., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Relationship between adherence to the Mediterranean diet and body composition with physical fitness parameters in a young active population. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17* (9), 3337. https://doi.org/10.3390/ijerph17093337 **(JCR: 4.614, *Q1, Public, Environmental & Occupational Health; Q2, Environmental Sciences*).**

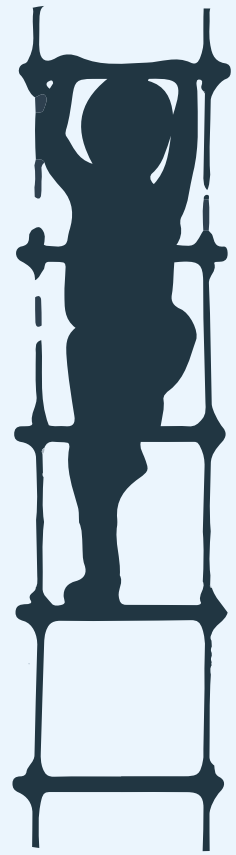
III **Manzano-Carrasco, S.**, Garcia-Unanue, J., Lopez-Fernandez, J., Hernandez-Martin, A., Sanchez-Sanchez, J., Gallardo, L., & Felipe, J. L. (2022). Differences in Body Composition and Physical Fitness Parameters Among Prepubertal and Pubertal Children Engaged in Extracurricular Sports: The Active Health Study. *European Journal of Public Health. 32 (Supplement_1)*, 67-72. https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac075. **(JCR: 4.424, *Q2, Public, Environmental & Occupational Health*).**

IV **Manzano-Carrasco, S.**, Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17* (9), 3257. https://doi.org/10.3390/ijerph17093257 **(JCR: 4.614, *Q1, Public, Environmental & Occupational Health; Q2, Environmental Sciences*)**.

V **Manzano-Carrasco, S.**, Lopez-Fernandez, J., Haapala, E.A., Felipe, J.L., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2022). Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021. ***(Submitted).***

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

RESUMEN
[ABSTRACT]



RESUMEN

RESUMEN

La infancia y adolescencia son dos etapas fundamentales de la vida de cualquier ser humano. El desarrollo, la adquisición y el mantenimiento de determinadas conductas saludables en estas etapas tendrán una repercusión positiva en el estado de salud presente y futuro. La creciente prevalencia de obesidad, el aumento de comportamientos sedentarios y de inactividad física tanto en el ámbito educativo como en el tiempo de ocio, hace que nos encontremos ante grandes desafíos por y para la salud pública. La práctica diaria de actividad físico-deportiva, así como una buena adherencia al patrón alimentario Mediterráneo es clave para que la población infantil y juvenil alcance un estado óptimo de condición física. Además, se presentan como herramientas determinantes para la adquisición de hábitos y patrones de comportamiento saludables, así como para prevenir, combatir y tratar la obesidad, el sedentarismo y la inactividad física.

La presente Tesis Doctoral, de corte transversal y cuantitativo, recoge, analiza y discute los niveles de condición física, composición corporal y adherencia a la dieta Mediterránea (DM) de 2.256 niños y adolescentes que practican regularmente deporte extracurricular en la región de Castilla-La Mancha. En un total de cinco estudios científicos publicados, aceptados para publicación o sometidos a revisión en diferentes revistas científicas internacionales con índice de impacto, se investiga

la relación y análisis de los diferentes parámetros de condición física, composición corporal y adherencia a la DM, con base a la edad cronológica, edad biológica y sexo. Los objetivos de estos estudios fueron: **(I)** Analizar la relación y diferencias en la composición corporal y condición física en base al estado de peso y el nivel de adherencia a la DM en niños y adolescentes activos; **(II)** Examinar la asociación entre la adherencia a la DM, composición corporal y condición física de una población infantil y juvenil activa; **(III)** Investigar cómo influye el estado madurativo, la edad cronológica y el sexo en la condición física y composición corporal de niños y jóvenes activos; **(IV)** Estudiar las diferencias en la condición física, composición corporal y adherencia a la DM en base a la capacidad cardiorrespiratoria y estado madurativo en niños y adolescentes que juegan al fútbol; **(V)** Determinar la relación existente entre el índice de masa corporal (IMC), la relación músculo-grasa (MFR) y la relación fuerza de prensión manual-IMC con los parámetros de condición física en una población joven activa en función del sexo y en cuatro años diferentes.

Para la realización de estos estudios, se ha llevado a cabo una metodología específica, que utiliza una versión adaptada de la batería para la población infantil y juvenil ALPHA fitness test, para la evaluación de la condición física relacionada con la salud; una evaluación de la composición corporal a través de bioimpedancia eléctrica; así como una valoración del patrón alimentario Mediterráneo mediante el cuestionario de adherencia a la DM (test KIDMED). En el análisis de los datos se realizó previamente la prueba Kolgomorow-Smirnoff para verificar la normalidad de la muestra. Posteriormente, con base a las necesidades de las variables estudiadas, se aplicaron pruebas estadísticas como el ANOVA (una y dos vías), regresiones y correlaciones. Finalmente, en los casos necesarios se aplicó el *post-hoc* de Bonferroni y se calculó el tamaño del efecto. El valor mínimo de significación en todos los casos fue $p < 0.05$.

Los principales resultados y conclusiones de los diferentes estudios que conforman esta Tesis Doctoral fueron: **(I)** Los niños y adolescentes activos que presentaron un estado de peso normal mostraron mejores valores de composición corporal y condición física. Del mismo modo, una adherencia alta u óptima a la DM mostró un mejor rendimiento en los diferentes parámetros de la condición física, especialmente en los chicos. Además, la masa grasa se asoció negativamente con la condición física. Por tanto, este estudio sugiere que el estado de peso, así como llevar un buen patrón alimentario Mediterráneo son dos factores fundamentales para la salud, siendo significativo en las variables de

composición corporal y en la condición física; **(II)** En este estudio se evidenció que el patrón alimentario Mediterráneo (índice KIDMED) de los niños y jóvenes activos presentó una relación positiva y significativa con el test de carrera de ida y vuelta de 20m, siendo un buen predictor de la capacidad cardiorrespiratoria. Además, cuanto mayor era el IMC, existía una asociación mayor de fuerza en dinamometría manual y una mayor capacidad vital forzada (FVC), pero un menor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Por último, un mayor porcentaje de masa grasa supuso un peor rendimiento en todas las variables de condición física estudiadas; **(III)** Los valores absolutos de los parámetros de composición corporal y de la condición física mejoraron con la etapa puberal, pero el análisis de los percentiles mostró que la condición física disminuyó desde la pre-pubertad hasta la pubertad, independientemente del sexo. Además, las variables de condición física se correlacionaron positivamente con la edad cronológica y el porcentaje de masa muscular, independientemente del sexo. Por este motivo, existe la posibilidad de estandarizar las variables de la condición física e integrarlas en un indicador de salud general o global; **(IV)** Los niños y adolescentes que practicaban regularmente fútbol recreativo y que poseían una baja capacidad cardiorrespiratoria, presentaron mayor porcentaje de masa grasa y menor masa muscular que los que tenían una alta capacidad cardiorrespiratoria. Además, tanto en las variables respiratorias como en la dinamometría manual, los jugadores pre-púberes mostraron valores significativamente más bajos, especialmente, los que presentaban una baja capacidad cardiorrespiratoria. No se encontraron diferencias significativas en el índice KIDMED. Finalmente, se demostró que, a mayor edad, porcentaje de masa muscular y FVC, mejor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. En cambio, a mayor IMC, menor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. De esta manera, se evidencia que la práctica regular del fútbol recreativo desde la etapa pre-puberal puede ayudar a la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, en gran medida por el desarrollo madurativo, siendo un factor relacionado con el tamaño y la composición corporal, no teniendo repercusión la adherencia a la DM; **(V)** Este estudio demostró que el estado de peso a partir del IMC, así como el MFR y la relación fuerza de prensión manual con el IMC, tienen una relación positiva y significativa con diferentes parámetros de condición física y podrían utilizarse como indicadores de salud para esta población. El MFR y la fuerza de prensión manual-IMC mostraron una correlación positiva con el fitness cardiorrespiratorio y el salto vertical en ambos sexos, mientras que la fuerza de prensión manual-IMC también mostró una correlación significativa con la dinamometría manual. Además, el análisis realizado a lo largo de los

cuatro años mostró que los niños y adolescentes con un estado de peso normal, independientemente del sexo, tenían un mayor fitness cardiorrespiratorio y salto vertical que los que tenían sobrepeso y obesidad. Por el contrario, los niños con sobrepeso, pero sobre todo con obesidad, presentaron una fuerza de prensión manual de la mano significativamente mayor que los que tenían un peso normal. Por lo tanto, el uso de otras medidas más específicas obtenidas a través de diferentes parámetros de la composición corporal y de la condición física, pueden servir como herramienta para identificar las relaciones de la población pediátrica con la condición física.

Los hallazgos presentados en esta Tesis Doctoral ayudarán al desarrollo de nuevas iniciativas, programas y estrategias para el fomento, motivación y adherencia a estilos de vida saludables en entornos rurales. Además, pueden servir como punto de partida para el desarrollo de futuras investigaciones, con el principal objetivo de optimizar las variables analizadas, mejorando el estado de salud y la calidad de vida de los niños y adolescentes.

ABSTRACT

Childhood and adolescence are two key stages in the life of any human being. The development, acquisition, and maintenance of certain healthy behaviours at these stages will have a positive impact on present and future health. The high prevalence of obesity, the increase in sedentary behaviour and physical inactivity both in education and leisure time, means that we are facing major challenges for public health. The daily practice of physical activity and sport, as well as a good adherence to the Mediterranean diet (MD) is key for children and young people to achieve an optimal state of physical fitness. They are also presented as determining tools for the acquisition of healthy habits and behaviour patterns, as well as for preventing, combating, and treating obesity, sedentary lifestyles and physical inactivity.

This cross-sectional and quantitative Doctoral Thesis collects, analyses, and discusses the levels of physical fitness, body composition and Mediterranean dietary pattern of 2.256 children and adolescents who regularly practice extracurricular sports in the region of Castilla-La Mancha. In a total of five scientific papers published, accepted for publication, or submitted for review in different international scientific journals with an impact index, the relationship and analysis of the different parameters of physical fitness, body composition and adherence to the MD, based on chronological age, biological age, and sex, are investigated. The aims of these studies were: **(I)** To analyse the relationship and differences in body composition, and physical fitness according to the weight status and level of adherence to the

MD in physically active children and adolescents; **(II)** To examine the relationship between adherence to the MD, body composition, and physical fitness in a young active population; **(III)** To investigate the influence of maturity status, chronological age, and sex on physical fitness and body composition in a young population participating in extracurricular sports; **(IV)** To study the differences in physical fitness, body composition and adherence to the MD according to the cardiorespiratory fitness and maturational status in young football players; **(V)** To determine the relationship of body mass index (BMI), muscle-fat ratio (MFR) and handgrip strength-to-BMI ratio to physical fitness parameters in an active young Spanish population according to sex across four consecutive years.

To carry out these studies, a specific methodology was used, using an adapted version of the validated and reliable ALPHA fitness test battery for children and young people to assess health-related physical fitness; an assessment of body composition through electrical bioimpedance; and an assessment of the Mediterranean dietary pattern using the KIDMED questionnaire of adherence to MD. In the data analysis, the Kolgomorow-Smirnoff test was previously performed to verify the normality of the sample. Subsequently, based on the needs of the variables studied, statistical tests such as ANOVA (one-way and two-way), regressions, and correlations were applied. Finally, where necessary, the Bonferroni post-hoc test was applied, and the effect size was calculated. The minimum significance value in all cases was $p < 0.05$.

The main results and conclusions of the different studies that comprise this Doctoral Thesis were: **(I)** Active children and adolescents with a normal weight status showed better values of body composition and physical fitness. Similarly, high or optimal adherence to MD showed better performance in different parameters of physical fitness, especially in boys. Furthermore, fat mass was negatively associated with physical fitness. This study suggests that weight status as well as having a good Mediterranean dietary pattern are two fundamental factors for health, being significant in body composition and physical fitness variables; **(II)** Physically active children and adolescents with high or optimal adherence to the Mediterranean dietary pattern presented better performance in the 20 mSRT test. Moreover, a higher BMI means greater muscular strength in handgrip strength, forced vital capacity (FVC) volume, and worse performance in the 20 mSRT test. Finally, higher fat mass means worse performance in all fitness variables studied; **(III)** Absolute values of body composition and fitness parameters improved with pubertal stage, but percentile analysis

showed that fitness decreased from pre-puberty to puberty, regardless of sex. In addition, fitness variables were positively correlated with chronological age and percentage of muscle mass, regardless of sex. For this reason, there is the possibility of standardizing the physical fitness variables and integrating them into a general or global health indicator; **(IV)** Children and adolescents who regularly played recreational football and who had low cardiorespiratory fitness had a higher percentage of fat mass and lower muscle mass than those with high cardiorespiratory fitness. Furthermore, in both respiratory variables and handgrip strength, pre-pubertal players showed significantly lower values, especially those with low cardiorespiratory fitness. No significant differences were found in the KIDMED index. Finally, it was shown that a higher age, percentage of muscle mass and FVC meant better performance in the 20 mSRT test. On the other hand, a higher BMI means lower performance in the 20 mSRT test. Thus, it is evident that the regular practice of recreational football from the pre-pubertal stage can help to improve cardiorespiratory fitness, largely due to the maturational development being a factor related to body composition, with no impact of the MD; **(V)** This study showed that weight status based on BMI, as well as MFR and the handgrip strength-to-BMI ratio, had a positive and significant relationship with different parameters of physical fitness and could be used as health indicators for this population. MFR and handgrip strength-to-BMI showed a positive correlation with cardiorespiratory fitness and vertical jump in both sexes, while handgrip strength-to-BMI also showed a significant correlation with handgrip strength. In addition, analysis over the last four years indicated that children and adolescents with a normal weight status had higher cardiorespiratory fitness and vertical jump than those who are overweight and obese, regardless of sex. In contrast, children with overweight status, but especially with obesity, had significantly higher handgrip strength than those with normal weight status. Therefore, the use of other more specific measures obtained through different parameters of body composition and physical fitness can serve as a tool to identify the relationships of the paediatric population with physical fitness.

The findings presented in this Doctoral Thesis will contribute to the development of new initiatives, programs, and strategies for the promotion, motivation, and adherence to healthy lifestyles in rural areas. Furthermore, they can serve as a starting point for the development of future research, with the main objective of optimizing the variables analyzed to improve the health status and quality of life of children and adolescents.

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN GENERAL

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

REFERENCIAS

ANEXOS

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

APÉNDICE

SOBRE EL AUTOR

1

INTRODUCCIÓN GENERAL

[GENERAL INTRODUCTION]

INTRODUCCIÓN GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante las primeras etapas de la vida, especialmente en la infancia y adolescencia, se producen una multitud de cambios conductuales, cognitivos, físicos y fisiológicos (Biddle & Asare, 2011; Poitras et al., 2016). Entre estos cambios se encuentran aquellos relacionados con la condición física y composición corporal. Estos cambios, así como la adquisición o no de hábitos activos-saludables presenta una gran relevancia en la edad adulta e incluso en la vejez.

La sociedad actual destaca por presentar altos niveles de obesidad infantil y juvenil derivado del incremento del sedentarismo, la falta de actividad física y un patrón alimentario alejado de la dieta Mediterránea. Desde hace varios años, este hecho se ha descrito como una situación preocupante, reconociéndose como un problema de salud pública global que debe ser abordado por todos los niveles de la administración pública (local, regional, nacional e internacional). En España, y más concretamente, en los entornos rurales, una de las principales estrategias que se realiza desde los ayuntamientos, organizaciones e instituciones deportivas locales, provinciales y regionales, es la promoción, motivación y fomento de la práctica de actividad física y el deporte fuera del ámbito educativo. Esto se lleva a cabo a través de la oferta anual de la práctica deportiva extracurricular en sus diferentes modalidades y disciplinas deportivas. La práctica

deportiva regular a lo largo de los diferentes cursos académicos o temporadas ha demostrado ser un medio eficaz para generar beneficios en el estado físico, la salud y la calidad de vida de los niños y adolescentes. A pesar de que la mayoría de las investigaciones se centran en la población infantil y juvenil en general o en población inactiva, existe una necesidad de aportar evidencia científica sobre los niños y adolescentes que participan y practican de manera habitual deportes extracurriculares en entornos rurales, mostrando el análisis de las diferentes variables y determinando cómo influyen y se relacionan con otros parámetros. En este sentido, antes de comenzar con el presente trabajo de investigación, es necesario abordar y poner en contexto las principales variables que llevarán a entender y profundizar en dicho trabajo.

1.1 Las primeras etapas de la vida

Desde el nacimiento, el crecimiento y desarrollo humano se caracteriza por el modo y manera en el que se cambia de tamaño, forma y madurez a lo largo del paso del tiempo (Malina et al., 2004). Son en las primeras etapas de la vida, concretamente en la infancia y adolescencia, donde se producen los cambios más importantes que definirán a la propia persona y se mantendrán en el resto de las etapas de la vida.

1.1.1 Infancia

infantia
infancy to childhood

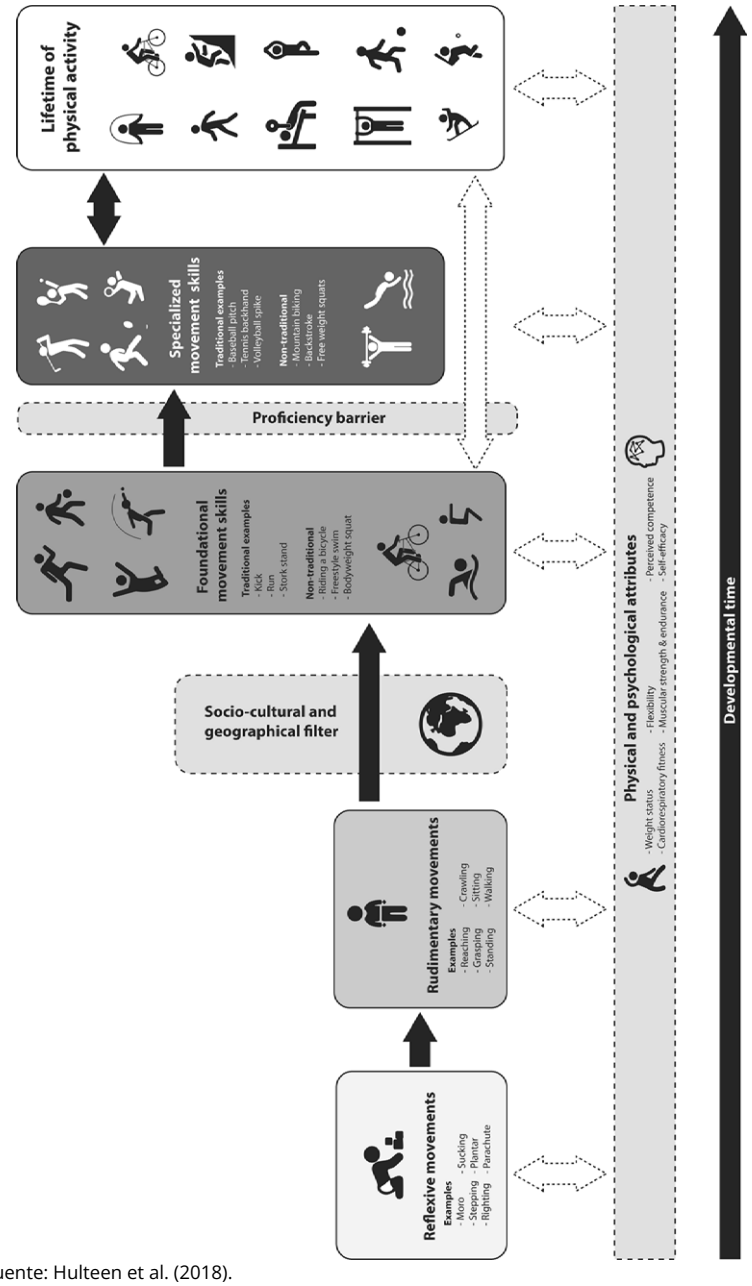
La **infancia**, del latín *infantia,* es entendida como el "período de la vida humana desde el nacimiento hasta la pubertad" (Española & Madrid, 2001). Es en esta etapa donde el niño comienza a adquirir las principales capacidades básicas para poder interactuar con el mundo en el que vive. La infancia suele subdividirse en dos fases: (1) la **fase temprana,** aproximadamente entre los 1 y 5 años de edad coincidiendo con la etapa preescolar o infantil; (2) la **fase media**, de entre 5 y 6 años de edad y los 10 u 11 años siendo la etapa de la escuela primaria (Malina, 2014).

Para entender cómo crecen, piensan y se comportan los niños, existen diferentes teorías que prestan atención a cómo se desarrollan y crecen

los niños a nivel social, emocional y cognitivo. Entre ellas destaca la teoría del desarrollo psicoanalítica o psicosexual de Sigmund Freud, la teoría del aprendizaje de Jean Piaget, la teoría sociocultural de Lev Vygotsky, las teorías conductistas de Pavlov, Watson y Skinner, la teoría del aprendizaje social de Albert Bandura, o la teoría del desarrollo psicosocial de Erikson. Gracias a estas teorías se puede conocer más en profundidad los cambios de carácter mental y comportamental que tienen los niños, como puede ser el desarrollo psicomotor, donde el niño va adquiriendo progresivamente cada vez más habilidades, tanto físicas como psíquicas, emocionales y de relación con los demás (Cabezuelo & Frontera, 2016). En la Figura 1 se muestra la evolución propuesta del desarrollo de las habilidades de movimiento, partiendo de la infancia con los movimientos iniciales o reflexivos hasta afianzar y adquirir las habilidades de movimiento más complejas o especializadas (Hulteen et al., 2018).

Figura 1

Desarrollo de habilidades de movimiento fundamentales para la actividad física a lo largo de la vida



Nota. Fuente: Hulteen et al. (2018).

1.1.2 Adolescencia

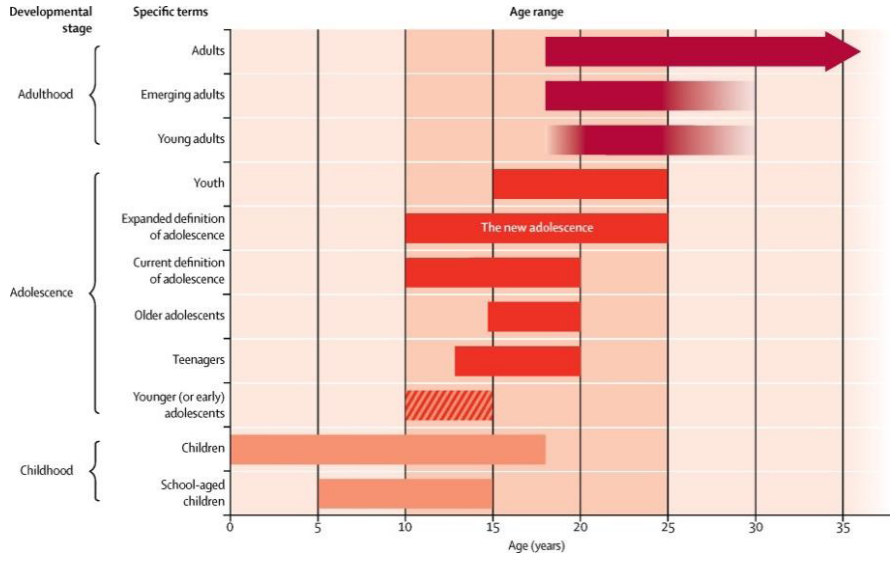
adolescere
(verbo)
"crecer"
"madurar"

La **adolescencia** del latín *adolescere*, es entendida como el "período de la vida humana que sigue a la niñez y precede a la juventud" (Española & Madrid, 2001). Este periodo de transición entre la infancia y la edad adulta, transcurre aproximadamente entre los 11-12 años y los 18-20 años (Moreno, 2007). Sin embargo, en una reciente propuesta (Sawyer et al., 2018) se planteó ampliar el rango de edad de la adolescencia de 10 a 20 años a 10 a 25 años (ver Figura 2). Esto se debe a que los cambios fisiológicos y psicosociales de cada persona se establecen a diferentes ritmos. Por este motivo y el amplio intervalo temporal que conlleva esta etapa, se ha creado la necesidad de establecer subetapas:

(a) Entre los 11-14 años, una **adolescencia temprana.**
(b) Entre los 15-18 años, una **adolescencia media.**
(c) A partir de los 18 años, una **adolescencia tardía o juventud.**

Figura 2

Rangos de edad comúnmente utilizados para la infancia, la adolescencia y la edad adulta

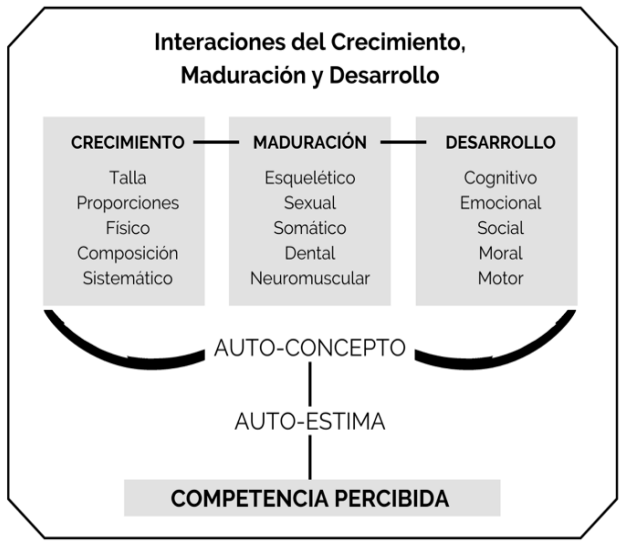


Nota. Fuente: Sawyer et al. (2018).

Durante la adolescencia, caracterizada por ser un momento vital, el niño experimenta un complejo proceso de transición, en el cual elementos de crecimiento, maduración y desarrollo ocurren simultáneamente por separado a un tiempo y ritmo diferentes (Malina et al., 2004). El **tiempo** hace referencia al momento en que se producen determinados acontecimientos específicos, mientras que el **ritmo** se refiere a la velocidad de cambio (Malina, 2014; Sawyer et al., 2018). Aunque es muy habitual pensar que el crecimiento, desarrollo y madurez es un simple y único fenómeno biológico (ver Figura 3), estos aspectos han sido distinguidos con importantes diferencias:

Figura 3

Adaptación el niño y el adolescente como individuos bioculturales-interacciones de crecimiento, maduración y desarrollo.



Nota. Fuente: Malina et al. (2004).

En primer lugar, el **crecimiento.** Este es definido como "un aumento del tamaño del cuerpo en su conjunto y de sus partes, así como a las alteraciones de las proporciones corporales con el crecimiento en los diferentes segmentos corporales" (Malina, 2014). Según se avanza en la edad cronológica, se espera que los niños sean más altos y pesados, siendo el periodo clave al inicio de la adolescencia conocido como "el

estirón". Para ello, los parámetros más utilizados para controlar los cambios producidos por el crecimiento, son la evaluación de la altura y el peso (Malina, 2014). A través de esta evaluación y por medio de la utilización de las tablas de crecimiento de referencia por sexo en edad pediátrica, se permite conocer el ritmo de crecimiento y el estado de talla alcanzada a una edad determinada (Malina, 2014).

Por otra parte, la **maduración**, definida como "el progreso hacia el estado biológicamente maduro o la madurez biológica". Normalmente, este concepto suele ser confuso, debido a que se puede hacer referencia a la maduración en sí, o bien a la madurez. La maduración se refiere al proceso, al cambio producido en todos los órganos y sistemas corporales (por ejemplo, la maduración del sistema nervioso o endocrino). Mientras que la madurez es un estado, y varía según los sistemas biológicos específicos (por ejemplo, la madurez sexual, refiriéndose a la capacidad de reproducción; o la madurez esquelética, a un esqueleto completamente consolidado) (Malina, 2014).

1.1.3 Edad cronológica y edad biológica

Finalmente, el **desarrollo**, que hace referencia a la "adquisición y perfeccionamiento de los comportamientos esperados y, en muchos casos, establecidos por la sociedad", como, por ejemplo, el desarrollo de los comportamientos cognitivos, afectivos, sociales o morales, entre otros (Malina, 2014).

La edad y el estado madurativo son dos aspectos claves que hay que atender durante el desarrollo evolutivo. Dado que la maduración biológica está estrechamente relacionada con el crecimiento, es importante incluir indicadores de maduración biológica en los estudios donde se investigue una muestra en edad infantil y/o juvenil (Malina et al., 2004; Roche, 1992; Tanner, 1962). Cuando se habla de edad, se debe saber si se está refiriendo a la **edad cronológica** (número de años desde el nacimiento) o bien, a la **edad biológica** (progreso hacia el estado de madurez biológica). La variabilidad entre los niños y jóvenes de una misma edad cronológica y mismo sexo puede variar en intensidad, duración y ritmo de desarrollo (Crain, 2015), presentando claras diferencias en estatura, peso, fuerza, resistencia y velocidad (Malina et al., 2004; McCloy, 1932).

A pesar de que en la mayoría de los estudios científicos con población infantil y juvenil se utiliza la edad cronológica, el estado madurativo en el que se encuentra el niño debe de tenerse en consideración. Por esta

razón, la madurez o valoración de la edad biológica dentro del contexto escolar, puede controlarse y evaluarse adecuadamente a través de cuatro indicadores: esquelético, sexual, somático y dental (ver Tabla 1).

Tabla 1

Indicadores de maduración

Indicadores	Características	Ventajas		Limitaciones
Esquelético	Su evaluación se realiza mediante la estandarización de placas de rayos X (RX) que determinan la maduración del esqueleto (Izquierdo & Ibañez, 2017).	Es el mejor método para la valoración de la edad biológica (Izquierdo & Ibañez, 2017), ya que permite estudiar la madurez biológica desde la infancia hasta la edad de adulto joven.		Requiere de equipo especializado, por lo que es costoso (Baxter-Jones et al., 2005; Mirwald et al., 2002). Implica la exposición a radiación de RX (Klug & de Fonseca, 2006). Depende de la experiencia del observador.
Sexual	Basada en el estudio del desarrollo de las características sexuales secundarias (Ogodescu et al., 2011).	Técnica no invasiva.		Como indicador de madurez, limitan su utilización a la edad puberal (Klug & de Fonseca, 2006). Se realiza por observación visual, por intermedio del método de autopercepción, que puede generar una sobreestimación o subestimación de los estadios de maduración. En una situación no clínica se considera no confortable para niños, adolescentes y padres (Mirwald et al., 2002).
Somático	Se evalúa a través de la determinación de la edad en la que sucede el pico de velocidad de crecimiento (PHV) (Mirwald et al., 2002). Indica la edad de máximo crecimiento durante el estirón del adolescente (Mirwald et al., 2002). Es usado en estudios longitudinales (Malina et al., 2004) y transversales.	Puede ser valorada a través de técnicas no invasivas (Machado & Barbanti, 2007) como las técnicas antropométricas. Es una herramienta simple, de utilización práctica y bajo costo operacional. Para estudios transversales, es de fácil utilidad y requiere una única evaluación de pocas variables.		Al obtenerse el PHV a través de ecuaciones de predicción utilizado en diferentes poblaciones, puede existir una pérdida en la precisión de predicción (Mirwald et al., 2002). Además, puede verse influenciado por problemas de mala alimentación, enfermedades o estrés mental. En estudios longitudinales, se requiere evaluar varios años que rodean la ocurrencia del pico (Mirwald et al., 2002), no siendo posible realizar en una sola medición.
Dental	Se evalúa de acuerdo con el número de dientes en la cavidad oral (visualizar los dientes erupcionados), o por los estadios de calcificación de los dientes (evaluación de RX).	Método simple, no invasivo y de rápida ejecución. El desarrollo de los dientes es permanente, pudiente ser preservados por mucho más tiempo que otros tejidos del organismo (Kvaal et al., 1995), comprendiendo un amplio periodo (desde el periodo embrionario hasta cerca del periodo adulto). Posee importancia clínica como herramienta de auxilio en el diagnóstico, tratamiento y ejecución		Puede ser alterado por problemas como mala alimentación, perdida prematura de dientes y caries dentaria. A partir de los 14 años la mayoría de los dientes, con excepción del tercer molar, ya completaron su desarrollo, siendo más difícil identificar la edad (Acharya, 2011; Prieto et al., 2005; Rai et al., 2010).

Nota. Fuente: Gómez-Campos et al. (2013).

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.4 Métodos para determinar el estado madurativo

Existen diferentes métodos de evaluación que ayudan a expresar la edad biológica estimada en relación con la edad cronológica en el momento de observación o medición. A continuación, se detallan los indicadores de maduración más utilizados:

Maduración del esqueleto

La evaluación de la madurez esquelética es el único método que engloba todo el periodo de crecimiento debido a que se basa en la observación a través de una radiografía (de la mano, muñeca o rodilla) del desarrollo óseo, así como la cantidad de cartílago (Baxter-Jones et al., 2005). Aunque este indicador se considera como el mejor índice madurativo para utilizarse en la infancia y adolescencia, es un método costoso que requiere un equipo específico y puede existir problemas por radiación. También es utilizado para predecir la altura adulta o madura a partir de la altura a una edad determinada.

Maduración sexual

La maduración sexual se basa en el proceso de desarrollo de los caracteres sexuales secundarios (Cameron, 2022; Malina et al., 2004). En los niños, el primer signo evidente de maduración sexual es el desarrollo inicial de los genitales, seguido de la aparición del vello púbico (Marshall & Tanner, 1970). En las niñas, el primer signo físicamente aparente es el desarrollo de los pechos, seguido de la aparición del vello púbico (Marshall & Tanner, 1969). El progreso de cambios producidos a medida que se pasa de la pre-pubertad a la pubertad hasta llegar a la madurez, se han resumido en cinco etapas conocidas como las "Etapas de Tanner" (Tanner, 1962). El primer estadio incluye a los participantes pre-púberes sin indicaciones de maduración en los caracteres sexuales secundarios. Los estadios dos, tres y cuatro, representan diferentes etapas en la madurez, hasta llegar al estadio cinco que indica el estado completamente maduro. Este método de evaluación está enfocado para su utilización en entornos clínicos mediante la observación visual directa y palpación, tratándose de un método un tanto incómodo para los participantes. Por ello, se han desarrollado otras técnicas basadas en la autoevaluación (a partir de fotografías y dibujos ilustrativos), de tal manera que los niños y adolescentes puedan registrar su propio desarrollo sexual de forma precisa y fiable (Duke et al., 1980; Matsudo & Matsudo, 1994; Petersen et al., 1988; Sclosserberger et al., 1992; Wacharasindhu et al., 2002; Williams et al., 1988).

Madurez somática o morfológica

La edad a la que se alcanza el pico de velocidad máxima de crecimiento, en inglés, *Peak High Velocity* (PHV) es el método somático más utilizado en los estudios longitudinales del crecimiento infantil (Malina et al., 2004). Este indicador proporciona un punto de referencia en la curva del crecimiento máximo durante la adolescencia, es decir, la edad a la que se alcanza el pico de estatura (Mirwald et al., 2002). Para obtener e identificar los años de la edad en el PHV, se requieren datos sobre los aumentos anuales de la velocidad de la estatura en todo el año (cm/año) y se utilizan procedimientos matemáticos específicos para cada sexo (Baxter-Jones et al., 2005). La edad media del PHV en los niños es de 14 años (rango de 10,5 a 17,5) y en las niñas de 12 años (rango de 9,5 a 14,5) (Tanner, 1981). Una vez determinada la edad a la que se alcanza el PHV se puede clasificar como maduración temprana, media o tardía, para la realización de comparaciones entre individuos o grupos.

Por otro lado, la edad de la desviación de la madurez, en inglés, *maturity offset*, se puede obtener a través del tiempo en años desde el PHV. Esta predicción de la edad de madurez es una técnica rápida, barata, no invasiva y puede utilizarse en estudios transversales. Además, se puede utilizar como una medida categórica (antes o después del PHV) así como una medida continua de la madurez (Mirwald et al., 2002). Para ello, la predicción del parámetro de la edad de madurez requiere de mediciones de la estatura, la estatura del sujeto sentado y la longitud de las piernas, así como la masa o peso corporal y la edad cronológica. Utilizando estos indicadores de crecimiento, y a través de unas ecuaciones de regresión múltiple específicas para cada sexo basadas en los patrones de crecimiento segmentario (Mirwald et al., 2002), se puede predecir la edad de la PHV con un margen de ± 1 año en el 95% de los casos.

A continuación, se muestra las ecuaciones para el cálculo de la predicción de la edad de madurez en ambos sexos:

En chicos:

Maturity offset (años) = -9,236 +

- + [0,0002708 x (Longitud de piernas x altura sentado)]
- + [–0,001663 x (Edad cronológica x longitud de piernas)]
- + [0,007216 x (Edad cronológica x altura sentado)]
- + [0,02292 x (Peso/altura x 100)]

En chicas:

Maturity offset (años) = -9,376 +

- + [0,0001882 x (Longitud de piernas x altura sentado)]
- + [0,0022 x (Edad cronológica x longitud de piernas)]
- + [0,005841 x (Edad cronológica x altura sentado)]
- + [0,002658 x (Edad cronológica x peso)]
- + [0,07693 x (Peso/altura x 100)]

Los errores estándar fueron de 0,592 años en los niños y de 0,569 años en las niñas.

Madurez dental

Finalmente, la edad biológica o estado madurativo puede estimarse a través de la edad dental (Couoh, 2017; Naji et al., 2016). Esta técnica se basa principalmente en métodos morfológicos, bioquímicos y radiográficos (Limdiwala & Shah, 2013). Con ella, se puede estimar la madurez dental a partir de la erupción de los dientes deciduos (entre los 6 y los 30 meses) y/o permanentes (entre los 6 y los 13 años), la calcificación dental o el número de dientes específicos presentes a una determinada edad cronológica (Demirjian, 1986). Sin embargo, aunque se trata de un método simple, no invasivo y de rápida ejecución, no suele ser muy común su utilización en pruebas de campo.

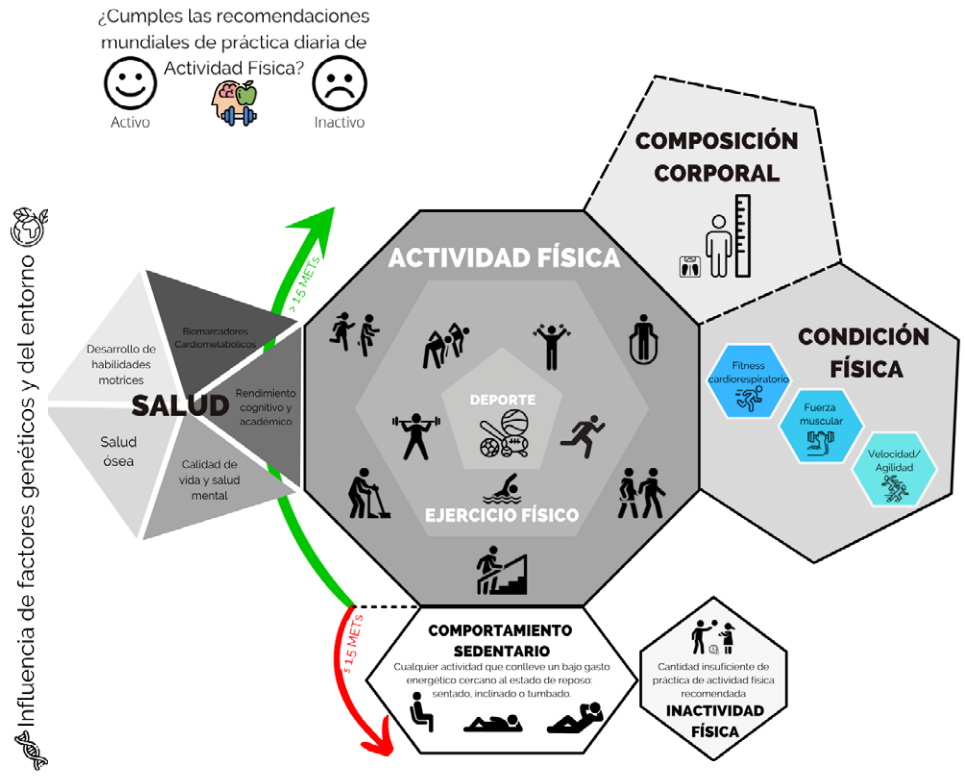
1.2 DE LA ACTIVIDAD FÍSICA A LA PRÁCTICA DEPORTIVA

En este segundo apartado, se pone en valor la importancia de la práctica diaria de actividad física, así como del ejercicio físico y el deporte, más concretamente, el deporte en edad escolar como medio y herramienta para mantener un estilo de vida activo-saludable y hacer frente al sedentarismo e inactividad física.

En la Figura 4 se muestra una ilustración gráfica de todo lo que engloba a la actividad física, siendo uno de los pilares fundamentales para la vida diaria y cómo influye en diferentes parámetros.

Figura 4

Ilustración gráfica de conceptos relacionados con la actividad física



Nota. Fuente: Adaptación de Ortega et al. (2018).

1.2.1 Actividad física: beneficios y tipología

La **actividad física** se define como "cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que requiere un gasto de energía" (Organization, 2020). Caminar, montar en bicicleta, bailar, hacer tareas del hogar, jugar o realizar actividades recreativas, son ejemplos de actividad física que pueden ser realizados por cualquier persona, tratándose de métodos tradicionales para mantenerse activo. Según las últimas recomendaciones mundiales de actividad física y comportamiento sedentario establecidas en 2020 por la Organización

Mundial de la Salud (OMS) (Organization, 2020), a lo largo de la semana, los niños y adolescentes de 5 a 17 años deberían realizar al menos 60 minutos al día de actividad física de intensidad moderada a vigorosa (ver Figura 5), generalmente aeróbica. Además, al menos tres días a la semana, se debe incluir actividades aeróbicas de intensidad vigorosa, así como aquellas que mejoran y refuercen los músculos y los huesos. También, deberían restringir su tiempo de sedentarismo, en particular, su tiempo de pantalla recreativa.

En las últimas décadas, se ha evidenciado que la práctica regular de actividad física posee numerosos beneficios para la salud física, mental, social y cognitiva de la población infantil y juvenil (Janssen & LeBlanc, 2010; Poitras et al., 2016). Según la OMS (Organization, 2020), la práctica física regular en esta población tiene el potencial de mejorar:

- la capacidad aeróbica y la fuerza muscular.
- la salud cardiovascular y metabólica (presión arterial, dislipidemia, glucosa y resistencia a la insulina).
- el rendimiento cognitivo (función ejecutiva) y académico.
- la salud ósea.
- salud y bienestar mental (reducción de los síntomas de depresión).
- la reducción de la adiposidad.

Aunque la actividad física es beneficiosa en general para la salud, es importante y se debe tener en cuenta el nivel de intensidad al que se realiza dicha práctica. Para ello, todas las actividades físicas se pueden cuantificar y expresar como múltiplos del METs, siendo esta medida entendida como "el gasto metabólico o consumo de oxígeno en reposo" (Ainsworth et al., 2011). A continuación, se describen junto con algunos ejemplos y una ilustración gráfica (ver Figura 5), los diferentes niveles de intensidad de actividad física:

- **Actividad física baja o ligera:** aquellas actividades que requieren un gasto energético inferior a 3 veces el gasto energético en reposo para esa persona. En la escala MET se sitúa entre el 1,5 y 3. La mayoría de las actividades, no requieren un aumento sustancial de la frecuencia cardiaca o respiratoria, permaneciendo en reposo la mayor parte del tiempo o sentado, como puede ser el estar tumbado viendo la TV, estudiar, conducir, vestirse, etc.

- **Actividad física moderada**: aquella actividad física que se realiza entre 3 y menos de 6 veces la intensidad del descanso. En la escala de MET se sitúa entre el 3 y 6. Normalmente las actividades

requieren un ligero aumento sustancial de la frecuencia cardiaca o respiratoria, como puede ser la realización de algunas tareas domésticas, subir o bajar escaleras, nadar suave, práctica deportiva a una intensidad moderada, etc.

- **Actividad física vigorosa**: aquella actividad física que se realiza a 6 o más METs. Las actividades ya demandan un esfuerzo físico con un aumento de la frecuencia cardiaca o respiratoria, como por ejemplo, subir y bajar escaleras corriendo, trabajos de carga y descarga con objetos pesados, práctica deportiva de forma intensa, etc.

Figura 5

Directrices de actividad física del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos.

Nota. Fuente: Adaptado de UK Physical Activity Guidelines, Piercy & Troiano (2018).

A pesar de las recomendaciones establecidas, así como los beneficios en diferentes parámetros de la salud, la evidencia científica ha demostrado claramente que conforme se va avanzando en la edad, se observa una clara disminución de la práctica de actividad física (Caspersen et al., 2000; Kristensen et al., 2008). Un estudio de (Mielgo-Ayuso et al., 2016) demostró que durante los últimos años la práctica de actividad física de los jóvenes españoles de entre los 12 y 18 años ha sufrido un descenso progresivo, no cumpliendo con las recomendaciones internacionales mínimas de actividad física. Este hecho que supone el abandono o disminución de dicha práctica, podría deberse a los hábitos sedentarios establecidos en esta población por el tiempo de ocio delante de una pantalla, videojuegos o televisión (Norris et al., 2016) así como una pérdida de la motivación por la práctica de actividad física, la falta de tiempo o la exigencia en los estudios (Martínez Baena et al., 2012). Además, datos globales recientes han informado niveles más bajos de actividad física en las chicas en comparación con los chicos, lo que confirma la existencia de una brecha de género significativa (Guthold et al., 2020; Luque-Casado et al., 2021). De esta manera, se sigue mostrando la necesidad de seguir apostando por estrategias y programas de promoción y motivación de la práctica diaria de actividad física dentro de la población infanto-juvenil, así como el análisis y discusión de los efectos positivos y relación que conlleva esta práctica a corto, medio y largo plazo

1.2.2 Ejercicio Físico

El **ejercicio físico** es toda aquella "actividad física planificada, estructurada, sistemática y enfocada a la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la condición física" (Caspersen et al., 1985). A pesar de que el ejercicio comparte elementos comunes con la actividad física, ambos conceptos son diferentes, ya que el ejercicio físico es una subcategoría de la actividad física. En la población joven, algunos autores han considerado el ejercicio físico como el desplazarse habitualmente caminando al centro educativo o realizar alguna actividad de intensidad moderada entre unos 10-50 minutos de duración (Martínez-Gómez et al., 2011; St-Louis-Deschênes & Ellemberg, 2013). Otros estudios han demostrado que los chicos dan más importancia al ejercicio físico, teniendo más atracción hacia la actividad física y practicando durante mayor tiempo que las chicas (Martínez Baena et al., 2012; Ruiz-Ariza, Grao-Cruces, et al., 2017). En esta dirección, se sigue investigando sobre la relación y efectos

del ejercicio físico a diferentes intensidades en diversos parámetros relacionados con la salud, condición física o rendimiento académico, entre otras variables, con el empleo de novedosas metodologías como puede ser el C-HIIT (*Cooperative-High Intensity Interval Training*) (Ruiz-Ariza, Suárez-Manzano, et al., 2017).

1.2.3 Deporte: el deporte extracurricular

El **deporte** es definido como aquella "actividad física, ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y sujeción a normas" (Española & Madrid, 2001). También el deporte puede ser entendido como "recreación, pasatiempo, placer, diversión o ejercicio físico, por lo común al aire libre" (Española & Madrid, 2001). Según la OMS, el deporte hace referencia a la "actividad que implica esfuerzo físico, destreza y/o coordinación óculo-manual como objetivo principal de la actividad, con elementos de competición en la que existen reglas y patrones de comportamiento que rigen la actividad formalmente a través de organizaciones y se puede participar en ella de forma individual o en equipo" (Organization, 2018). En la actualidad, la mayoría de los niños y adolescentes realizan alguna práctica deportiva de manera regular, ya sea en el ámbito escolar, extraescolar o como actividad extracurricular (Franco Hidalgo-Chacon et al., 2022). El concepto global de deporte se puede conceptualizar más específicamente, diferenciando entre deporte escolar y deporte en edad escolar. El **deporte escolar** hace referencia al deporte realizado dentro del contexto escolar, principalmente en el área de Educación Física, dirigido a promover un estilo de vida saludable a través de la práctica deportiva y las buenas políticas deportivas (Lee et al., 2007). Mientras que el **deporte en edad escolar,** se refiere a todas aquellas actividades organizadas que se celebran fuera del currículum de la asignatura de Educación Física en los centros escolares, clubes, asociaciones, etc. y en las que participan deportistas en edad escolar (del Deporte, 2022).

La Educación Física es reconocida como el principal e importante medio curricular dentro del contexto educativo para la promoción de la práctica físico-deportiva entre los jóvenes. Sin embargo, las horas de Educación Física a la semana en la mayoría de los currículos escolares son limitadas. Por este motivo, una de las fórmulas existentes para promover y realizar de forma periódica práctica deportiva, son las actividades deportivas extracurriculares (De Meester et al., 2014).

Un estudio a nivel mundial (Tremblay et al., 2016) evidenció que aproximadamente un 50% de los niños y adolescentes participan en deportes organizados. Esta participación que supone un esfuerzo físico y un desarrollo de diferentes habilidades y capacidades, permite la adquisición de competencias individuales y grupales, considerándose el deporte como una forma específica que contribuye a la realización de actividad física moderada-vigorosa de los niños y adolescentes (Omorou et al., 2013).

El Consejo Superior de Deportes (CSD) es uno de los agentes con máxima responsabilidad del deporte en edad escolar en España. Sin embargo, cada Comunidad Autónoma tienen competencias propias para el desarrollo del deporte dentro de su autonomía a través de planes y programas de deporte en edad escolar. En Castilla-La Mancha, desde el Gobierno Regional y concretamente, desde la Consejería de Educación, Deporte y Cultura a través de la Dirección General de Juventud y Deportes y con la colaboración de las Diputaciones Provinciales, cuentan con el programa "Somos Deporte 3-18". El principal objetivo que pretenden con dicho programa es lograr que todos los escolares de la región se adhieran a la práctica físico-deportiva junto con la adquisición de hábitos y estilos de vida saludables. Este programa formado por cuatro amplias líneas (campeonato regional del deporte en edad escolar, iniciación deportiva, promoción de la actividad físico-deportiva y actividades de formación) pretende dar respuesta a todas las motivaciones e intereses de los niños y jóvenes, partiendo desde un deporte más recreativo y de disfrute, hasta un deporte más competitivo, sin perder su esencia educativa.

En los municipios rurales de Castilla-La Mancha, por lo general, son los ayuntamientos desde su área municipal de deportes los que ofrecen a la población infanto-juvenil un programa variado de actividades deportivas extracurriculares para cada curso académico para la práctica de actividad físico-deportiva. Éstas principalmente están orientadas al aprendizaje, transmisión de valores, beneficio social, así como al desarrollo integral (físico, emocional y personal) de los niños y adolescentes. Además, permite la participación de los niños y jóvenes de la región en el programa "Somos Deporte 3-18", ya que pertenecen o se encuentran inscritos en alguna de sus Escuelas deportivas y/o clubes deportivos. De esta manera, la realización y oferta de la práctica físico-deportiva extracurricular puede ser un medio de oportunidades para que los niños y adolescentes consigan un mayor desarrollo integral y sean físicamente más activos.

1.2.4.Inactividad física, sedentarismo y obesidad

Inactividad Física

La **inactividad física** es definida como "el nivel de actividad física insuficiente para cumplir las recomendaciones actuales de actividad física" (Organization, 2020). Un estudio a nivel mundial que representó a 1,6 millones de adolescentes de entre 11 y 17 años de 146 países diferentes (Guthold et al., 2020), evidenció que el 81% de los participantes (78% chicos y 85% chicas) no eran suficientemente activos físicamente. En el mismo estudio, la prevalencia en España de la inactividad física en 2001 fue del 79% frente al 77% en 2016. Aunque esta prevalencia disminuyó significativamente entre 2001 y 2016 para los chicos, en las chicas no hubo cambios significativos. Además, se observa que las chicas son las que presentan mayores tasas de inactividad física en todo momento (un 83,8% de prevalencia). Otros estudios como el de HBSC (*Health Behaviour in School-aged Children*) (Inchley & Currie, 2016) confirman estos resultados sobre la población adolescente europea y española (Moreno et al., 2018).

En la actualidad, cada vez es más frecuente entre los niños y adolescentes la denominada "tríada de inactividad pediátrica" (ver Figura 6), la cual consta de tres factores interrelacionados (Faigenbaum et al., 2018):

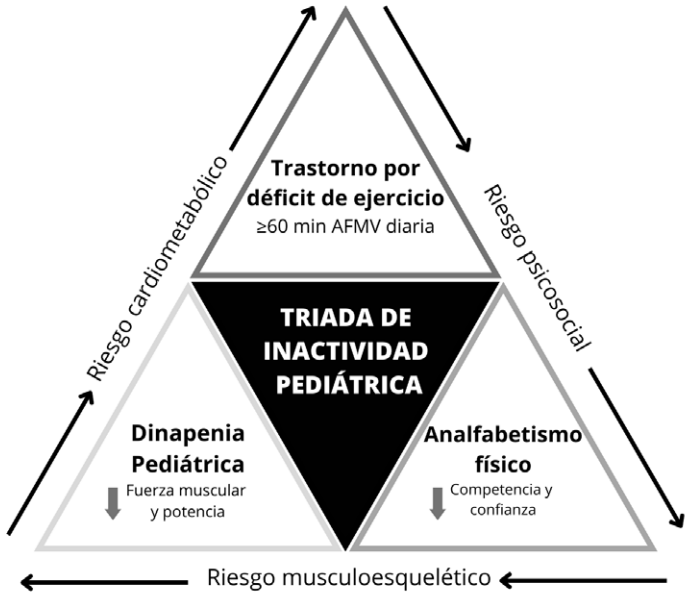
(1) el **desorden por déficit de ejercicio**, es decir, el incumplimiento tanto en calidad como en cantidad de práctica de actividad física moderada-vigorosa actuales de salud pública (Faigenbaum et al., 2014).

(2) la **dinapenia pediátrica**, la cual se caracteriza por unos bajos índices de potencia y fuerza muscular (Faigenbaum & MacDonald, 2017).

(3) el **analfabetismo motriz,** entendido como la falta de confianza, motivación y competencia para moverse con soltura ante la realización de actividades físico-deportivas (Edwards et al., 2017).

Figura 6

Triada de inactividad pediátrica compuesta por los tres componentes interrelacionados que influyen en la inactividad física y en los riesgos de salud relacionados



Nota. Fuente: Adaptación de Faigenbaum et al. (2018).

Esta inactividad física puede conllevar a grandes problemas de salud a lo largo del tiempo, ya que se ha demostrado que existe una alta probabilidad de trasladar los bajos niveles de condición física de la infancia a la edad adulta (Fraser et al., 2017). Entre un 20% y un 30% de las personas físicamente inactivas tienen un riesgo de muerte mayor que las que son adecuadamente activas (Organization, 2020). En 2009, la OMS sitúo la inactividad física como el cuarto factor de riesgo de mortalidad prematura a nivel mundial cuarto factor de riesgo de mortalidad prematura a nivel mundial, tratándose de un importante factor de riesgo de muerte en adultos por enfermedades no transmisibles (Organization, 2009).

Sedentarismo

El sedentarismo es un término muy común en la actualidad, que habitualmente se confunde con la inactividad física. Sin embargo, a pesar de que ambos conceptos se encuentran relacionados, es necesario saber diferenciarlos. El **comportamiento sedentario** es "cualquier comportamiento caracterizado por un gasto energético de 1,5 MET o inferior mientras se está sentado, reclinado o tumbado" (Organization, 2020). Este concepto, ha sido incluido por primera vez dentro de las recomendaciones de la OMS del 2020, ya que en los últimos años se ha incrementado este tipo de comportamiento en la población. La prevalencia del comportamiento sedentario en los adolescentes europeos es de 76,8% en 2017, siendo extremadamente alta y sin diferencias entre sexos (López-Fernández et al., 2021). Por este motivo, numerosas investigaciones han abordado los resultados de salud asociados a este tipo de comportamientos sedentarios (Organization, 2020).

En la actualidad, la población infantil y juvenil se ha visto influenciada por la tecnología (tiempo sedentario dedicada a las pantallas para el ocio o entretenimiento) y las comunicaciones digitales (teléfonos, tablets, ordenadores…). Este tipo de comportamientos y conductas sedentarias se ha demostrado que puede tener diferentes impactos en la salud, concretamente con la salud cardiometabólica y condición física, asociándose positivamente con una peor salud mental, medidas favorables de adiposidad y de conducta o comportamiento prosocial (Carson et al., 2016; Kim et al., 2022). Una reciente revisión sistemática y metaanálisis, demostró una asociación positiva entre el tiempo total de pantalla (> 2 horas al día) con el sobrepeso u obesidad infantil (Fang et al., 2019). Sin embargo, esta asociación aún no está clara, debido a que no encontraron resultados significativos entre el tiempo sedentario recreativo con videojuegos y la masa corporal de los niños y adolescentes (Marker et al., 2019). Por este motivo, es necesario aportar mayor evidencia para confirmar esta asociación entre los comportamientos sedentarios y las medidas de adiposidad, así como para determinar si existe una relación dosis-respuesta entre el tiempo sedentario y los resultados de salud en niños y adolescentes.

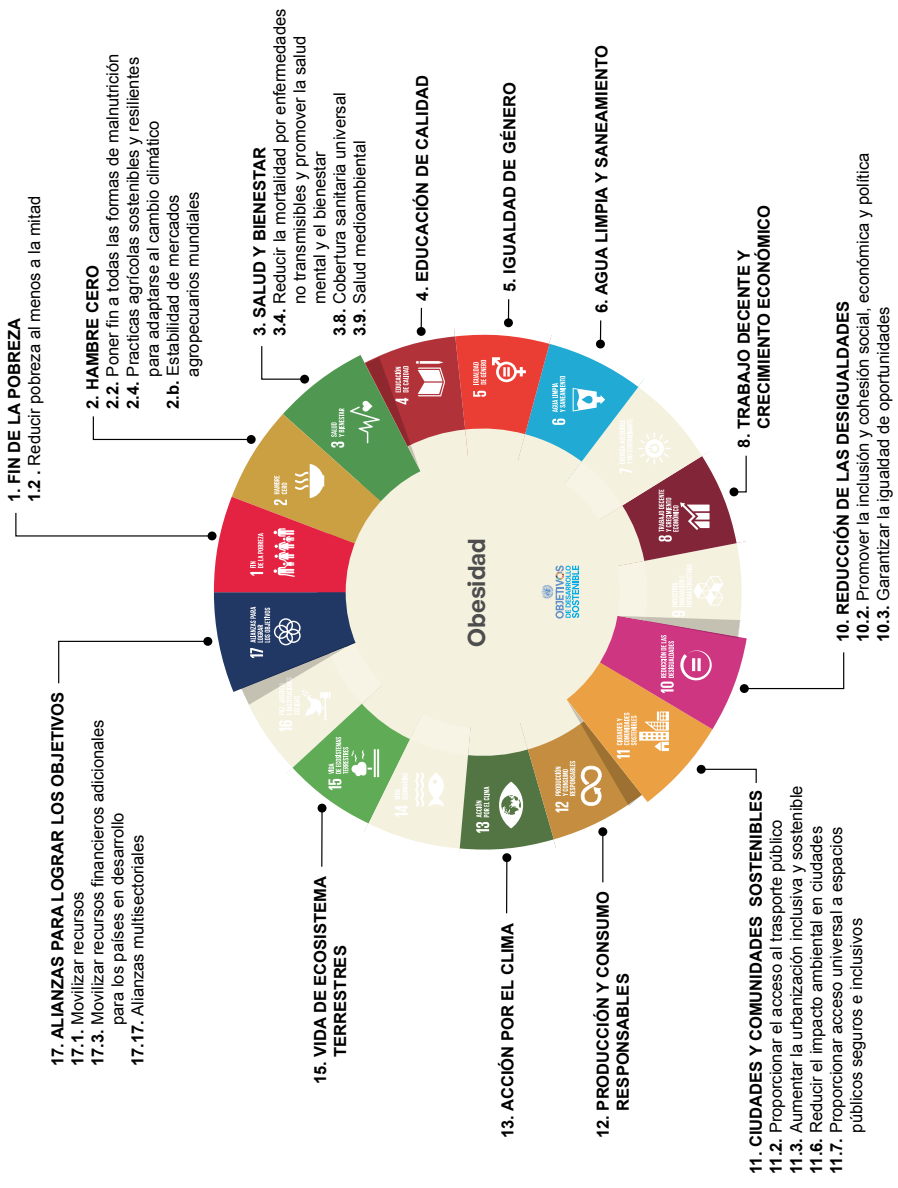
Obesidad infantil y adolescente

En relación y como consecuencia de la inactividad física y el sedentarismo, la obesidad infantil es uno de los principales problemas de salud pública a nivel internacional, siendo declarada por la OMS como la "epidemia del siglo XXI" (Organization, 2000). Según la OMS,

la **obesidad** se define como "una acumulación anormal o extensa de grasa que afecta negativamente a la salud" o bien un IMC ≥ 30 kg/m^2 (Organization, 2000). En las últimas décadas, la prevalencia de la obesidad ha aumentado en todos los países y continentes, siendo especialmente preocupantes en los países ibéricos las tendencias del sobrepeso y la obesidad infantil (Garrido-Miguel et al., 2019). Los datos recogidos de la *European Childhood Obesity Surveillance Initiative* (COSI) (Organization, 2021) sitúan a España entre los países de la Unión Europea con mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad infantil. Diferentes estudios relevantes a gran escala han abordado la problemática de la obesidad en la población infantil y juvenil española, como son el estudio PASOS (PASOS, 2019), ALADINO (Pérez-Farinós et al., 2013) y AVENA (Vicente-Rodríguez et al., 2008) entre otros. Estrategias e iniciativas como el reciente Plan Estratégico Nacional para la reducción de la Obesidad Infantil (2022-2030) alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ver Figura 7) son determinantes para intervenir en los entornos donde viven y crecen los niños y adolescentes, con el objetivo de generar un ecosistema promotor de estilos de vida saludables y contrarrestar la obesidad infantil (España, 2022).

Figura 7

Objetivos de Desarrollo Sostenibles relacionados con la obesidad



Nota. Fuente: Plan Estratégico Nacional para la Reducción de la Obesidad Infantil, España, (2022).

1.3 FACTORES INFLUYENTES DE LA PRÁCTICA DE ACTIVIDAD FÍSICO-DEPORTIVA

En este último apartado, se pone de manifiesto los principales factores influyentes de la realización de actividad físico-deportiva, focalizando en los diferentes parámetros y variables que componen la condición física, la composición corporal, así como la adherencia a la DM como modelo saludable.

1.3.1. Condición Física: definición, variables y métodos de evaluación

fit + ness
(nombre)
"la condición de ser apto, adecuado o apropiado"

La **condición física**, en inglés, *physical fitness,* se ha evaluado desde diferentes perspectivas y objetivos, evolucionado las definiciones para adaptarse a estos objetivos específicos. En 1948, la condición física fue definida como "la capacidad funcional individual de realizar una tarea" (Darling et al., 1948), ampliándose el concepto en 1967 a "la capacidad de llevar a cabo las tareas diarias con vigor y alerta, sin fatiga indebida, y con amplia energía para disfrutar de las actividades de ocio y para hacer frente a las emergencias imprevistas" (Clarke, 1976). Es en 1985, cuando Caspersen, Powell y Christenson (Caspersen et al., 1985) proporcionaron un concepto más moderno y clave definiendo la condición física como "un conjunto de atributos relacionados con la habilidad de un sujeto, para desarrollar actividades físicas que requieren una condición aeróbica, resistencia, fuerza o flexibilidad, y que está determinada por una combinación entre actividad regular y habilidad adquirida genéticamente". Por tanto, tener una buena condición física, puede considerarse como estar físicamente bien, permitiendo el desempeño de la actividad física diaria y ejercicio físico a través de las diferentes funciones del cuerpo.

Por otro lado, la condición física ha sido conceptualizada en varios componentes: la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza muscular, la habilidad motriz y la composición corporal (Ruiz et al., 2009). Estos componentes que conforman la condición física se pueden dividir en dos grupos, teniendo por un lado la condición física relacionada con la salud y por otro lado, la condición física relacionada con las habilidades referentes a la capacidad atlética (Caspersen et al., 1985) (ver Tabla 2).

Tabla 2

Resumen de las definiciones de la condición física y sus parámetros

Condición Física "un conjunto de atributos que las personas tienen o alcanzan y que se relacionan con la capacidad de realizar actividad física".	
Relacionada con la destreza o habilidad	**Relacionada con la salud**
Agilidad "…la capacidad de cambiar rápidamente la posición de todo el cuerpo en el espacio con velocidad y precisión".	**Resistencia cardiorrespiratoria** "…la capacidad de los sistemas circulatorio y respiratorio para suministrar combustible durante la actividad física sostenida y de eliminar los productos de fatiga después de suministrar el combustible".
Coordinación "…la capacidad de utilizar los sentidos, como la vista y el oído, junto con las partes del cuerpo para realizar tareas motrices de forma fluida y con precisión".	**Resistencia muscular** "…la capacidad de los grupos musculares para ejercer una fuerza externa durante muchas repeticiones o esfuerzos sucesivos".
Equilibrio "…el mantenimiento de la estabilidad mientras se está en un estado inmóvil o en movimiento".	**Fuerza muscular** "…la cantidad de fuerza externa que un músculo puede ejercer".
Potencia "…el ritmo al que se puede realizar un trabajo".	**Flexibilidad** "…la amplitud de movimiento disponible en una articulación".
Tiempo de reacción "…el tiempo transcurrido entre la estimulación y el comienzo de la reacción a la misma".	**Composición corporal** "…las cantidades relativas de músculo, grasa, hueso y otras partes vitales del cuerpo".
Velocidad "…la capacidad de realizar un movimiento en un corto período de tiempo".	

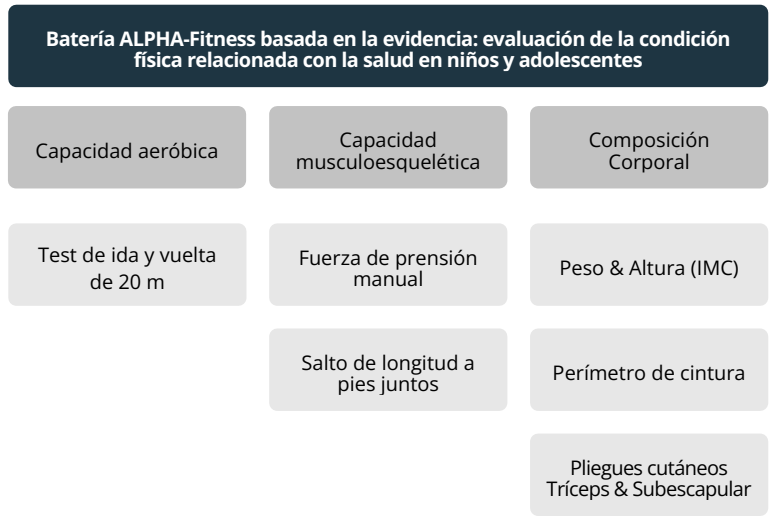
Nota. Fuente: Caspersen et al. (1985).

En la última década, la condición física en la población general, pero en especial, en la población más joven, ha sido de gran interés para los investigadores. Numerosos estudios han demostrado el rol fundamental del nivel de condición física para mejorar el sistema musculoesquelético, salud cardiovascular, salud ósea, así como para reducir el riesgo de mortalidad prematura y enfermedades cardiometabólicas (Ortega et al., 2008; Ortega et al., 2012; Vicente-Rodríguez et al., 2005). Por este motivo, la condición física se considera como un potente marcador de salud en niños y adolescentes (Ortega et al., 2008) siendo de especial importancia su medición y control de los diferentes parámetros.

El interés y motivación para la monitorización y vigilancia de la condición física varía según los países y ha evolucionado con el tiempo, siendo en la actualidad una de las medidas principales del Plan de Acción Mundial para la promoción de actividad física y vigilancia de la salud (Organization, 2018). Para ello, existen diferentes métodos de medición a través de test más específicos de laboratorio, o bien, de pruebas de campo. A pesar de que las mediciones de laboratorio reportan una mayor fiabilidad y evidencia para la evaluación de la condición física, las pruebas de campo son también fiables y más factibles, aunque con mayores limitaciones (Artero et al., 2011; Ruiz et al., 2011). Una reciente revisión sistemática, mostró un resumen de todas las baterías de campo de pruebas de condición física existentes para niños y adolescentes para su desarrollo dentro del contexto escolar (Marques et al., 2021). Hasta la fecha y a nivel mundial, las baterías de campo más utilizadas para evaluar la condición física son el *FitnessGram* (EE. UU) (Meredith & Welk, 2010), EUROFIT (Europa) (Adam, 1988) y ALPHA fitness test (España) (ver Figura 8) para la evaluación de la condición física relacionada con la salud (Ruiz et al., 2011). Estas baterías incluyen la evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria mediante el test de carrera de ida y vuelta de 20 metros, siendo este test uno de los más utilizados en niños y adolescentes (Tomkinson et al., 2017). También, incorporan la fuerza muscular tanto del tren superior (dinamometría manual o flexiones), tren inferior (abdominales o salto longitudinal) así como la flexibilidad, la velocidad-agilidad y algunos parámetros de composición corporal. En definitiva, existen numerosas herramientas que permiten conocer y analizar de una manera fácil y fiable el estado físico de la población infantil y juvenil, siendo un factor importante en estas etapas debido al progreso de los diferentes parámetros con la edad (Armstrong & Van Mechelen, 2017).

Figura 8

Batería de pruebas de condición física relacionadas con la salud para niños y adolescentes basada en la evidencia



Nota. Fuente: Ruiz et al. (2011).

1.3.2 Composición corporal: definición, variables y métodos de valoración

En las primeras etapas de la vida, la composición corporal es un componente clave de la salud de los individuos. La **composición corporal** se puede definir como el "fraccionamiento del peso o masa corporal de un sujeto en diferentes componentes y la relación entre dichos componentes" (Coulston et al., 2013). Ante la actual problemática de la obesidad en la población infantil, se ha puesto de manifiesto la importancia del control y vigilancia de los diferentes parámetros de composición corporal. Uno de los principales indicadores utilizados para medir la obesidad es el IMC (Cole, 2000). Los niños y adolescentes que tienen niveles altos de IMC en relación con sus compañeros de sexo y edad, pueden presentar múltiples factores de riesgo, exceso de adiposidad y un alto riesgo de obesidad en la edad adulta (Freedman et al., 2007). A pesar de que la mayoría de estudios apoyan el uso del IMC como medida del *fatness* en niños y adolescentes (Pietrobelli et al., 1998), la interpretación debe ser cautelosa. En los últimos años, este indicador ha sido cuestionado, debido a sus limitaciones para

detectar la adiposidad en la población joven (Javed et al., 2015) y no poder diferenciar entre la masa grasa y la masa libre de grasa (Kyle et al., 2003) no informando claramente sobre el estado actual de los niños y adolescentes.

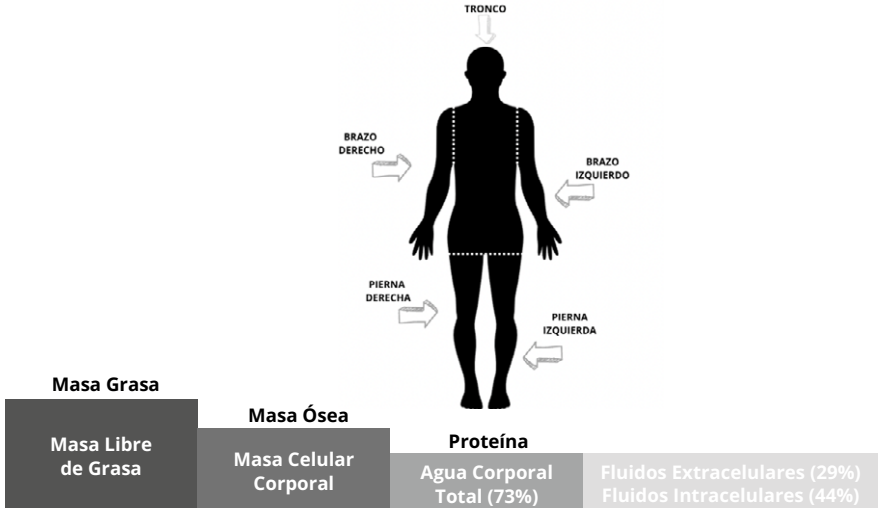
Junto con el IMC, la masa grasa y la masa muscular son dos parámetros principales y más utilizados de la composición corporal. Durante la etapa de la pubertad, los chicos comienzan a presentar una disminución de la grasa corporal mientras que las chicas la ganan (McKeag, 1991). Esto se debe principalmente por la influencia de los estrógenos y testosterona que se produce durante el crecimiento, modificándose de manera significativa la composición corporal (Chicharro et al., 2002). De igual manera ocurre con la masa muscular, produciéndose un aumento progresivo desde el nacimiento hasta la adolescencia, llegando aproximadamente hasta los 17-18 años en chicos y los 15 años en chicas (Andrade Ramiro et al., 1990). Este cambio no se debe al incremento del número de fibras musculares (hiperplasia), sino que se trata de un mayor tamaño de las fibras musculares (hipertrofia) (Chicharro & Vaquero, 2006). La adquisición eficiente y fiable de estos datos relacionados con la composición corporal, puede identificar y distinguir posibles cambios en estos componentes y determinar las causas (Wang et al., 1992). Para ello, existen numerosas técnicas y métodos de evaluación validados para conocer y valorar los diferentes parámetros de la composición corporal, clasificados en métodos de laboratorio y de campo.

En primer lugar, los métodos y técnicas de laboratorio. Éstos, aunque tratan de ser más precisos y fiables, requieren de un gasto mayor, un conocimiento técnico necesario, así como de un espacio y equipamiento específico. Entre los métodos y técnicas de laboratorio más habituales para valorar la composición corporal se encuentran: (1) la hidrodensitometría o pesaje subacuático; (2) la pletismografía por desplazamiento de aire; (3) la hidrometría o dilución isotópica con deuterio; (4) la resonancia magnética; (5) la tomografía computada; (6) y la activación neutrónica. Sin embargo, el método más común en edad pediátrica que ofrece una visión corporal más completa y detallada a nivel regional y total, junto con la pletismografía, es la valoración a través del dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA). Todos éstos, permiten la valoración de la densidad corporal, masa ósea, tejidos blandos, así como la estimación de porcentaje de grasa y masa libre de grasa, entre otros parámetros.

Y, en segundo lugar, los métodos de campo. A pesar de que cuentan con mayores limitaciones que los de laboratorio, estos métodos y técnicas suelen ser relativamente más sencillas, factibles y rápidas. Algunas de las técnicas más utilizadas son: (1) la antropometría y valoración de los pliegues cutáneos; (2) circunferencia de la cadera; (3) la relación cintura-cadera; (4) y la bioimpedancia eléctrica (BIA). Al igual que en los métodos de laboratorio, estas técnicas permiten obtener y conocer diferentes parámetros de la composición corporal. En niños y adolescentes, BIA se ha utilizado comúnmente para evaluar la composición corporal (Lee & Gallagher, 2008; Silva et al., 2013). Además, es una técnica muy común cuando se pretende evaluar a un número grande de sujetos y de manera rápida, ya que se trata de un método de evaluación de la composición corporal no invasivo, relativamente barato, seguro y portátil. Esta técnica se utiliza para predecir la composición corporal (ver Figura 9) basada en las propiedades conductoras del cuerpo (Khalil et al., 2014) y consiste en medir la impedancia (Z) o resistencia y reactancia al flujo de una corriente eléctrica baja (800 μA), a una frecuencia única o fija (50 kHz) o multifrecuencia, cuando se utiliza una amplia gama de frecuencias a medida que viaja a través del agua del cuerpo. Comúnmente, esta técnica se ha utilizado para evaluar la composición corporal en niños y adolescentes mediante la estimación del agua corporal total (Kyle et al., 2015), demostrando ser una técnica válida y reproducible para el análisis del porcentaje de grasa corporal (de Castro et al., 2018).

Figura 9

Principales segmentos y compartimientos corporales



Nota. Fuente: Adaptación de Khalil et al. (2014).

1.3.3 Hábitos nutricionales: la dieta Mediterránea como modelo saludable

Uno de los principales pilares para tener una buena salud junto con la práctica diaria de actividad física es llevar y mantener una dieta equilibrada y saludable. Diferentes estudios han demostrado que la adquisición de unos buenos hábitos de vida saludables desde la infancia y adolescencia pueden mantenerse a lo largo de la vida (Craigie et al., 2011). Evaluar y conocer la calidad de una dieta en las primeras etapas de la vida es una prioridad, con el fin principal de poder establecer recomendaciones nutricionales más saludables (Román-Viñas et al., 2009).

Cuando hablamos de hábitos nutricionales, hablamos de aquello que se aprende mediante la repetición constituyendo un patrón alimentario, una dieta habitual. Uno de los patrones alimentarios más reconocido a nivel internacional de dieta equilibrada y saludable, que aporta la energía necesaria y los nutrientes adecuados para mantenernos sanos, es el de la DM (De la Montaña et al., 2012). La DM no es una dieta específica, sino un conjunto de hábitos alimentarios caracterizado por un elevado consumo de verduras, frutas y frutos secos, legumbres e hidratos de carbono complejos, con un consumo moderado de pescado, y el consumo de aceite de oliva como principal fuente de grasas así como una cantidad baja o moderada de vino tinto durante las comidas (Sofi et al., 2010). Este modelo dietético surge a principios de los años sesenta en las regiones Mediterráneas y se ha considerado como una dieta óptima para preservar la salud, prevenir las enfermedades no transmisibles y la aumentar la longevidad (García-Fernández et al., 2014; Martinez-Gonzalez et al., 2009; Serra-Majem et al., 2006; Sofi et al., 2008). Un reciente metaanálisis con población adulta reveló una asociación de una reducción del 10% en el riesgo de mortalidad por todas las causas, por cada incremento de 2 puntos en la adherencia a la DM (Soltani et al., 2019). En niños y adolescentes, una reciente revisión sistemática mostró una correlación positiva entre la adherencia a la DM y la calidad de vida relacionada con la salud (Romero-Robles et al., 2022). Sin embargo, previos estudios indicaron que la adherencia a este patrón alimentario durante las primeras etapas está disminuyendo en las regiones Mediterráneas (Farajian et al., 2011; García Cabrera et al., 2015), ya que existe una disminución de la ingesta de alimentos básicos de origen vegetal y, por el contrario, un aumento del consumo de productos animales y grasas saturadas (del Mar Bibiloni et al., 2012). Este deficiente patrón alimentario, está relacionado con una mayor prevalencia de

obesidad pediátrica (Börnhorst et al., 2015), aumentando el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo II, algún tipo de cáncer, entre otras enfermedades crónicas (Fontana & Partridge, 2015; Lobstein et al., 2004).

El interés de la investigación sobre este patrón alimentario en niños y adolescentes se ha incrementado en las últimas décadas. Entre los estudios más importantes, destaca el estudio *EnKid* (Serra-Majem et al., 2001) en el cual desarrollaron y probaron el índice de calidad de la DM desarrollando el test KIDMED (Serra-Majem et al., 2004); el estudio HELENA (Arenaza et al., 2019), que concluyeron que una alta adherencia a la DM podría ser beneficiosa para el mantenimiento de la salud metabólica de los adolescentes con sobrepeso y obesidad; y el reciente estudio PASOS (PASOS, 2019), el cual determinó una puntuación promedio en el índice KIDMED de 6,78 (6,86 para chicos y 6,68 para chicas) indicando que ésta disminuye a medida que aumenta la edad. Otros estudios también abordaron la adherencia a la DM y su relación con el perímetro cintura-altura (Schröder et al., 2010), ingesta y gasto energético (Mariscal-Arcas et al., 2007), calidad de vida y bienestar (Chacón-Cuberos et al., 2018; Esteban-Gonzalo et al., 2019; Grao-Cruces et al., 2014; Grao-Cruces et al., 2015; Grao-Cruces et al., 2013) así como con diferentes parámetros de la salud (Sureda et al., 2018). Con los resultados de la presente investigación, se aporta mayor evidencia sobre el análisis y relación que existe entre este patrón alimentario Mediterráneo, con la composición corporal y los diferentes parámetros de condición física en los niños y adolescentes, siendo éstos junto con los hábitos alimentarios saludables un factor adicional para contribuir a la salud de los adultos del mañana.

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

2

JUSTIFICACIÓN
[JUSTIFICATION]

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Sobre la base de los antecedentes más relevantes que justifican y ponen en contexto esta Tesis Doctoral, a continuación, se exponen las principales razones y motivaciones que argumentan la elección y necesidad de estudio de la presente temática de investigación:

- La presente Tesis Doctoral encuentra su origen, principalmente, en la preocupación actual por los bajos niveles de práctica diaria de actividad física y ejercicio físico en la población infantil y adolescente (Guthold et al., 2020) así como su evidente repercusión negativa en la salud, especialmente, en la condición física y composición corporal. Sin embargo, a pesar de los existentes bajos niveles de práctica de actividad física, el deporte extracurricular que se oferta desde las administraciones locales, provinciales y regionales a través de las actividades deportivas, es una gran medida y apuesta por y para la promoción de la práctica físico-deportiva y de hábitos activos-saludables en dicha población. Por este motivo, con el objetivo de justificar, mejorar y optimizar la práctica de actividades físico-deportivas en entornos rurales, se pretende aportar nueva evidencia científica sobre el estudio y análisis del comportamiento y relación de las diferentes variables de condición física, composición corporal y hábitos nutricionales de los niños y jóvenes que participan y realizan regularmente dicha práctica deportiva.

- Las primeras etapas de la vida, la infancia y adolescencia, son etapas donde siempre existirá alguna pregunta de investigación para dar respuesta. Esto se debe al continuo cambio y desarrollo que se origina tanto en la forma y estructura del cuerpo, el comportamiento, los avances de la sociedad y cómo puede influir en diferentes variables que tendrán su repercusión en las siguientes etapas de la vida. Por ello, es importante no solo aportar evidencia científica en base a factores como la edad cronológica y el sexo, sino también teniendo en cuenta la edad biológica o estado madurativo (Malina et al., 2015). De esta manera, se podrán determinar y concretar estrategias y programas más específicos.

- El deporte escolar o en edad escolar, a través de la práctica deportiva regular y en cualquiera de sus disciplinas deportivas, puede ser una fórmula para mantenerse en buen estado físico y corporal. Sin embargo, ¿es suficiente esta práctica deportiva para mantener un estilo de vida activo y cumplir con las recomendaciones mundiales de actividad física? ¿De qué manera se asocia esta práctica deportiva regular con la condición física y la composición corporal? ¿Existirá una relación positiva si los niños y adolescentes presentan una buena adherencia a la DM? Entre estas y otras cuestiones, a lo largo del presente trabajo de investigación se pretende dar respuesta por medio del análisis de las diferentes variables objeto de estudio de los artículos publicados.

- La evidencia científica ha demostrado claramente que la práctica diaria de actividad física y el deporte en general, poseen numerosos beneficios en todos los aspectos relacionados con la salud física, mental, cognitiva y social (Biddle & Asare, 2011; Carson et al., 2016; Chacón-Cuberos et al., 2018). Sin embargo, no sólo es importante la práctica diaria de actividad física, ejercicio o deporte, sino que los hábitos alimentarios diarios, especialmente, aquellos asociados al patrón alimentario Mediterráneo pueden asociarse a grandes beneficios en la composición corporal y condición física. A partir de este trabajo de investigación, se pretende abordar esta cuestión y ampliar el conocimiento científico para justificar qué índice o nivel de adherencia a la DM presenta mayores beneficios y qué relación presenta la práctica deportiva y una dieta basada en el patrón alimentario Mediterráneo con el estado físico y la composición corporal de los niños y adolescentes.

- ¿Con sobrepeso, pero en forma? ¿Delgado, pero en baja forma? La paradoja conocida como *fat but fit*, está siendo de gran interés por los investigadores que trabajan, analizan y estudian a la población infantil-juvenil (Martínez-Vizcaíno et al., 2021; Ortega et al., 2018; Pozuelo-Carrascosa et al., 2022). Los hallazgos mostrados en las diferentes publicaciones que componen esta Tesis Doctoral ayudarán a esclarecer opiniones y establecer conclusiones, teniendo en cuenta el estado antropométrico y su relación con los diferentes parámetros de condición física que presentan los niños y adolescentes de ambos sexos.

- El comportamiento, estilos y hábitos de vida en las áreas rurales, así como las diferencias en los indicadores antropométricos y de condición física, son diferentes a los que se pueden observar en los niños y jóvenes de las zonas urbanas (Chillón et al., 2011). Vivir en áreas diferenciadas por el tamaño de la población puede estar asociado con diferencias en los hábitos alimentarios, las oportunidades para la práctica de actividad físico-deportiva o el acceso a instalaciones deportivas, entre otros. Con el objetivo de aportar mayor evidencia científica sobre esta población concreta, la muestra representativa de niños y adolescentes que ha sido analizada en los diferentes estudios abordados en este trabajo de investigación pertenece a diferentes municipios rurales de Castilla-La Mancha.

- El incremento de aplicaciones, así como de plataformas digitales para la realización de ejercicio físico ha evolucionado a gran escala durante y tras la pandemia por la COVID-19. Sin embargo, en el entorno escolar y extracurricular, a pesar de que se utilizan numerosas herramientas digitales enfocadas a la gestión, análisis y organización, se requieren de otras más específicas que fomenten y promuevan la práctica diaria de actividad física y permitan el registro, monitorización y vigilancia de diferentes variables como puede ser la condición física, composición corporal y hábitos nutricionales. Por ello, en relación con la línea temática de la presente Tesis Doctoral, se ha diseñado una herramienta digital y aplicación que pretende que sea un medio interactivo y complementario para el proceso de enseñanza-aprendizaje, fortaleciendo la adherencia y motivación hacia la práctica diaria de actividad física, sin causar tecnoestrés en la población infantil y juvenil.

JUSTIFICACIÓN

- En definitiva, estudiar y analizar de qué manera la práctica diaria de actividad física, y más concretamente, la práctica deportiva regular se relaciona y cómo influye de manera directa e indirectamente en otros parámetros como puede ser la condición física, composición corporal o la adherencia a la DM en la infancia y adolescencia, es de especial relevancia. Estos hechos pueden dar origen a la adopción y adquisición de un estilo de vida poco saludable durante las primeras etapas de la vida, y razonablemente, reflejar diferencias en los patrones de actividad física de acuerdo al sexo, edad cronológica y a los grados de maduración biológica.

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

3

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
[HYPOTHESES AND OBJECTIVES]

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la presente Tesis Doctoral fue proporcionar nueva evidencia y ampliar el conocimiento científico existente sobre el análisis y relación de la práctica de actividad físico-deportiva con la condición física, composición corporal y hábitos nutricionales en niños y adolescentes activos.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS E HIPÓTESIS

Las hipótesis y objetivos específicos de cada uno de los estudios originales que componen esta Tesis Doctoral son los siguientes:

I

Hipótesis. Los niños y adolescentes que son físicamente activos con un estado óptimo de peso y con una alta adherencia al patrón alimentario Mediterráneo, presentarán una mejor condición física. En cambio, aquellos que presenten sobrepeso u obesidad y lleven un patrón alimentario Mediterráneo de baja adherencia tendrán peor condición física. Además, existirá una asociación negativa entre algunas de las variables de composición corporal y condición física.

Objetivo. Analizar la relación y diferencias en la composición corporal y condición física en base al estado de peso (normopeso, sobrepeso y obesidad) y el nivel de adherencia a la DM (baja, media y alta) en niños y adolescentes activos.

II

Hipótesis. La composición corporal influenciada por una baja adherencia a la dieta Mediterránea de los niños y jóvenes activos mostrará una asociación negativa con los parámetros de la condición física.

Objetivo. Examinar la asociación entre la adherencia a la DM, composición corporal y condición física de una población infantil y juvenil activa.

III

Hipótesis. La condición física y la composición corporal será significativamente mayor en la etapa puberal con respecto a la etapa pre-puberal, principalmente, en los chicos. Además, existirá una correlación positiva entre las variables de condición física con la edad cronológica, sexo y algunas de las variables de composición corporal.

Objetivo. Investigar cómo influye el estado madurativo, la edad cronológica y el sexo en la condición física y composición corporal de niños y jóvenes que participan regularmente en deportes extracurriculares.

IV

Hipótesis. Los jugadores pre-púberes y púberes que juegan regularmente al fútbol recreativo y muestran una óptima adherencia a la DM, presentarán una mayor capacidad cardiorrespiratoria y a su vez, mejor composición corporal, mayor capacidad pulmonar y fuerza de prensión manual.

Objetivo. Estudiar las diferencias en la condición física, composición corporal y adherencia a la DM en base a la capacidad cardiorrespiratoria y estado madurativo en niños y adolescentes que juegan regularmente al fútbol.

V

Hipótesis. Los dos indicadores (la relación músculo-grasa y la relación fuerza de prensión manual-IMC) presentarán una relación positiva y significativa con las variables de condición física, mientras que el IMC mostrará una asociación negativa, en ambos sexos. Además, el estado de peso en base al IMC confirmará que un estado de peso normal de los niños y adolescentes repercutirá en un mejor rendimiento en las pruebas de condición física.

Objetivo. Determinar la relación existente entre el índice de masa corporal (IMC), la relación músculo-grasa y la relación fuerza de prensión manual-IMC con los parámetros de condición física en una población joven activa en función del sexo y en cuatro años diferentes.

HYPOTHESES AND OBJECTIVES

3.1. GENERAL OBJECTIVE

The main aim of this Doctoral Thesis was to provide new evidence and extend the existing scientific knowledge on the analysis and relationship of the practice of physical activity and sport with physical fitness, body composition and nutritional habits in active children and adolescents.

3.2. SPECIFIC OBJECTIVES AND HYPOTHESES

The hypotheses and specific objectives of each of the original studies that comprise this Doctoral Thesis are as follows:

I

Hypothesis. Children and adolescents who are physically active with a normoweight status and high adherence to the Mediterranean dietary pattern will be more physically fit. In contrast, those who are overweight or obese and have a low adherence to the Mediterranean dietary pattern will be less physically fit. In addition, there will be a negative association between some of the body composition and physical fitness variables.

Objetive. To analyse the relationship and differences in body composition and physical fitness according to weight status (normoweight, overweight and obesity) and level of adherence to the MD (low, medium and high) in active children and adolescents.

II

Hypothesis. Body composition influenced by low adherence to the MD in active children and youth will show a negative association with physical fitness parameters.

Objetive. To examine the association between adherence to the MD, body composition and physical fitness in an active child and youth population.

III

Hypothesis. Physical fitness and body composition will be significantly higher in the pubertal stage than in the pre-pubertal stage, mainly in boys. In addition, there will be a positive correlation between physical fitness variables with chronological age, sex and body composition variables.

Objetive. To investigate the influence of maturational status, chronological age and sex on the physical fitness and body composition of children and young population participating in extracurricular sports.

IV

Hypothesis. Pre-pubertal and pubertal players who play regular recreational football and show optimal adherence to MD will have higher cardiorespiratory fitness and in turn, better body composition, respiratory capacity and handgrip strength.

Objetive. To study the differences in physical fitness, body composition and adherence to the MD according to cardiorespiratory fitness and maturity status in children and adolescents who play recreational football.

V

Hypothesis. The two indicators (muscle-fat ratio and handgrip strength-BMI ratio) will show a positive and significant relationship with the physical fitness variables, while BMI will show a negative association, in both sexes. In addition, weight status based on BMI will confirm that a normal weight status of children and adolescents will have an impact on better performance in the fitness tests.

Objetive. To determine the relationship between body mass index (BMI), muscle-fat- ratio (MFR) and handgrip strength-to-BMI ratio with physical fitness parameters in a young active population according to sex and in four consecutive years.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

4

METODOLOGÍA
[METHODOLOGY]

METODOLOGÍA

Esta Tesis Doctoral forma parte del proyecto *Active Health Sportec,* siendo el primer documento oficial que recoge y muestra parte de los resultados recogidos y analizados a lo largo de estos últimos años. Este proyecto dirigido a ayuntamientos, entidades y organizaciones deportivas que trabajan con población infantil y juvenil, tiene como principal objetivo evaluar, analizar y monitorizar de manera individualizada el estado físico y hábitos nutricionales de dicha población, concienciando sobre importancia de la práctica diaria de actividad física y el deporte, así como de hábitos alimentarios saludables. Para ello, a través de un protocolo estandarizado de test y pruebas validadas científicamente, junto con la utilización de equipamiento tecnológico, se conoce el estado físico-nutricional actual de esta población, controlando los diferentes parámetros a lo largo de los años y, en definitiva, mejorando el estilo y la calidad de vida de los deportistas que participan en las actividades deportivas extracurriculares.

En este proyecto que comenzó en el año 2018, ya se han adherido más de diez municipios rurales de la región de Castilla-La Mancha, concretamente, de la provincia de Toledo y Albacete. Entre estos municipios, cuatro de ellos han decidido continuar anualmente este proyecto, para llevar un exhaustivo control, monitorización y vigilancia de sus jóvenes deportistas. Un total de 2.524 participantes ya se encuentran dentro de la red *Active Health Sportec,* cuyo proyecto pretende consolidarse y ampliarse a más municipios de la región.

A continuación, se explica la metodología empleada en la presente Tesis Doctoral. La descripción detallada y específica de cada uno de los artículos publicados se encuentra en el Capítulo 5 de Resultados [Results] así como en la Tabla 3.

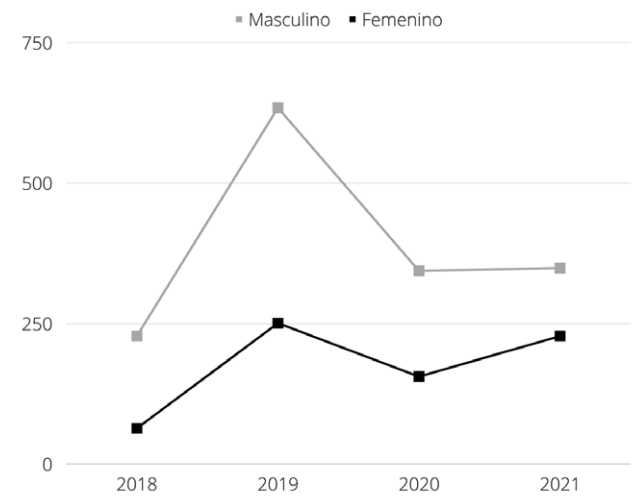
4.1. DISEÑO Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación que se ha llevado a cabo y que se presenta en esta Tesis Doctoral es de corte transversal, ya que se ha realizado varias mediciones de los diferentes participantes en un momento de tiempo determinado, registrando y analizando las distintas variables de investigación. El planteamiento, diseño y realización de cada uno de los artículos científicos, fueron determinados con base al objetivo de investigación que se pretendía dar respuesta, así como de la toma de datos realizada a lo largo de los años y su correspondiente análisis (ver Tabla 3).

Un total de 2.256 niños y adolescentes (1.556 niños y 698 niñas) de diferentes municipios de Castilla-La Mancha, con edades comprendidas entre los 5-18 años formaron parte de la muestra total que conforman los diferentes estudios de la presente Tesis Doctoral (ver Figura 10). La muestra utilizada es de conveniencia, ya que dependía totalmente de la participación y desarrollo del proyecto *Active Health Sportec* por parte de los ayuntamientos que querían llevar a cabo este proyecto en sus Escuelas Deportivas municipales. Todos los participantes se encontraban inscritos y participaban en una o varias actividades deportivas extracurriculares a lo largo de los cursos académicos ofertadas en las Escuelas Deportivas de su municipio. Entre estas actividades deportivas se encontraban: fútbol, baloncesto, tenis, pádel, voleibol, atletismo, kárate, judo, gimnasia rítmica, zumba o baile, entre otras. Todos los inscritos dentro de las Escuelas Deportivas, fueron invitados a participar en el proyecto, siendo totalmente voluntaria la participación. Una vez finalizado el proyecto, cada participante y sus respectivas familias, recibían un informe individualizado en formato papel con los resultados de cada una de las pruebas y test realizados junto con una serie de recomendaciones generales a seguir para mantener unos buenos hábitos de vida activos y saludables. Además, podían consultar estos resultados y realizar comparativas con otros participantes de la red *Active Health Sportec* de manera online y digital a través del *software* y plataforma digital desarrollada para dicho proyecto (https://activehealth-sportec.com/login/?next=/).

Figura 10

Gráfico evolutivo de los participantes dentro del proyecto Active Health Sportec



Nota. Elaboración propia.

Los criterios de inclusión de la muestra que se tuvieron en cuenta para la realización de los análisis de los diferentes estudios fueron los siguientes:

- Los participantes practicaban una o varias modalidades deportivas durante dos días a la semana o más y como mínimo, una hora de duración.
- Los participantes no padecían ninguna enfermedad.
- Los participantes no presentaban ninguna lesión que les impidiera la realización de las diferentes pruebas y test del protocolo.
- Los participantes completaron todas las pruebas y test establecidos dentro del protocolo de evaluación del proyecto.

4.2 PROCEDIMIENTO

Una vez recibida la aprobación y confirmación de la realización del proyecto desde alcaldía o corporación municipal, se comienza a planificar con el área o concejalía de deportes el desarrollo del proyecto. El procedimiento que habitualmente se lleva a cabo se divide en 3 fases (ver Figura 11):

Figura 11

Esquema gráfico del protocolo del proyecto

Nota. Elaboración propia.

Fase inicial

Es la fase clave para que el proyecto y su correspondiente desarrollo tenga éxito. En primer lugar, se toma contacto con la persona encargada de coordinar el proyecto dentro de las Escuelas Deportivas del municipio. Normalmente, son los coordinadores deportivos, gestores deportivos o concejales de deportes, los que llevan la organización del proyecto. En cualquier caso, se les envía de manera personal, información previa sobre el proyecto, así como una serie de instrucciones e indicaciones que se deben de tener en cuenta antes de la siguiente fase.

Una vez conocida toda esta información y en función del número total de participantes estimados que formaran parte del proyecto, se determina las fechas para el desarrollo y toma de datos. Seguidamente, el coordinador del proyecto procede a la realización de grupos,

asignación de días y horarios para cada participante. El protocolo de evaluación y desarrollo de las pruebas y test se realiza en grupos de 10-12 participantes, con una duración aproximada de una hora por grupo. Para una mejor organización, habitualmente, los coordinadores proceden a organizar estos grupos por modalidad deportiva, así como por categorías distribuidas por edad cronológica. Cuando se tiene los listados realizados, de manera directa o bien a través de los propios monitores y/o entrenadores, se entrega a las familias de los deportistas en edad escolar un documento informativo sobre el proyecto, la explicación de las pruebas y un consentimiento informado *(Anexo 1)*. Además, junto con esa información, se les comunica el día, hora y lugar para la participación en el proyecto.

Fase de desarrollo

En esta fase, se hace la recogida de datos, a través de la evaluación individual por medio de diferentes pruebas y test, siguiendo un protocolo estandarizado. La toma de datos se realiza por medio de un equipo de investigadores y técnicos del grupo de investigación en la Gestión de Organizaciones e Instalaciones Deportivas (IGOID). Este equipo de trabajo es conocedor de los objetivos generales y específicos del proyecto, del procedimiento específico a seguir, así como de la utilización de cada equipo tecnológico utilizado en el protocolo de evaluación.

La realización de la toma de datos se realiza presencialmente en el espacio deportivo del municipio acordado previamente con el coordinador deportivo. El equipo investigador se desplaza con todo el equipamiento hasta el municipio en las fechas pactadas, y se procede a realizar de manera individual las pruebas y test a los participantes. Estas pruebas y test validados científicamente se llevan a cabo siguiendo un protocolo específico (ver Figura 12), comenzando por la recogida inicial de información de interés del participante; seguido de una evaluación de los hábitos nutricionales, concretamente, de la adherencia a la DM; una valoración antropométrica; y finalizando con pruebas específicas de condición física, tanto de fuerza en tren superior e inferior, como de resistencia. Todas las pruebas y test se realizan de manera individual, a excepción de la última prueba de condición física (test de carrera de ida y vuelta de 20m o *course navette*) la cual se realiza en grupo. Antes del comienzo del protocolo, cada participante debe de dar su consentimiento verbal, así como entregar el consentimiento informado debidamente firmado por sus padres,

madres o tutores legales. Además, si el participante sufre alguna patología o alguna lesión actual en el momento de la evaluación, debe de comunicarlo al investigador al inicio del protocolo de evaluación.

Fase final

Finalizada la recogida de datos presencialmente en el municipio, desde el laboratorio de investigación se procede a la descarga, organización y unificación de los resultados en *reports,* creando los informes individuales, así como la correspondiente base de datos para su posterior análisis. Este proceso final de informes se realiza con la ayuda de un *software* y plataforma digital específica desarrollada para este proyecto. Una vez que se tiene todo organizado, los informes se envían a imprenta y cuando se reciben, se organizan en carpetas y sobres para su entrega final a los participantes *(Anexo 2).* Este informe individualizado está compuesto inicialmente por: (1) una serie de instrucciones explicativas e información de las pruebas realizadas, así como de la interpretación de los datos y/o resultados que se van a encontrar; (2) los resultados estructurados de cada una de las pruebas y test realizados; (3) y finalmente, una serie de recomendaciones a nivel general para mantener un estilo de vida activo y saludable. Además, al final de cada informe, cada participante tiene su usuario y contraseña, para acceder a dicho *software* y poder visualizar los datos e informes de manera online y digital *(Anexo 3).*

Finalmente, dependiendo de cada municipio, se realiza un acto formal de entrega de informes a los participantes que han formado parte del proyecto, donde se invita a los familiares y amigos a la recogida de dicho informe. Además, se hace entrega de un informe global al área de deportes o concejalía de deportes, en el que se detalla un análisis global del estado físico-nutricional actual de los participantes de sus Escuelas Deportivas distribuido tanto por sexo como modalidad deportiva.

4.3 COMITÉ DE ÉTICA

La participación en el proyecto *Active Health Sportec* fue totalmente voluntaria y gratuita. Los padres, madres o tutores legales de los participantes fueron informados a través de los respectivos monitores, entrenadores y coordinador deportivo del proyecto, así como del

objetivo de la investigación, su procedimiento y el posible riesgo de lesión. Para poder realizar las pruebas y test, los participantes tuvieron que dar su consentimiento verbal, además de hacer entrega de un consentimiento informado debidamente firmado por sus padres, madres o tutores legales.

El proyecto en general, pero en particular, el protocolo de actuación y desarrollo utilizado para los estudios se realizó según la normativa española y siguiendo las consignas éticas establecidas en la Declaración de Helsinki en 1975 (revisada en Hong Kong en 1989 y Edimburgo en 2000). Dicho proyecto y protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Complejo Hospitalario de Toledo el 30/01/2020 (REF:508/17042020) *(Anexo 4).*

METODOLOGÍA

Tabla 3

Tabla resumen de la metodología utilizada en los diferentes artículos que componen esta Tesis Doctoral

Artículo	Diseño	Participantes		Variables	Análisis estadístico
I. Weight Status, Adherence to the Mediterranean Diet, and Physical Fitness in Spanish C hildren and Adolescents: The Active Health Study.	Transversal.	Un total de 1.676 niños y adolescentes de entre 6 y 17 años (11.11 ± 2.62 años). Del total de la muestra, un 46% (774 participantes) fueron clasificados como niños pre-púberes, y un 26% (431 participantes) como niños púberes. De igual manera, un 20% (335 participantes) fueron niñas pre-púberes y un 8% (135 participantes) niñas púberes. La recogida de datos se realizó durante los cursos académicos 2018-2019 y 2019-2020.		Estado de peso (a través del IMC, y en función de los valores de referencia de la OMS): normopeso, sobrepeso y obesidad. Condición Física: estadio y percentil del test de ida y vuelta de 20m; fuerza manual en kg y percentil obtenidos a través de la prueba de dinamometría manual; altura y percentil del salto vertical. Composición corporal: peso, altura, IMC, masa grasa, masa magra y masa grasa del tronco. Hábitos nutricionales: adherencia a la DM (alta, media y baja adherencia). Covariables: sexo y edad biológica.	En primer lugar, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de las variables. Para los análisis, la muestra se dividió por sexo (masculino y femenino) y estado madurativo (pre-púberes y púberes). Las cuatro submuestras fueron divididas a su vez en tres grupos en base a su estado de peso (normopeso, sobrepeso y obesidad) y en otros tres grupos en base a la adherencia a la DM (baja, media y alta). Se realizó un ANOVA (1 vía) para analizar las diferencias entre cada agrupación en cada una de las cuatro submuestras. Se tuvo en cuenta también el tamaño del efecto (Cohen's), así como el correspondiente análisis *post-hoc* de Bonferroni en los casos necesarios. Además, se realizaron análisis de regresión, en las diferentes variables: -Composición corporal y condición física con IMC y masa grasa. -Composición corporal y condición física con puntuación índice KIDMED.
II. Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population.	Transversal.	Un total de 1.198 niños y adolescentes de entre 6 y 17 años (875 chicos y 323 chicas). Del total de la muestra, 527 participantes fueron clasificados como niños pre-púberes, y 348 participantes como niños púberes. De igual manera, 230 participantes fueron niñas pre-púberes y 93 participantes, niñas púberes. La recogida de datos se realizó durante los cursos académicos 2018-2019 y 2019-2020.		Condición Física: estadio y percentil del test de ida y vuelta de 20m; fuerza manual en kg y percentil obtenidos a través de la prueba de dinamometría manual; altura y percentil del salto vertical; variables respiratorias obtenidas a través de una espirometría forzada. Composición corporal: peso, altura, IMC, masa grasa y masa muscular. Hábitos nutricionales: adherencia a la DM (alta, media y baja adherencia). Covariables: sexo, edad cronológica y edad biológica.	Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y los test U-Mann-Whitney test y Kruskal-Wallis H test para comparar las variables de condición física entre los estados puberales grupos en base a la adherencia a la DM (baja, media y alta), utilizando el Dunn–Bonferroni test como prueba *post-hoc*. Se calculó el tamaño del efecto (Cohen's). Además, se realizaron análisis de regresión lineal para relacionar las variables de condición física y el resultado del índice KIDMED.

METODOLOGÍA

III. Differences in Body Composition and Physical Fitness Parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: The Active Health Study.	Transversal.	Un total de 1.682 niños y adolescentes (72% niños y 28% niñas) de entre 6 y 17 años (11.22 ± 2.64 años). Del total de la muestra, 792 participantes fueron clasificados como niños pre-púberes, y 419 participantes como niños púberes. De igual manera, 348 participantes fueron niñas pre-púberes y 123 participantes, niñas púberes. La recogida de datos se realizó durante los cursos académicos 2018-2019, 2019-2020 y 2020-2021.		Condición Física: estadio y percentil del test de ida y vuelta de 20m; fuerza manual en kg y percentil obtenidos a través de la prueba de dinamometría manual; altura y percentil del salto vertical. Composición corporal: peso, altura, IMC, masa grasa y masa muscular. Covariables: sexo, edad cronológica y edad biológica.	En primer lugar, se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de las variables. Seguidamente, se realizó un ANOVA (2 vías) por sexo (masculino y femenino) y estado madurativo (pre-púberes y púberes) y el correspondiente análisis *post-hoc* de Bonferroni en los casos necesarios. Además, se realizaron análisis estadísticos de correlación, donde se tuvo en cuenta las puntuaciones Z.
IV. Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage.	Transversal.	Un total de 194 niños y adolescentes de entre 8 y 16 años (12 ± 2 años). Del total de la muestra, 127 participantes fueron clasificados como niños pre-púberes, y 67 participantes como niños púberes. Los participantes pertenecían a tres Escuelas Deportivas de fútbol diferentes municipios. La recogida de datos se realizó durante el curso académico 2018-2019.		Condición Física: estadio y percentil del test de ida y vuelta de 20m; fuerza manual en kg y percentil obtenidos a través de la prueba de dinamometría manual; variables respiratorias obtenidas a través de una espirometría forzada. Composición corporal: peso, altura, IMC, masa grasa y masa muscular del tren superior e inferior. Hábitos nutricionales: adherencia a la DM (alta, media y baja adherencia). Covariables: edad cronológica y edad biológica.	Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de las variables. Seguidamente, se realizó un ANOVA (2 vías) por sexo (masculino y femenino) y percentil de fitness cardiorrespiratorio (<P75 y ≥P75). En los casos necesarios se realizó el correspondiente análisis *post-hoc* de Bonferroni, así como el tamaño del efecto (Cohen's).
V. Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021.	Transversal.	Un total de 2.256 niños y adolescentes (1.558 niños y 698 niñas) de entre 5 y 18 años (10.99 ± 2.70 años). La recogida de datos se realizó durante los años 2018, 2019, 2020 y 2021.		Estado de peso (a través del IMC, y en función de los valores de referencia de la OMS): peso normal, sobrepeso y obesidad. Condición Física: estadio, VO2 max y percentil del test de ida y vuelta de 20m; fuerza manual en kg y percentil obtenidos a través de la prueba de dinamometría manual; altura y percentil del salto vertical. Composición corporal: peso, altura, IMC, masa grasa y masa muscular del tren superior e inferior, masa muscular esquelética apendicular, relación músculo-grasa (MFR). Relación fuerza de prensión manual-IMC. Covariables: sexo y edad cronológica.	Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov de las variables. Seguidamente, se realizó un ANOVA (1 vía) así como el correspondiente análisis post-hoc de Bonferroni para comparar las variables de condición física entre el estado de peso en base al IMC. También se analizó la correlación entre las variables de MFR, la relación fuerza de prensión manual-IMC y la condición física.

METODOLOGÍA

Table 3

Summary table of the methodology used in the different papers that comprises this Doctoral Thesis

Artículo	Design	Participants		Variables	Statistical analyses
I. Weight Status, Adherence to the Mediterranean Diet, and Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents: The Active Health Study.	Cross-sectional.	A total of 1.676 children and adolescents aged 6-17 years (11.11 ± 2.62 years). Of the total sample, 46% (774 participants) were classified as pre-pubertal boys, and 26% (431 participants) as pubertal boys. Similarly, 20% (335 participants) were pre-pubertal girls and 8% (135 participants) were pubertal girls. Data collection was conducted during the academic years 2018-2019 and 2019-2020.		Weight status (through BMI, and according to WHO reference values): normoweight, overweight and obesity. Physical fitness: stage and percentile of the 20m shuttle run test; muscular strength in kg and percentile obtained through the handgrip strength; height and percentile of the vertical jump. Body composition: weight, height, BMI, fat mass, lean mass and trunk fat mass. Nutritional habits: adherence to MD (high, medium and low adherence). Covariates: sex and biological age.	First, the Kolmogorov-Smirnov test of the variables was performed. For the analyses, the sample was divided by sex (boys and girls) and maturity status (pre-pubertal and pubertal). The four subsamples were further divided into three groups based on weight status (normoweight, overweight and obese) and into three groups based on adherence to MD (low, medium and high). A one-way ANOVA was performed to analyse the differences between each group in each of the four subsamples. Effect size (Cohen's) was also taken into account, as well as the corresponding Bonferroni post-hoc analysis where necessary. In addition, regression analyses were performed on the different variables: -Body composition and physical fitness with BMI and fat mass. -Body composition and physical fitness with KIDMED index score.
II. Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population.	Cross-sectional.	A total of 1.198 children and adolescents aged 6-17 years (875 boys and 323 girls). Of the total sample, 527 participants were classified as pre-pubertal boys, and 348 participants were classified as pubertal boys. Similarly, 230 participants were pre-pubertal girls, and 93 participants were pubertal girls. Data collection was conducted during the academic years 2018-2019 and 2019-2020.		Physical fitness: stage and percentile of the 20 mSRT test; muscular strength in kg and percentile obtained through the handgrip strength; height and percentile of the vertical jump; respiratory variables obtained through forced spirometry. Body composition: weight, height, BMI, fat mass and muscle mass. Nutritional habits: adherence to MD (high, medium and low adherence). Covariates: sex, chronological age and biological age.	The Kolmogorov-Smirnov test and the U-Mann-Whitney test and Kruskal-Wallis H test were performed to compare physical fitness variables between maturity status groups based on adherence to MD (low, medium, high), using the Dunn-Bonferroni tests as a post-hoc test. Effect sizes (Cohen's) were calculated. In addition, linear regression analyses were performed to relate the physical fitness variables and the KIDMED index score.

METODOLOGÍA

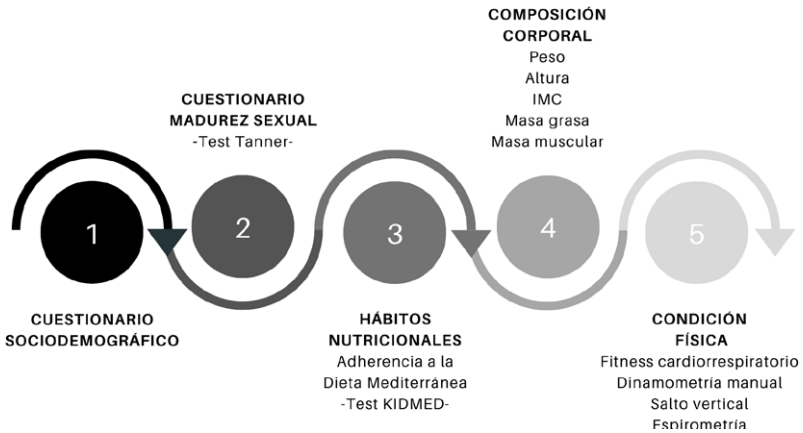
III. Differences in Body Composition and Physical Fitness Parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: The Active Health Study.	Cross-sectional.	A total of 1.682 children and adolescents (72% boys and 28% girls) aged 6-17 years (11.22 ± 2.64 years). Of the total sample, 792 participants were classified as pre-pubertal boys, and 419 participants were classified as pubertal boys. Similarly, 348 participants were pre-pubertal girls, and 123 participants were pubertal girls. Data collection was carried out during the academic years 2018-2019, 2019-2020 y 2020-2021.		Physical fitness: stage and percentile of the 20 mSRT test; muscular strength in kg and percentile obtained through the handgrip strength; height and percentile of the vertical jump. Body composition: weight, height, BMI, fat mass and muscle mass. Covariates: sex, chronological age and biological age.	First, the Kolmogorov-Smirnov test was performed on the variables. Next, a two-way ANOVA was performed by sex (boys and girls) and maturity status (pre-pubertal and pubertal) and the corresponding Bonferroni post-hoc analysis where necessary. In addition, statistical correlation analyses were performed, where Z-scores were taken into account.
IV. Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage.	Cross-sectional.	A total of 194 children and adolescents aged 8-16 years (12 ± 2 years). Of the total sample, 127 participants were classified as pre-pubertal, and 67 participants as pubertal. Participants were from three different football sports schools. Data collection was conducted during the 2018-2019 academic year.		Physical fitness: stage and percentile of the 20 mSRT test; muscular strength in kg and percentile obtained through the handgrip strength; respiratory variables obtained through forced spirometry. Body composition: weight, height, BMI, fat mass and muscle mass of upper and lower body. Nutritional habits: adherence to the MD (high, medium and low adherence). Covariates: chronological age and biological age.	The Kolmogorov-Smirnov test was performed on the variables. Then, a two-way ANOVA by sex (boys and girls) and cardiorespiratory fitness percentile (<P75 and ≥P75) were performed. In addition, the corresponding Bonferroni post-hoc analysis was completed where necessary as well as the effect size (Cohen's).
V. Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021.	Cross-sectional.	A total of 2.256 children and adolescents (1558 boys and 698 girls) aged 5-18 years (10.99 ± 2.70 years). Data collection was conducted during 2018, 2019, 2020 and 2021.		Weight status (through BMI, and according to WHO reference values): normal weight, overweight and obesity. Physical fitness: stage and percentile of the 20 mSRT test; muscular strength in kg and percentile obtained through the handgrip strength; height and percentile of the vertical jump. Body composition: weight, height, BMI, fat mass and muscle mass of upper and lower body, appendicular skeletal muscle mass and muscle-fat-ratio (MFR). Grip strength-to-BMI ratio. Covariates: sex and chronological age.	The Kolmogorov-Smirnov test was performed on the variables. Subsequently, a one-way ANOVA and the corresponding Bonferroni post-hoc analysis were performed to compare the fitness variables between weight status based on BMI. The correlation between MFR and strength-to-BMI variables and physical fitness was also analyzed.

4 .4 MÉTODOS DE MEDIDA

Todas las publicaciones científicas que conforman el presente trabajo de investigación siguieron el mismo procedimiento y metodología (ver Figura 12) para la recogida de datos de las correspondientes variables analizadas. A continuación, se explica con más detalle, cada una de las pruebas y test que se llevaron a cabo:

Figura 12

Resumen del protocolo de pruebas y test de evaluación



Nota. Elaboración propia.

4.4.1.Cuestionario sociodemográfico

En primer lugar, mediante una entrevista de manera individual entre el investigador y el participante y con la utilización de un cuestionario sociodemográfico *(Anexo 5),* se recogió previamente diversa información de interés sobre el participante. Para garantizar el anonimato de cada participante, se le asignó un código específico con el cual se trabajó para el análisis de los datos. Seguidamente, se procedió a registrar y anotar la información más relevante del participante en relación con la práctica deportiva, tiempo sedentario, antropometría y condición física.

4.4.2 Cuestionario estado madurativo

Tras la realización del cuestionario sociodemográfico, se procedió a determinar el grado de madurez sexual de los participantes de manera individual. Para ello, se utilizó la herramienta del Test de Tanner diseñada por Marshall y Tanner (Marshall & Tanner, 1969; Marshall & Tanner, 1970). Este cuestionario de autoevaluación está formado por una serie de dibujos ilustrativos que representan el grado de desarrollo de los senos y la pilosidad púbica con cinco escalas diferentes para ambos sexos. Los participantes tenían que marcar la casilla de aquella ilustración que más les representara. En base a la respuesta marcada y siguiendo la Escala de Tanner, los participantes fueron categorizados como pre-púberes (grado I) o púberes (grado II y III).

4.4.3 Hábitos nutricionales: adherencia a la dieta Mediterránea

Los hábitos nutricionales, concretamente, el patrón alimentario Mediterráneo de los participantes fue evaluado a través del cuestionario de adherencia a la DM (test KIDMED) (Serra-Majem et al., 2004). Este instrumento consta de 16 preguntas dicotómicas (SI/NO), donde la respuesta afirmativa a 12 de ellas supone mayor adherencia a la DM y la respuesta positiva a las 4 preguntas restantes supone menor adherencia *(Anexo 6).* Las preguntas que representan un aspecto positivo en relación con la DM valen +1 punto, mientras que las respuestas afirmativas en las preguntas que representan una connotación negativa en relación con la DM, valen -1 punto. Las respuestas negativas no puntúan (0 puntos). Una vez se hace el recuento de la puntuación, el índice KIDMED oscila entre 0 y 12, siendo la interpretación:

- Si obtiene más de 7 puntos: adherencia óptima a la DM.
- De 4 a 7 puntos: necesidad de mejorar el patrón alimentario para adecuarlo al patrón Mediterráneo.
- Si obtiene 3 o menos puntos: dieta de muy baja calidad.

4.4.4 Composición corporal

Los diferentes parámetros de composición corporal se midieron antes de la realización de las pruebas y test de condición física. Todas las mediciones se realizaron con ropa y descalzos. En primer lugar, la altura se evaluó por medio de un tallímetro SECA (modelo 213; Seca

& CO, KG, Hamburgo, Alemania; precisión de 0,1cm; rango 85-200cm). Para determinar los demás parámetros de composición corporal, se realizó un análisis de BIA a través de un analizador segmentario portátil de composición corporal multifrecuencia (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokio, Japón). El peso (kg), el índice de masa grasa (kg y %), índice de masa libre de grasa (kg y %), masa muscular (kg y %), masa muscular esquelética apendicular, así como el IMC (kg/m^2) fueron calculados. La utilización de BIA ha demostrado ser válida y reproducible como una técnica de bajo coste, facilidad y de gran utilidad para el diagnóstico y seguimiento de los parámetros de composición corporal en niños y adolescentes (de Castro et al., 2018; Kyle et al., 2015; Thivel et al., 2018).

4.4.5 Condición física

Para el análisis y medición de las variables relacionadas con la condición física saludable de los participantes, se utilizó una versión adaptada de la batería ALPHA fitness test, la cual es válida, factible, fiable y segura para la evaluación en niños y adolescentes (Ruiz et al., 2011):

El ***fitness cardiorrespiratorio*** **o la capacidad cardiorrespiratoria** fue evaluada para determinar la potencia aeróbica máxima de los participantes a través del test de carrera de 20 metros de ida y vuelta, realizándose en gran grupo como prueba final de evaluación (ver Figura 13). Los participantes debían correr entre dos líneas situadas a 20 metros de distancia, al ritmo de los pitidos marcados por un altavoz. La velocidad inicial era de 8.5 $km \cdot h^{-1}$ incrementándose en intervalos de 0.5 $km \cdot h^{-1}$ cada 1 minuto hasta llegar al agotamiento voluntario. El test finalizó cuando el participante se detuvo debido a la fatiga, o cuando no llegó a la línea correspondiente en dos ocasiones consecutivas. Para una mayor motivación a la hora de la prueba, los participantes fueron constantemente animados durante el transcurso de la prueba (Esteban-Cornejo et al., 2014). Para la puntuación final, se contabilizó el número de periodos completados. Con este resultado y a través de la ecuación específica de Lèger (Leger et al., 1988) se puede transformar y estimar el consumo máximo de oxígeno del participante (VO2Max, mL/kg/min).

Figura 13

Test de carrera de ida y vuelta 20m (20m shuttle run test)

La **aptitud musculoesquelética**, es decir, la fuerza y resistencia muscular tanto del tren superior como inferior, se evaluó mediante la prueba de prensión manual y del salto vertical. Para la prueba de prensión manual, se usó un dinamómetro con un agarre ajustable (TKK 5101 Grip D; Takey, Tokyo, Japan) (España-Romero et al., 2010; Ruiz et al., 2006). Los participantes en posición de extensión completa del codo debían de realizar una fuerza máxima continua sobre el dinamómetro durante al menos 2 segundos (ver Figura 14). El test se realizó dos veces alternativamente para cada mano, con 30 segundos de recuperación entre ellos, registrándose la máxima puntuación en kilogramos de ambas manos.

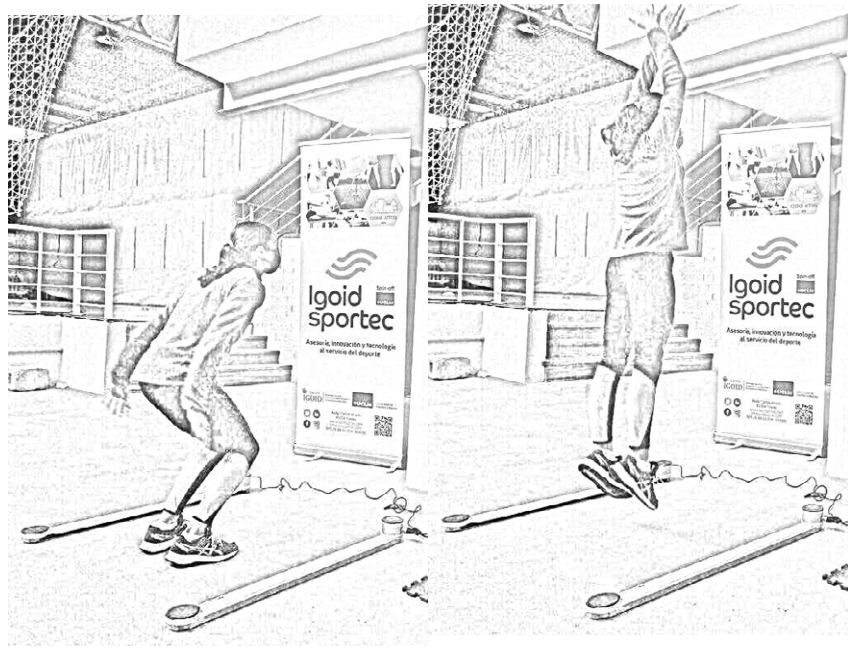
Figura 14

Test de dinamometría manual

Por otro lado, para evaluar la potencia muscular del tren inferior, se realizó una prueba de salto vertical, permitiendo un balanceo libre de los brazos. Los participantes situados de pie, con el peso distribuido uniformemente sobre ambos pies, se agacharon hasta doblar las rodillas aproximadamente un ángulo de 90º y con la ayuda del balanceo de los brazos, debían de saltar lo más alto posible (ver Figura 15). Se les permitió tres intentos con 1 minuto de recuperación entre cada intento. Para la medición del tiempo de vuelo, es decir, la duración entre el despegue y el aterrizaje, se utilizó dos barras paralelas con células fotoeléctricas (Optojump, Microgate, Bolzano, Italia). La altura del salto se registró en centímetros y se calcula con una precisión de 0,1 cm. Esta prueba es fiable y válida para evaluar la fuerza muscular de la parte inferior del cuerpo en la población joven (Fernandez-Santos et al., 2015).

Figura 15

Test de salto vertical



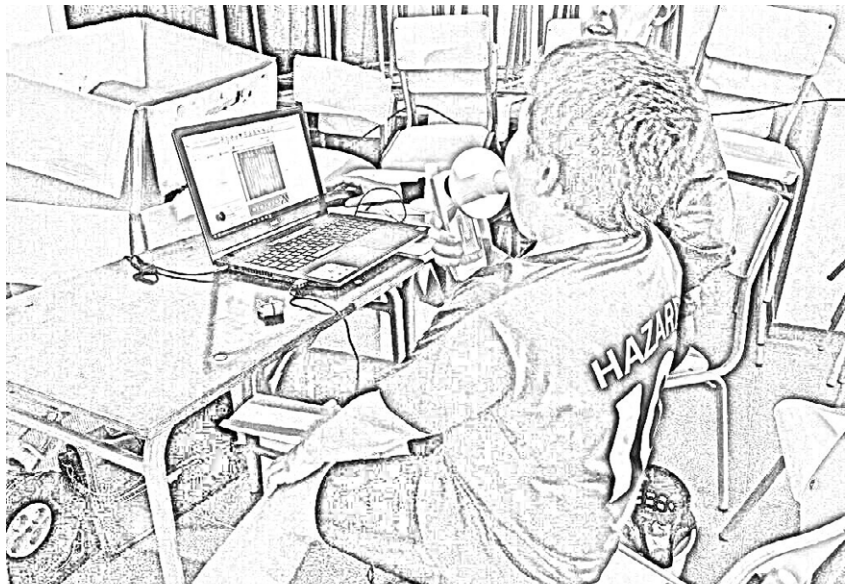
Para estandarizar los resultados de ambas pruebas de aptitud musculoesquelética se utilizaron valores de percentiles basados en la edad cronológica y el sexo (Castro-Piñero et al., 2009; Gulías-González et al., 2014).

Finalmente, junto con las anteriores pruebas y test, en el **estudio II y IV**, se incluyó una valoración de la capacidad respiratoria a través de una espirometría forzada. Esta prueba consiste en un test fisiológico que valora cómo un sujeto inhala o exhala volúmenes de aire en función del tiempo (Miller et al., 2005). Con la utilización de un espirómetro (MIR Spirobank II SMART, Rome, Italy) cada participante realizó una inspiración máxima, no más de dos segundos de apnea, y una espiración máxima hasta que no quedara aire en los pulmones (ver Figura 16). Se realizaron dos mediciones para cada participante, teniendo en cuenta la mejor medición para los análisis correspondientes. Entre las

variables más importantes de esta prueba se encuentran la capacidad vital forzada (FVC, volumen suministrado durante una espiración realizada lo más fuerte y completamente posible partiendo de una inspiración completa), y el volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1, volumen suministrado en el primer segundo de una maniobra de capacidad vital forzada) (Miller et al., 2005). Sin embargo, en los análisis estadísticos también se tuvieron en cuenta otras variables relacionadas, como el flujo espiratorio máximo alcanzado a partir de una espiración forzada máxima (PEF) o el flujo espiratorio forzado medio entre el 25% y el 75% de la FVC (FEF25–75%).

Figura 16

Test de espirometría forzada



AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

5

RESULTADOS
[RESULTS]

RESULTADOS

RESULTADOS

Los resultados de la presente Tesis Doctoral se muestran en forma de artículos científicos que han sido previamente publicados en revistas científicas internacionales, aceptados para publicación o sometidos a revisión. A continuación, aparecen anexados siguiendo el formato en el cual han sido publicados o enviados para su revisión.

ARTÍCULO I
[PAPER 1]

nutrients

MDPI

Article

Weight Status, Adherence to the Mediterranean Diet, and Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents: The Active Health Study

Samuel Manzano-Carrasco [1], Jose Luis Felipe [2,*], Javier Sanchez-Sanchez [2], Antonio Hernandez-Martin [1], Leonor Gallardo [1] and Jorge Garcia-Unanue [1]

[1] Faculty of Sport Sciences, University of Castilla-La Mancha, 45004 Toledo, Spain; Samuel.Manzano@uclm.es (S.M.-C.); Antonio.HMartinSan@uclm.es (A.H.-M.); Leonor.Gallardo@uclm.es (L.G.); Jorge.GarciaUnanue@uclm.es (J.G.-U.)
[2] School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, 28670 Madrid, Spain; javier.sanchez2@universidadeuropea.es
* Correspondence: joseluis.felipe@universidadeuropea.es; Tel.: +34-912-115-364

Received: 11 May 2020; Accepted: 1 June 2020; Published: 4 June 2020

check for updates

Abstract: The aim of this study was to analyze the differences in body composition and physical fitness according to the weight status (normoweight, overweight and obese) and the level of adherence to the Mediterranean diet (MD; low, medium or high), in physically active children and adolescents. Furthermore, this study also analyzed the relationship between body composition and physical fitness with Body Mass Index (BMI), fat mass and the level of adherence to the MD. In total, 1676 participants aged 6–17 from different municipal sports schools participated in this cross-sectional study. Data on adherence to the MD (a KIDMED questionnaire), anthropometric measurements, body composition and physical fitness parameters (the 20-m shuttle run test and muscular strength) were collected. A total of 43.5% of the sample were presented as overweight and obese, and only 35.7% had high or optimal adherence to the MD. The results revealed that a normoweight status was associated with greater cardiorespiratory fitness ($p < 0.05$; ES: 0.50 to 0.67) and lower-body muscular strength ($p < 0.05$; ES: 0.58 to 1.10). The overweight group showed more significant results than the other groups in handgrip strength ($p < 0.01$). Greater adherence to the MD in this population indicated better physical fitness, but only in boys. It is concluded that normoweight status and optimal adherence to the MD in children and adolescents are associated with health benefits, which are significant in the body composition and the effect on physical fitness.

Keywords: nutrition; health; physical activity; lifestyle; obesity; sedentary lifestyle

1. Introduction

The prevalence of overweightness and obesity in children and adolescents is a global public health problem [1,2]. In 2016, a total of 213 million people in this population were overweight, and the global rates of obesity in children and adolescents from 5 to 19 years of age have multiplied by 10 times worldwide. In 2022, there will be more children and adolescents with obesity than those who are underweight [3]. This epidemic represents a significant threat to public healthcare (i.e., associated healthcare costs) and, after several decades of fighting it, one of the greatest public health challenges of the twenty-first century remains the struggle against the increase in obesity in this population [4], with the additional problem of maintaining increasing rate trends in the future [5].

Currently, obesity is one of the most serious non-communicable diseases (NCDs), classified as a chronic disease of a multifactorial origin [3]. These NCDs are the result of a combination of different factors, physiological, environmental, genetic and, behavioral, showing to be long-lasting over time [6].

The clinical manifestations of NCDs generally appear during adulthood; however, they usually start to develop at an early age [7]. Thereby, childhood and adolescence are key stages in the acquisition and establishment of lifestyle habits and a significant number of physiological and psychological changes that will take place during adulthood [8]. In these periods of life, several factors influence health status, such as dietary patterns and the daily practice of physical activity. Both factors are fundamental to maintaining a healthy lifestyle, which allows us to acquire healthy eating habits and an adequate level of physical fitness that will be the determinants of present and future health [9,10]. Therefore, at these ages it is fundamental to adopt these habits since they can be essential to prevent NCDs and can be as a predictor of health and subsequent morbidity and mortality [11].

Public health organizations seek to promote and develop healthy habits (i.e., daily physical activity, active commuting, a balanced diet, etc.) among children and adolescents, as they are key aspects for the prevention of obesity [12]. However, more than 80% of adolescents do not comply with the 60 daily minutes of moderate-to-vigorous intensity physical activity practice as recommended by the World Health Organization (WHO), with sedentarism and physical inactivity being the two major determining factors of lifestyle and health in children and adolescents [13]. In this sense, physical activity and healthy dietary habits are essential for greater health-related quality of life and physical fitness. The main factors of physical fitness (cardiorespiratory fitness, flexibility and muscular fitness) along with body composition are shown to be directly associated with improving health [14]. Besides, physical fitness is generally recognized as a powerful marker of health-related outcomes in both childhood and adulthood and a key determinant of current and future health status [9]. Thereby, high levels of physical activity and physical fitness in youth populations are considered fundamental elements for the maintenance of well-being and health, as well as a decrease in the risk of developing NCDs [15]. Conversely, low levels of physical fitness and insufficient physical activity in this population are associated with NCD risk factors for obesity even at young ages [16] and can persist into adulthood [17]. Therefore, the control and assessment of physical fitness in all populations are essential to detect and determine different public health policies for this age group.

In terms of eating habits, a higher prevalence of obesity is associated with inadequate nutrition in children and adolescents [18]. There are some useful questionnaires for evaluating eating behaviors in the general population and in the youth population (i.e., the Three-Factor Eating Questionnaire, the Children's Eating Habits Questionnaire, etc.) [19,20]. However, more recently, instruments have been designed to evaluate the adherence to specific healthy eating patterns in this population, such as the Mediterranean diet (MD) [21], that are considered an essential type of diet for preventing and reducing obesity at this age [22]. The KIDMED score (Mediterranean Diet Quality Index) developed by Serra-Majem et al. [23] is a nutritional index that evaluates adherence to the MD and the quality of diet in children and adolescents. This type of diet is traditionally the one with the highest percentage of adherence in Spain [24] and coexist with other lesser-known dietary patterns such as the Atlantic diet in north-western Spain [25]. The MD is based on the low consumption of meat products; a moderate intake of milk, cheese and yogurt; a moderate to high intake and high intake of olive oil and fish; and a high intake of vegetables, fruits, legumes and unrefined cereals [26]. Nevertheless, the principles of the MD and the nutritional recommendations are not complied or followed by adolescents living in North America, Europe, or Oceania [27]. In recent years, the Mediterranean region has undergone a transition towards a more westernized diet, where there is a higher consumption of processed foods and animal products and a lower intake of plant-based food than has been recommended among the various Mediterranean countries [28]. Previous studies [29–32] have shown that greater adherence to the MD reportedly reduces the risk of metabolic syndrome, cardiovascular diseases, type II diabetes mellitus, neoplastic disease and overall mortality, and increases life expectancy. Given the importance of a healthy and balanced diet, together with an adequate level of physical fitness to prevent obesity and improve the health-related quality of life in this population, studies that address this issue are necessary and solutions or strategies must be proposed.

Therefore, the aim of this study was to analyze the differences in body composition and physical fitness according to the weight status (normoweight, overweight and obese) and the level of adherence to the MD (low, medium or high) in physically active children and adolescents. Furthermore, this study also analyzed the relationship between body composition and physical fitness with Body Mass Index (BMI), fat mass and the level of adherence to the MD.

2. Materials and Methods

2.1. Design and Participants

A cross-sectional and quantitative study was conducted with athletes who practice any sport modality at least two days a week for one hour, aged 6–17 years old (11.11 ± 2.62 years; 44.48 ± 15.25 kg; 147.51 ± 15.85 cm), during the 2018–2019 academic year from different municipal sports schools in Castilla-La Mancha (a central region of Spain). All athletes in the selected sports academies were invited to the study. The participants and their parents or legal guardians were previously informed through a document about the purpose of the study and the nature of the tests that would be performed, and an informed consent must have been signed prior to the tests.

The final study population was formed of 1676 children and adolescents and divided into four subsamples as a function of sex and pubertal status. For the pubertal status, given the importance of maturity in this population [33], a Marshall and Tanner test [34] was conducted (stage I was categorized as prepubertal and stage II and III as pubertal). The final four subsamples were formed by 774 prepubertal boys (46.18% of the study population), 432 pubertal boys (25.78% of the study population), 335 prepubertal girls (19.99% of the study population), and 135 pubertal girls (8.05% of the study population). The participants were evaluated individually once before a training session. The tests lasted between 60 and 90 min and were carried out in groups of 12 to 14 athletes.

This research was carried out in compliance with the standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision, Brazil) and following the guidelines of the European Community for Good Clinical Practice (111/3976/88 July 1990), as well as the Spanish legal framework for clinical research on humans (Royal Decree 561/1993 in clinical trials). The project was approved by the Bioethics Committee for Clinical Research of the Virgen de la Salud Hospital in Toledo and by the supervisors of the University of Castilla-La Mancha (Ref.: 508/17042020).

2.2. Procedures and Variables

2.2.1. Weight Status Classification

Each of the four subsamples was divided into three groups based on their weight status, calculated using the BMI tables of the WHO for the international growth standards for school-aged children and adolescents [35]. The BMI was calculated with the weight (kg) divided by the squared height (in meters). Normoweight, overweight and obese were defined on the basis of a sex-specific z-score relative to the WHO BMI-for-age reference (i.e., BMI-for-age z-scores > + 1SD is classified as overweight, equivalent to BMI 25 kg/m^2 at 19 years; and > + 2SD as obese, equivalent to BMI 30 kg/m^2 at 19 years) [35].

2.2.2. Level of Adherence to the Mediterranean Diet Classification

Each of the four sub-samples were also divided into three groups based on the level of adherence to the MD, classified by KIDMED questionnaire. This instrument has been created and validated for the same population by Serra-Majem et al. in the enKid study [23,36] in which a quantitative 169-item food-frequency questionnaire was administered to obtain a database to compare and validate KIDMED scores. More recently, this instrument has also been validated by the comparison with objective measures [37,38].

This instrument was designed specifically for youth and adolescent populations and is the most widely used tool to assess adherence to the MD according to various systematic reviews [27,39], which

allows for obtaining a highly developed contextual framework to interpret the results. KIDMED consists of 16 items: 12 items represent a positive score for the adherence to the MD, and the remaining 4 items represent a negative score [23]. A positive answer to a question that involves greater adherence to the diet is worth +1 point (Q1–Q5, Q7–Q11, Q13 and Q15). A positive answer to a question that means less adherence to the diet is worth −1 point (Q6, Q12, Q14 and Q16). Negative answers do not score (a value of 0 is noted). The KIDMED score is the sum of all the scores and ranges from −4 to 12 points (minimum to maximum adherence to the MD). Furthermore, in addition to the KIDMED score, the main objective of this instrument is to classify the participants into three levels of adherence to the MD: low (≤ 3 points), medium or moderate (4–7 points), and high or optimal (≥8 points) [23].

2.2.3. Body Composition Variables

Each participant performed an anthropometric evaluation at a 5-min interval with a protocol according to previous investigations [40]. A portable segmental analyzer of multifrequency body composition (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokyo, Japan) was used to measure weight (kg), total fat mass (kg and %), total lean mass (kg and %), and trunk fat mass (kg and %). Height (cm) was measured with a height rod (Seca 214, Hamburg, Germany).

2.2.4. Physical Fitness

The different parameters of physical fitness were assessed using a modified version of the extended Assessing Levels of Physical Activity (ALPHA) health-related fitness battery for children and adolescents [41]. The components are described as follows.

Cardiorespiratory Fitness

Cardiorespiratory fitness was measured using the Course–Navette test (20-m shuttle run test [20 mSRT]). In this test, the participants run in a straight line between two lines distanced 20 m apart, while keeping pace with the acoustic signals from a speakerphone audio player [42]. The initial speed is 8.5 km h^{-1}, which is increased by 0.5 km h^{-1} each min [43]. The test is finished when the participant does not reach the line before the audio signal on two occasions or when the participant must stop because of fatigue. Therefore, the results were recorded in stages of 1 min duration. This test was performed last so that fatigue did not interfere with the normal development of the other tests, and the participants performed the test once. The results of the test were also standardized using the values of percentiles (pc) according to age and sex [44,45].

Muscular Fitness

Handgrip strength with hand dynamometer with adjustable grip (TKK 5001 Grip A; Tokyo, Japan) was used to evaluate upper-body muscular strength. Participants had to close their hands with maximum force continuously for 2 s with the elbow position in full extension. The test was repeated twice (right hand and left hand alternately). The best score from the dominant hand for each participant was taken to the nearest 1 g and recorded as kg [41]. On the other hand, a countermovement jumps test (CMJ) with arm swing was performed to evaluate lower-body muscular strength [46]. The height was calculated to the nearest 0.1 cm by photoelectric cells consisting of two parallel bars (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy) and recorded as cm, which measure flight time taken as the duration between take-off and landing. The participants completed three attempts with 1 min of recovery and were instructed to jump as high as possible with a rapid, preparatory downward eccentric action, while the arms were freely able to be moved. The results of the handgrip strength and CMJ were also standardized using the values of percentiles (pc) according to age and sex [44,45].

2.3. Statistical Analysis

Data were presented as means ± standard deviations. A Kolmogorov–Smirnov distribution test was performed to confirm a normal distribution of the variables. Firstly, the four subsamples (prepubertal boys, pubertal boys, prepubertal girls and pubertal girls) were classified into three groups based on weight status (normoweight, overweight, and obese) and three groups based on the level of adherence to the MD (low, medium or high). A one-way ANOVA was used to evaluate the differences between the three groups of each classification. The post-hoc analysis was adjusted by the Bonferroni method. The test was replicated individually in the four subsamples. All body composition variables and physical fitness parameters were used as dependent variables. Furthermore, effect sizes (Cohen's d, ES) were calculated and defined as follows: trivial, < 0.19; small, 0.2–0.49; medium, 0.5–0.79; large, > 0.8. All data were statistically analyzed using SPSS V24.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Finally, several regression estimations were performed to analyze the relationship between body composition variables, physical fitness parameters and KIDMED score (−4 to 12) with BMI (kg/m^2) and fat mass (%), and the relationship between body composition and physical fitness with KIDMED score (−4 to 12). To avoid multicollinearity problems, only the main body composition and physical fitness variables were used: 20 mSRT (stages), handgrip (kg) and CMJ (cm). All models were also controlled by sex, pubertal status and age. The regression did not present normality problems. Moreover, the Variance Inflation Factor (VIF) did not report any multicollinearity problems. However, a robust standard error must be used because of the presence of heteroscedasticity. Coefficients were reported as non-standardized and as beta standardized. The level of significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

3.1. Differences in Body Composition and Physical Fitness between Weight Status Groups

After the classification based on the WHO BMI-for-age reference, 56.6% of the sample (n = 947) were classified as normoweight, 26.6% (n = 445) as overweight, and 16.9% (n = 284) as obese. The percentage of the sample with different weight classifications as a function of sex and pubertal status is shown in Figure 1.

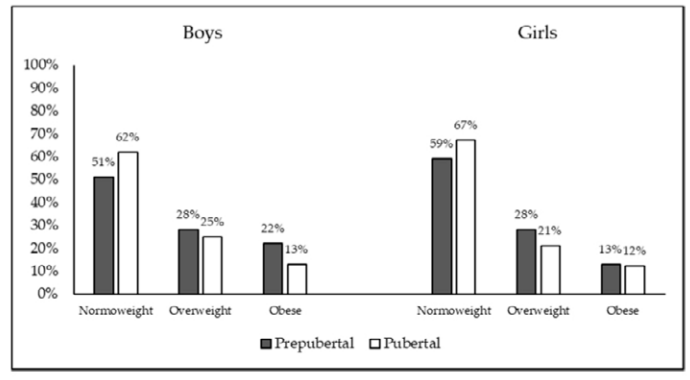


Figure 1. Percentage of the sample with different weight classifications as a function of sex and pubertal status.

Table 1 shows the differences between the three weight status groups in body composition and physical fitness, separated by sex and age status (the four subsamples: prepubertal boys, pubertal boys, prepubertal girls, and pubertal girls). Significant differences in all body composition variables were found in the four subsamples. The obese group showed higher body mass, BMI fat mass (kg and %) and trunk fat mass (kg and %), and less lean mass (%) than the overweight group ($p < 0.001$; ES: 0.40 to

2.80), and higher body mass, BMI fat mass (kg and %) and trunk fat mass (kg and %), and less lean mass (kg and %) than the normoweight group ($p < 0.001$; ES: 0.72 to 5.05). Furthermore, the overweight group showed higher body mass, BMI fat mass (kg and %) and trunk fat mass (kg and %), and less lean mass (kg and %) than the normoweight group ($p < 0.001$; ES: 0.72 to 2.90).

Table 1. Differences in body composition, physical fitness parameters and KIDMED scores among weight status groups.

	Boys											
	Prepubertal						Pubertal					
	Normoweight		Overweight		Obese		Normoweight		Overweight		Obese	
Body mass	32.48 ± 7.37 [bc]		41.12 ± 9.23 [c]		50.56 ± 12.28		51.71 ± 8.66 [bc]		67.29 ± 10.20 [c]		78.45 ± 11.61	
BMI (kg/m^2)	16.66 ± 1.42 [bc]		19.95 ± 1.54 [c]		24.28 ± 3.00		19.11 ± 1.68 [bc]		23.69 ± 1.47 [c]		28.72 ± 2.12	
Fat mass (kg)	6.25 ± 1.85 [bc]		10.20 ± 2.91 [c]		16.86 ± 6.47		9.01 ± 2.41 [bc]		15.85 ± 3.66 [c]		25.20 ± 5.66	
Fat mass (%)	19.16 ± 3.12 [bc]		24.67 ± 3.43 [c]		32.55 ± 6.11		17.32 ± 3.20 [bc]		23.55 ± 4.10 [c]		32.21 ± 5.70	
Lean mass (kg)	24.79 ± 5.69 [bc]		29.24 ± 6.63 [c]		31.96 ± 6.84		40.50 ± 6.70 [bc]		48.83 ± 7.78		50.55 ± 8.84	
Lean mass (%)	76.37 ± 2.92 [bc]		71.25 ± 3.24 [c]		63.94 ± 5.87		78.40 ± 3.03 [bc]		72.56 ± 3.90 [c]		64.35 ± 5.45	
Trunk fat (kg)	2.71 ± 0.96 [bc]		4.51 ± 1.52 [c]		7.26 ± 2.79		3.98 ± 1.30 [bc]		7.33 ± 2.04 [c]		11.76 ± 2.73	
Trunk fat (%)	14.37 ± 3.49 [bc]		19.82 ± 4.28 [c]		27.15 ± 6.75		14.06 ± 3.48 [bc]		20.62 ± 4.82 [c]		29.52 ± 6.34	
20 mSRT (stages)	5.86 ± 2.16 [bc]		4.77 ± 1.59 [c]		3.29 ± 1.46		8.21 ± 1.89 [bc]		7.21 ± 2.13 [c]		5.24 ± 1.97	
20 mSRT (pc)	76.81 ± 19.76 [bc]		63.64 ± 20.52 [c]		44.95 ± 24.12		66.15 ± 20.04 [bc]		53.75 ± 24.40 [c]		30.82 ± 20.33	
Handgrip (kg)	17.11 ± 5.86 [bc]		18.98 ± 6.32		19.43 ± 6.70		31.04 ± 8.86 [b]		35.74 ± 9.50		33.91 ± 9.18	
Handgrip (pc)	47.66 ± 28.22 [bc]		57.17 ± 29.07		63.97 ± 26.62		44.19 ± 28.29 [b]		59.68 ± 29.72		54.53 ± 29.23	
CMJ (cm)	22.11 ± 4.84 [c]		21.06 ± 4.61		17.63 ± 4.08		32.29 ± 6.10 [c]		31.60 ± 6.18		26.33 ± 5.83	
CMJ (pc)	57.62 ± 25.44 [bc]		47.81 ± 25.28 [c]		31.91 ± 21.27		35.71 ± 19.20 [c]		32.86 ± 21.70[c]		21.94 ± 16.21	
	Girls											
	Prepubertal						Pubertal					
	Normoweight		Overweight		Obese		Normoweight		Overweight		Obese	
Body mass	31.45 ± 8.08 [bc]		41.07 ± 9.74 [c]		48.66 ± 13.20		50.93 ± 7.44 [bc]		61.57 ± 7.95 [c]		72.95 ± 7.04	
BMI (kg/m^2)	16.55 ± 1.75 [bc]		20.64 ± 1.74 [c]		24.18 ± 2.79		19.95 ± 2.03 [bc]		24.45 ± 1.70 [c]		29.48 ± 2.52	
Fat mass (kg)	7.22 ± 2.36 [bc]		11.97 ± 3.44 [c]		17.17 ± 6.43		13.48 ± 3.16 [bc]		20.23 ± 4.62 [c]		29.16 ± 5.90	
Fat mass (%)	22.74 ± 3.06 [bc]		28.93 ± 3.22 [c]		34.68 ± 4.65		26.21 ± 3.54 [bc]		32.68 ± 4.89 [c]		39.65 ± 4.51	
Lean mass (kg)	22.95 ± 5.71 [bc]		27.59 ± 6.38		29.87 ± 7.13		35.53 ± 4.62 [bc]		39.23 ± 4.99		41.56 ± 2.18	
Lean mass (%)	73.20 ± 2.87 [bc]		67.36 ± 3.06 [c]		61.94 ± 4.40		70.01 ± 3.35 [bc]		63.89 ± 4.64 [c]		57.28 ± 4.27	
Trunk fat (kg)	3.03 ± 1.07 [bc]		5.30 ± 1.56 [c]		7.70 ± 2.81		5.84 ± 1.64 [bc]		8.76 ± 2.20 [c]		12.41 ± 2.22	
Trunk fat (%)	16.75 ± 4.06 [bc]		23.05 ± 4.14 [c]		28.74 ± 5.05		20.46 ± 3.96 [bc]		26.29 ± 5.18 [c]		33.02 ± 4.50	
20 mSRT (stages)	4.33 ± 1.61 [bc]		3.48 ± 1.33 [c]		2.46 ± 0.97		5.34 ± 1.58 [bc]		4.31 ± 1.46		3.27 ± 0.98	
20 mSRT (pc)	81.12 ± 18.36 [bc]		69.09 ± 22.04 [c]		50.79 ± 22.46		67.93 ± 24.42 [bc]		52.63 ± 25.95		32.27 ± 21.26	
Handgrip (kg)	15.27 ± 5.33 [b]		17.57 ± 5.48		16.41 ± 5.16		24.43 ± 5.15		24.60 ± 4.01		26.46 ± 4.65	
Handgrip (pc)	47.54 ± 31.04 [b]		63.00 ± 28.17		58.67 ± 30.32		46.32 ± 27.57		48.12 ± 26.36		56.38 ± 30.39	
CMJ (cm)	20.83 ± 4.67 [bc]		19.31 ± 4.04 [c]		16.36 ± 3.63		26.39 ± 4.50 [c]		23.92 ± 5.03		20.69 ± 7.54	
CMJ (pc)	58.87 ± 24.62 [bc]		45.41 ± 24.62 [c]		30.98 ± 20.59		43.65 ± 22.41		32.94 ± 23.92		23.75 ± 27.22	

Data expressed as mean ± standard deviation. Abbreviations: BMI, body mass index; 20 mSRT, 20-m shuttle run test; Handgrip, handgrip strength; CMJ, countermovement jumps test; pc: percentile. [b] Significantly different from overweight group ($p \leq 0.05$). [c] Significantly different from obese group ($p \leq 0.05$).

The normoweight group performed significantly better in the 20 mSRT (stages-pc) than the overweight group ($p < 0.05$; ES: 0.50 to 0.67) and the obese group ($p < 0.001$; ES: 1.42 to 1.75). Moreover, the overweight group performed better than the obese group in all cases except pubertal girls ($p < 0.001$; ES: 0.82 to 1.03). The overweight group showed significantly higher results than the normoweight group in handgrip (kg-pc) in prepubertal and pubertal boys ($p < 0.01$; ES: 0.31 to 0.53). Similarly, the obese group revealed significantly higher results than the normoweight group in handgrip (kg-pc) in prepubertal boys ($p < 0.01$; ES: 0.37 to 0.59). Instead, the normoweight group showed significantly lower results than the overweight group in handgrip (kg-pc) in prepubertal girls ($p < 0.01$; ES: 0.43 to 0.52). No significant differences in pubertal girls were found ($p < 0.05$). Finally, the normoweight group and the overweight group showed higher results than the obese group in CMJ (pc) in prepubertal boys and pubertal boys ($p < 0.05$; ES: 0.58 to 1.10). On the other hand, the normoweight group and the overweight group presented significantly higher results in both total CMJ (cm) and CMJ (pc) in prepubertal girls ($p < 0.05$; ES: 0.64 to 1.23) and the normoweight group also respect to the overweight group ($p < 0.05$; ES: 0.35 to 0.55). On the contrary, in pubertal girls, significant differences were found only in CMJ (cm) in the normoweight group with respect to the obese group ($p < 0.001$; ES: 0.95).

Table 2. Differences in body composition and physical fitness parameters among different adherences to the Mediterranean diet.

	Boys											
	Prepubertal						Pubertal					
	Low		Medium		High		Low		Medium		High	
Body mass	34.80 ± 12.18 [c]		38.37 ± 11.42		40.35 ± 11.63		59.44 ± 14.97		57.72 ± 13.81		60.61 ± 13.14	
BMI (kg/m^2)	18.52 ± 3.46		19.19 ± 3.47		19.44 ± 3.71		21.50 ± 3.67		21.30 ± 3.87		21.63 ± 3.59	
Fat mass (kg)	8.48 ± 4.66		9.55 ± 5.38		10.05 ± 5.84		12.62 ± 7.51		12.41 ± 6.39		13.19 ± 6.34	
Fat mass (%)	23.11 ± 5.99		23.66 ± 6.46		23.58 ± 7.04		20.32 ± 6.53		20.56 ± 6.36		20.97 ± 6.31	
Lean mass (kg)	24.87 ± 7.72 [bc]		27.28 ± 6.75 [c]		28.66 ± 6.74		44.44 ± 8.94		42.98 ± 8.49		45.00 ± 8.22	
Lean mass (%)	72.57 ± 5.58		72.19 ± 6.05		72.29 ± 6.61		75.61 ± 6.23		75.34 ± 6.00		74.98 ± 5.98	
Trunk fat (kg)	3.73 ± 2.12		4.18 ± 2.37		4.35 ± 2.62		5.60 ± 3.58		5.65 ± 3.16		5.99 ± 3.14	
Trunk fat (%)	18.40 ± 7.13		18.69 ± 6.54		18.64 ± 7.20		17.00 ± 6.87		17.49 ± 6.84		17.84 ± 6.71	
20 mSRT (stages)	4.16 ± 2.01 [bc]		4.96 ± 2.03		5.25 ± 2.27		7.17 ± 1.87		7.33 ± 2.09 [c]		8.09 ± 2.30	
20 mSRT (pc)	61.29 ± 27.53		66.32 ± 23.77		67.36 ± 24.69		55.95 ± 20.16		56.25 ± 24.01 [c]		63.17 ± 24.47	
Handgrip (kg)	15.65 ± 6.46 [bc]		17.83 ± 6.17 [c]		19.17 ± 6.18		32.67 ± 7.92		31.41 ± 8.93 [c]		34.33 ± 9.72	
Handgrip (pc)	47.88 ± 31.91 [c]		52.04 ± 28.04 [c]		58.06 ± 29.11		51.29 ± 22.33		45.34 ± 28.52 [c]		55.20 ± 30.95	
CMJ (cm)	19.15 ± 3.95		20.78 ± 5.08		21.10 ± 4.84		32.62 ± 6.66		30.61 ± 6.39		31.92 ± 6.36	
CMJ (pc)	53.08 ± 24.83		48.45 ± 26.62		48.21 ± 26.76		40.00 ± 21.60		31.36 ± 20.04		34.12 ± 19.33	
	Girls											
	Prepubertal						Pubertal					
	Low		Medium		High		Low		Medium		High	
Body mass	33.83 ± 7.89		35.97 ± 10.94		37.91 ± 12.45		54.48 ± 15.17		55.79 ± 10.90		54.84 ± 9.08	
BMI (kg/m^2)	17.96 ± 2.00		18.54 ± 3.20		19.23 ± 3.86		21.95 ± 5.29		21.96 ± 3.99		21.69 ± 3.09	
Fat mass (kg)	8.52 ± 2.44		9.60 ± 4.53		10.72 ± 5.87		17.32 ± 9.36		16.61 ± 6.75		16.21 ± 5.24	
Fat mass (%)	25.08 ± 2.82		25.74 ± 5.23		26.92 ± 6.22		30.13 ± 8.27		28.83 ± 6.13		28.99 ± 5.40	
Lean mass (kg)	23.98 ± 5.49		25.00 ± 6.66		25.77 ± 6.94		35.27 ± 6.41		37.19 ± 4.96		36.65 ± 4.88	
Lean mass (%)	71.00 ± 2.66		70.37 ± 4.93		69.25 ± 5.86		66.33 ± 7.88		67.54 ± 5.81		67.36 ± 5.10	
Trunk fat (kg)	3.69 ± 1.09		4.15 ± 2.10		4.68 ± 2.67		7.68 ± 4.62		7.05 ± 2.87		7.19 ± 2.45	
Trunk fat (%)	20.14 ± 5.95		19.66 ± 5.54		20.96 ± 6.84		24.38 ± 9.11		22.59 ± 6.00		23.49 ± 5.42	
20 mSRT (stages)	3.81 ± 1.61		3.88 ± 1.66		3.78 ± 1.51		4.75 ± 1.44		5.01 ± 1.56		4.85 ± 1.85	
20 mSRT (pc)	73.35 ± 21.20		73.96 ± 22.59		73.05 ± 23.03		58.33 ± 26.96		62.89 ± 25.25		59.62 ± 29.80	
Handgrip (kg)	15.43 ± 4.91		15.92 ± 5.48		16.44 ± 5.47		26.12 ± 5.48		24.47 ± 5.00		24.87 ± 4.67	
Handgrip (pc)	47.31 ± 28.33		54.63 ± 31.06		52.77 ± 31.21		57.50 ± 31.90		45.09 ± 27.67		51.40 ± 26.72	
CMJ (cm)	19.69 ± 4.28		20.06 ± 4.53		19.20 ± 4.81		27.10 ± 3.50		24.96 ± 5.29		25.66 ± 5.47	
CMJ (pc)	50.95 ± 21.43		54.11 ± 25.32 [c]		45.82 ± 27.51		60.00 ± 20.00		37.65 ± 23.12		40.00 ± 25.76	

Data expressed as mean ± standard deviation. Abbreviations: Low, low adherence to the MD group; Medium: moderate or medium adherence to the MD group; High, optimal or high adherence to the MD group; BMI: body mass index; 20 mSRT: 20-m shuttle run test; Handgrip: handgrip strength; CMJ: countermovement jumps test, pc: percentile; [b] Significantly different from medium adherence to the MD group ($p \leq 0.05$). [c] Significantly different from high adherence to the MD group ($p \leq 0.05$).

3.3. Relationship of Body Composition and Physical Fitness with BMI and KIDMED Score

Table 3 shows the relationship of body composition, physical fitness, and the KIDMED score with BMI and fat mass and the relationship of body composition and physical fitness with the KIDMED score, controlled by sex, pubertal status and age.

Table 3. Regression models for BMI fat mass, and KIDMED score.

	BMI (kg/m^2)			Fat Mass (%)			KIDMED Score		
	B	RSE	Beta	B	RSE	Beta	B	RSE	Beta
Boys (reference variable)		–			–			–	
Girls	−1.85	(0.12) **	−0.22	3.15	(0.20) **	0.22	0.20	(0.18)	0.04
Prepubertal (reference variable)		–			–			–	
Pubertal	0.46	(0.20) *	0.05	−1.23	(0.36) **	−0.08	−0.80	(0.25) **	−0.16
Age (years)	0.27	(0.04) **	0.19	−0.01	(0.07)	−0.01	0.10	(0.06)	−0.13
BMI (kg/m^2)		–		1.46	(0.04) **	0.84	0.02	(0.04)	−0.03
Fat mass (%)	0.46	(0.01) **	0.80		–		0.01	(0.02)	−0.04
KIDMED Score	0.01	(0.02)	0.01	0.02	(0.04)	0.01		-	
20 mSRT (stages)	−0.15	(0.04) **	−0.09	−0.22	(0.06) **	−0.08	0.13	(0.05) **	0.14
Handgrip (kg)	0.13	(0.01) **	0.28	−0.11	(0.02) **	−0.15	0.01	(0.02)	0.04
CMJ (cm)	0.04	(0.02) *	0.07	−0.23	(0.02) **	−0.23	−0.02	(0.02)	−0.08
Constant	4.90	(0.49) **	–	1.28	(0.87) **	–	5.28	(0.56) **	–
R^2		0.84			0.83			0.03	
F		438.02 **			548.74 **			3.22 **	

Abbreviations: B: Non-Standardized Coefficients; RSE: Robust Standard Errors; Beta: Beta-Standardized Coefficients; BMI: body mass index; 20 mSRT: 20-m shuttle run test; Handgrip: handgrip strength; CMJ: countermovement jumps test; pc: percentile. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

The models estimated for BMI (kg/m^2) and fat mass explained more than 80% of the variance. The 20 msRT had a negative relationship with BMI and fat mass ($p < 0.01$). However, handgrip and

CMJ had a positive relationship with BMI and a negative relationship with fat mass ($p < 0.05$). BMI and fat mass were positively related ($p < 0.01$). The Beta coefficients showed that fat mass and handgrip are the variables with more impact upon BMI regression and BMI and CMJ for fat mass regression.

Contrary to the previous models, the estimation of the KIDMED score explained a very little percentage of variance, with the R^2 below 0.1. However, the 20 msRT presented a positive and significant relationship with the KIDMED score ($p < 0.01$). The Beta coefficients showed that the 20 mSRT is the more important variable.

4. Discussion

The current study attempted to compare body composition and physical fitness according to the weight status (normoweight, overweight and obese) and the level of adherence to the MD (low, medium or high) in 1676 physically active children and adolescents, as a function of sex and pubertal status. Furthermore, the relationships between body composition and physical fitness with the BMI and KIDMED score were also analyzed. This study suggests that weight status is a fundamental factor for health, which is significant in body composition variables as well as in the effect on physical fitness. The results show that normoweight young and adolescent active people showed better values of body composition and physical fitness. Furthermore, fat mass is negatively associated with physical fitness. In the same way, high or optimal adherence to the MD revealed better performance in the different physical fitness parameters, especially in the population of boys. For this reason, it is important to establish specific initiatives and strategies that increase public awareness about this health problem in children and adolescents, leading to changes in nutritional and active-healthy habits.

A total of 26.6% and 16.9% of participants in this study were overweight and obese, respectively. This shows that almost half of the study sample demonstrated values related to obesity, which agrees with other studies [21,47,48]. Even though the participants were physically active, these results may be due to the influential and combination of various factors, such as inadequate daily eating patterns; increased time for sedentary behavior, characterized often as screen-based media-use behaviors [49]; not performing the minimum physical activity recommended by the WHO [50]; or insufficient sleep, which may negatively affect body weight [51]. In relation to body composition variables, significant differences between sex and age groups in body mass, BMI, fat mass, trunk fat mass, and lean mass were found. Our results showed a higher value in the aforementioned variables in the obese group. Similar results have been previously evidenced [21], and several factors, such as changes in dietary patterns, have been shown and justified in the aetiology of obesity [52]. Besides, girls showed a higher percentage of body fat mass compared to boys, which may also be due to a higher level of a sedentary lifestyle and, therefore, the lesser practice of physical activity of the girls, which are determining factors of NCDs [53]. Conversely, the boys showed a higher percentage of lean body mass, which gives them a higher ability to achieve greater levels of cardiorespiratory fitness and strength [54]. Thus, in childhood as well as adolescence it is essential to acquire a balanced diet that may contribute to optimal health, growth and cognitive development.

When analyzing the results of the differences in weight status regarding the performance in the physical fitness parameters, a higher value in cardiorespiratory fitness and muscular strength was observed in the different groups. The normoweight group showed a higher value in 20 mSRT and CMJ with respect to the overweight and obese groups. Instead, in handgrip strength, the overweight and obese groups had a higher value for both boys and girls. It is known that participants with obesity have greater extra weight and must be able to support it by developing greater muscle mass and, consequently, more strength [55,56]. Based on anthropometric measurements, the highest values in the handgrip test in overweight and obese adolescents could be justified by the different bone and muscle development corresponding to the different growth rates [57].

The results acquired through the KIDMED questionnaire (low, 6.7%; medium, 57.6%; and high, 35.7% adherence to the MD) were similar with other studies carried out in Mediterranean countries [37,58]. Adherence to the MD has been justified with a high level of scientific evidence its effectiveness in

preventing of cardiovascular diseases [59]. Our findings showed that 93.3% of the studied population had medium and high adherence to the MD, revealing a clear tendency to maintain or increase patterns related to this type of diet. Thus, a higher score on the KIDMED questionnaire is associated with a more active lifestyle [60].

Regarding body composition variables, there were no significant differences between boys and girls in the adherence to the MD, due mainly to the association with physical activity and, possibly, diet adequacy [39]. On the other hand, when analyzing the results of the different tests of physical fitness regarding adherence to the MD, it is confirmed that the athletes with the greatest adherence to the MD are those that presented the highest performance in the different physical fitness tests, especially in boys. The results reveal how high adherence to the MD seems to be related to higher cardiorespiratory fitness, as has been demonstrated in previous studies [61,62]. This fact could be explained by a better body and cardiorespiratory profile caused by the physical activity that the participants practice [59,63], since the higher practice of physical activity (as a result of an active lifestyle) could increase the physical level [64]. Similarly, this occurs with the results of the handgrip test, with a positive association between upper-body muscular strength and a high adherence to the MD. A prior study [65] revealed that this combination seems to provide the highest protection against cardiometabolic risk. Significant differences were not found in the CMJ, except in the girls, where the medium adherence group revealed higher lower-body muscular strength than the group with high or optimal adherence. However, the results show a very unclear relationship between body composition and physical fitness with the KIDMED score, measured at the −4 to 12 score. Therefore, the KIDMED questionnaire should be used mainly to classify participants into the three levels of adherence to the MD (low, medium or high), and not as a continuous scale, in the active population.

The current study presented different limitations. Firstly, since it is a study that presents a cross-sectional design, the contributions cannot be attributed to plausible causes. However, they can be used as indications for future research. Secondly, although the KIDMED score is the instrument most widely used to understand adherence to the MD, it may have been interesting to know different information about the frequency of consumption of certain foods in the Mediterranean pattern—this should be taken into account in future research. In addition, future studies should take into account the socioeconomic status of the families, as this variable could influence the degree of association with the MD. Finally, this study identifies critical behaviors in a sample of physically active Spanish children and adolescents, contributing to the development of public sports policies and public health programs that are needed to combat the adverse health effects of inappropriate nutritional habits.

5. Conclusions

The results suggest that the normoweight status showed better parameters of body composition and physical fitness than the overweight and obese status in a young and adolescent active population. Boys classified with high adherence to the MD also showed better values in physical fitness and body composition variables. However, the differences based on the level of adherence to the MD in girls are less significant. Nevertheless, considering the general results of the study, the authors point out the importance of the development of proposals and applications on future strategies of educational and health programs, which should be based on the prevention of overweightness and obesity and improving good nutritional and active-healthy lifestyle habits in younger generations.

Author Contributions: Conceptualization, S.M.-C. and J.G.-U.; Data curation, S.M.-C. and A.H.-M.; Formal analysis, J.G.-U.; Investigation, S.M.-C. and J.L.F.; Methodology, S.M.-C. and A.H.-M.; Project administration, L.G.; Resources, J.S.-S. and J.L.F.; Software, J.G.-U.; Supervision, L.G. and J.L.F.; Validation, J.G.-U., J.S.-S. and J.L.F.; Writing—original draft, J.G.-U. and S.M.-C.; Writing—review and editing, J.L.F and J.S.-S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: No funding was received for the development of this study.

Acknowledgments: The authors are grateful for the participation of the athletes who contributed to this research and the different municipal academics for their support and collaboration. S.M.-C. acknowledges the University

of Castilla-La Mancha for funding the development of his PhD. (2019/5964). A.H.-M. acknowledges the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities for funding the development of his PhD. (grant no.: FPU18/03222). J.G.-U. acknowledges "Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Programa Operativo de la Región de Castilla-La Mancha" (2018/11744) for funding the development of his research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Roth, C.L.; Jain, V. Rising obesity in children: A serious public health concern. *Indian J. Pediatr.* **2018**, 461–462. [CrossRef] [PubMed]
2. Garrido-Miguel, M.; Cavero-Redondo, I.; Álvarez-Bueno, C.; Rodríguez-Artalejo, F.; Moreno, L.A.; Ruiz, J.R.; Ahrens, W.; Martínez-Vizcaíno, V. Prevalence and trends of overweight and obesity in European children from 1999 to 2016: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatr.* **2019**, *173*, e192430. [CrossRef] [PubMed]
3. Abarca-Gómez, L.; Abdeen, Z.A.; Hamid, Z.A.; Abu-Rmeileh, N.M.; Acosta-Cazares, B.; Acuin, C.; Adams, R.J.; Aekplakorn, W.; Afsana, K.; Agyemang, C.; et al. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642. [CrossRef]
4. Suárez-Carmona, W.; Sánchez-Oliver, A.J.; González-Jurado, J.A. Fisiopatología de la obesidad: Perspectiva actual. *Rev. Chil. Nutr.* **2017**, *44*, 226–233. [CrossRef]
5. Ng, M.; Fleming, T.; Robinson, M.; Thomson, B.; Graetz, N.; Margono, C.; Mullany, E.C.; Biryukov, S.; Abbafati, C.; Abera, S.F.; et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* **2014**, *384*, 766–781. [CrossRef]
6. Organización Mundial de la Salud (OMS). Non-communicable Diseases. Available online: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (accessed on 21 April 2020).
7. Balagopal, P.; De Ferranti, S.D.; Cook, S.; Daniels, S.R.; Gidding, S.S.; Hayman, L.L.; McCrindle, B.W.; Mietus-Snyder, M.L.; Steinberger, J. Nontraditional risk factors and biomarkers for cardiovascular disease: Mechanistic, research, and clinical considerations for youth: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* **2011**, *123*, 2749–2769. [CrossRef]
8. Sawyer, S.M.; Afifi, R.A.; Bearinger, L.H.; Blakemore, S.J.; Dick, B.; Ezeh, A.C.; Patton, G.C. Adolescence: A foundation for future health. *Lancet* **2012**, *379*, 1630–1640. [CrossRef]
9. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Sjöström, M.; Suni, J.; Castillo, M.J. Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 909–923. [CrossRef]
10. Fraser, B.J.; Schmidt, M.D.; Huynh, Q.L.; Dwyer, T.; Venn, A.J.; Magnussen, C.G. Tracking of muscular strength and power from youth to young adulthood: Longitudinal findings from the Childhood Determinants of Adult Health Study. *J. Sci. Med. Sport* **2017**, *20*, 927–931. [CrossRef]
11. Twig, G.; Yaniv, G.; Levine, H.; Leiba, A.; Goldberger, N.; Derazne, E.; Shor, D.B.-A.; Tzur, D.; Afek, A.; Shamiss, A.; et al. Body-mass index in 2.3 million adolescents and cardiovascular death in adulthood. *N. Engl. J. Med.* **2016**, *374*, 2430–2440. [CrossRef]
12. Laws, R.; Campbell, K.J.; Van Der Pligt, P.; Russell, G.; Ball, K.; Lynch, J.; Crawford, D.; Taylor, R.; Asker, D.; Denney-Wilson, E. The impact of interventions to prevent obesity or improve obesity related behaviours in children (0–5 years) from socioeconomically disadvantaged and/or indigenous families: A systematic review. *BMC Public Health* **2014**, *14*, 779. [CrossRef]
13. Wu, X.Y.; Han, L.H.; Zhang, J.H.; Luo, S.; Hu, J.W.; Sun, K. The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PLoS ONE* **2017**, *12*. [CrossRef]
14. Caspersen, C.J.; Powell, K.E.; Christenson, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* **1985**, *100*, 126–131.
15. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1–11. [CrossRef]

16. Andersen, L.B.; Sardinha, L.B.; Froberg, K.; Riddoch, C.J.; Page, A.S.; Anderssen, S.A. Fitness, fatness and clustering of cardiovascular risk factors in children from Denmark, Estonia and Portugal: The European Youth Heart Study. *Int. J. Pediatr. Obes.* **2008**, *3* (Suppl. 1), 58–66. [CrossRef]
17. Högström, G.; Nordström, A.; Nordström, P. High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: A nationwide cohort study in men. *Eur. Heart J.* **2014**, *35*, 3133–3140. [CrossRef]
18. Flynn, M.A.T.; McNeil, D.A.; Maloff, B.; Mutasingwa, D.; Wu, M.; Ford, C.; Tough, S.C. Reducing obesity and related chronic disease risk in children and youth: A synthesis of evidence with 'best practice' recommendations. *Obes. Rev.* **2006**, *7*, 7–66. [CrossRef]
19. Martín-García, M.; Vila-Maldonado, S.; Rodríguez-Gómez, I.; Faya, F.M.; Plaza-Carmona, M.; Pastor-Vicedo, J.C.; Ara, I. The Spanish version of the Three Factor Eating Questionnaire-R21 for children and adolescents (TFEQ-R21C): Psychometric analysis and relationships with body composition and fitness variables. *Physiol. Behav.* **2016**, *165*, 350–357. [CrossRef]
20. Bel-Serrat, S.; Mouratidou, T.; Pala, V.; Huybrechts, I.; Börnhorst, C.; Fernandez-Alvira, J.M.; Hadjigeorgiou, C.; Eiben, G.; Hebestreit, A.; Lissner, L.; et al. Relative validity of the Children's Eating Habits Questionnaire–food frequency section among young European children: The IDEFICS Study. *Public Health Nutr.* **2014**, *17*, 266–276. [CrossRef]
21. Delgado-Floody, P.; Alvarez, C.; Caamaño-Navarrete, F.; Jerez-Mayorga, D.; Latorre-Román, P. Influence of Mediterranean diet adherence, physical activity patterns, and weight status on cardiovascular response to cardiorespiratory fitness test in Chilean school children. *Nutrition* **2020**, *71*, 110621. [CrossRef]
22. Sofi, F.; Cesari, F.; Abbate, R.; Gensini, G.F.; Casini, A. Adherence to Mediterranean diet and health status: Meta-analysis. *BMJ* **2008**, *337*, a1344. [CrossRef]
23. Serra-Majem, L.; Ribas, L.; Ngo, J.; Ortega, R.M.; García, A.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 931–935. [CrossRef]
24. Bach-Faig, A.; Fuentes-Bol, C.; Ramos, D.; Carrasco, J.L.; Roman, B.; Bertomeu, I.F.; Christia, E.; Geleva, D.; Serra-Majem, L. The Mediterranean diet in Spain: Adherence trends during the past two decades using the Mediterranean Adequacy Index. *Public Health Nutr.* **2011**, *14*, 622–628. [CrossRef]
25. Vaz-Velho, M.L.; Pinheiro, R.; Rodrigues, A.S. The Atlantic diet–Origin and features. *Int. J. Food Stud.* **2016**, 5. [CrossRef]
26. Trichopoulou, A.; Costacou, T.; Bamia, C.; Trichopoulos, D. Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N. Engl. J. Med.* **2003**, *348*, 2599–2608. Available online: https://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/nejmoa025039 (accessed on 29 April 2020). [CrossRef]
27. Rosi, A.; Paolella, G.; Biasini, B.; Scazzina, F.; Alicante, P.; De Blasio, F.; Rendina, D.; Tabacchi, G.; Cairella, G.; Garbagnati, F.; et al. Dietary habits of adolescents living in North America, Europe or Oceania: A review on fruit, vegetable and legume consumption, sodium intake, and adherence to the Mediterranean Diet. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* **2019**, *29*, 544–560. [CrossRef]
28. Sáez-Almendros, S.; Obrador, B.; Bach-Faig, A.; Serra-Majem, L. Environmental footprints of Mediterranean versus Western dietary patterns: Beyond the health benefits of the Mediterranean diet. *Environ. Health* **2013**, *12*, 118. [CrossRef]
29. Godos, J.; Zappalà, G.; Bernardini, S.; Giambini, I.; Bes-Rastrollo, M.; Martinez-Gonzalez, M. Adherence to the Mediterranean diet is inversely associated with metabolic syndrome occurrence: A meta-analysis of observational studies. *Int. J. Food. Sci. Nutr.* **2017**, *68*, 138–148. [CrossRef]
30. Georgoulis, M.; Kontogianni, M.D.; Yiannakouris, N. Mediterranean diet and diabetes: Prevention and treatment. *Nutrients* **2014**, *6*, 1406–1423. [CrossRef]
31. Barak, Y.; Fridman, D. Impact of Mediterranean diet on cancer: Focused literature review. *Cancer Genom. Proteom.* **2017**, *14*, 403–4082.
32. Tosti, V.; Bertozzi, B.; Fontana, L. Health benefits of the Mediterranean diet: Metabolic and molecular mechanisms. *J. Gerontol. Ser. A* **2018**, *73*, 318–326. [CrossRef] [PubMed]
33. Mirwald, R.L.; Baxter-Jones, A.D.; Bailey, D.A.; Beunen, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2002**, *34*, 689–694. [PubMed]
34. Marshall, W.A.; Tanner, J.M. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch. Dis. Child.* **1969**, *44*, 291. [CrossRef] [PubMed]

35. World Health Organization. WHO Child Growth Standards: BMI-for-age. Available online: https://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/ (accessed on 22 April 2020).
36. Serra-Majem, L.; García-Closas, R.; Ribas, L.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food patterns of Spanish schoolchildren and adolescents: The enKid Study. *Public Health Nutr.* **2001**, *4*, 1433–1438. [CrossRef]
37. Mariscal-Arcas, M.; Rivas, A.; Velasco, J.; Ortega, M.; Caballero, A.M.; Olea-Serrano, F. Evaluation of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutr.* **2009**, *12*, 1408–1412. [CrossRef]
38. Aparicio-Ugarriza, R.; Cuenca-García, M.; Gonzalez-Gross, M.; Julián, C.; Bel-Serrat, S.; Moreno, L.A.; Breidenassel, C.; Kersting, M.; Arouca, A.B.; Michels, N.; et al. Relative validation of the adapted Mediterranean Diet Score for Adolescents by comparison with nutritional biomarkers and nutrient and food intakes: The Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescence (HELENA) study. *Public Health Nutr.* **2019**, *22*, 2381–2397. [CrossRef]
39. Idelson, P.I.; Scalfi, L.; Valerio, G. Adherence to the Mediterranean Diet in children and adolescents: A systematic review. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* **2017**, *27*, 283–299. [CrossRef]
40. Thivel, D.; Verney, J.; Miguet, M.; Masurier, J.; Cardenoux, C.; Lambert, C.; Courteix, D.; Metz, L.; Pereira, B. The accuracy of bioelectrical impedance to track body composition changes depends on the degree of obesity in adolescents with obesity. *Nutr. Res.* **2018**, *54*, 60–68. [CrossRef]
41. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; España-Romero, V.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Cuenca, M.M.; Jimenez-Pavon, D.; Chillon, P.; Girela-Rejon, M.; Mora, J.; et al. Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 518–524. [CrossRef]
42. Stickland, M.K.; Petersen, S.R.; Bouffard, M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can. J. Appl. Physiol.* **2003**, *28*, 272–282. [CrossRef]
43. Leger, L.A.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* **1988**, *6*, 93–101. [CrossRef]
44. Gulías-González, R.; Sánchez-López, M.; Olivas-Bravo, Á.; Solera-Martínez, M.; Martínez-Vizcaíno, V. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: Reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J. Sch. Health* **2014**, *84*, 625–635. [CrossRef]
45. Castro-Piñero, J.; González-Montesinos, J.L.; Mora, J.; Keating, X.D.; Girela-Rejón, M.J.; Sjöström, M.; Ruiz, J.R. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: Influence of weight status. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 2295–2310. [CrossRef]
46. Glatthorn, J.F.; Gouge, S.; Nussbaumer, S.; Stauffacher, S.; Impellizzeri, F.M.; Maffiuletti, N.A. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 556–560. [CrossRef]
47. Grosso, G.; Marventano, S.; Buscemi, S.; Scuderi, A.; Matalone, M.; Platania, A.; Giorgianni, G.; Rametta, S.; Nolfo, F.; Galvano, F.; et al. Factors associated with adherence to the Mediterranean diet among adolescents living in Sicily, Southern Italy. *Nutrients* **2013**, *5*, 4908–4923. [CrossRef]
48. Moral-García, J.E.; Agraso-López, A.D.; Ramos-Morcillo, A.J.; Jiménez, A.; Jiménez-Eguizábal, A. The influence of physical activity, diet, weight status and substance abuse on students' self-perceived health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 1387. [CrossRef]
49. Iannotti, R.J.; Kogan, M.D.; Janssen, I.; Boyce, W.F. Patterns of adolescent physical activity, screen-based media use, and positive and negative health indicators in the US and Canada. *J. Adolesc. Health* **2009**, *44*, 493–499. [CrossRef]
50. de la Salud, O.M. *Recomendaciones Mundiales Sobre Actividad Física Para la Salud*; WHO: Geneva, Switzerland, 2010.
51. Fatima, Y.; Doi, S.A.R.; Mamun, A.A. Longitudinal impact of sleep on overweight and obesity in children and adolescents: A systematic review and bias-adjusted meta-analysis. *Obes. Rev.* **2015**, *16*, 137–149. [CrossRef]
52. Moreno, L.A.; Rodriguez, G.; Fleta, J.; Bueno-Lozano, M.; Lazaro, A.; Bueno, G. Trends of dietary habits in adolescents. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2010**, *50*, 106–112. [CrossRef]
53. Biddle, S.J.; Bengoechea, E.G.; Wiesner, G. Sedentary behaviour and adiposity in youth: A systematic review of reviews and analysis of causality. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 43. [CrossRef]
54. Manzano-Carrasco, S.; Felipe, J.L.; Sanchez-Sanchez, J.; Hernandez-Martin, A.; Gallardo, L.; Garcia-Unanue, J. Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 3257. [CrossRef]

55. Fernández, I.; Canet, O.; Giné-Garriga, M. Assessment of physical activity levels, fitness and perceived barriers to physical activity practice in adolescents: Cross-sectional study. *Eur. J. Pediatr.* **2017**, *176*, 57–65. [CrossRef]
56. Jebb, S.A. From chemical analysis of the body to metabolic insights provided by the new methodology. *Br. J. Nutr.* **1997**, *78* (Suppl. 2), S101–S112. [CrossRef]
57. Marcovecchio, M.L.; Chiarelli, F. Obesity and growth during childhood and puberty. In *Nutrition and Growth*; Karger Publishers: Basel, Switzerland, 2013; Volume 106, pp. 135–141. [CrossRef]
58. Grao-Cruces, A.; Nuviala, A.; Fernández-Martínez, A.; Porcel-Galvez, A.M.; Moral-Garcia, J.E.; Martinez-Lopez, E.J. Adherence to the Mediterranean diet in rural and urban adolescents of southern Spain, life satisfaction, anthropometry, and physical and sedentary activities. *Nutr. Hosp.* **2013**, *28*, 1129–1135. [CrossRef]
59. Estruch, R.; Ros, E.; Salas-Salvadó, J.; Covas, M.I.; Corella, D.; Arós, F.; Gomez-Gracia, E.; Ruiz-Gutierrez, V.; Fiol, M.; Lapetra, J.; et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N. Engl. J. Med.* **2018**, *378*, e34. [CrossRef]
60. Shi, X.; Tubb, L.; Fingers, S.T.; Chen, S.; Caffrey, J.L. Associations of physical activity and dietary behaviors with children's health and academic problems. *J. Sch. Health* **2013**, *83*, 1–7. [CrossRef]
61. Manzano-Carrasco, S.; Felipe, J.L.; Sanchez-Sanchez, J.; Hernandez-Martin, A.; Clavel, I.; Gallardo, L.; Garcia-Unanue, J. Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 3337. [CrossRef]
62. Agostinis-Sobrinho, C.; Santos, R.; Rosário, R.; Moreira, C.; Lopes, L.; Mota, J.; Martinkenas, A.; García-Hermoso, A.; Correa-Bautista, J.; Ramírez-Vélez, R. Optimal adherence to a Mediterranean diet may not overcome the deleterious effects of low physical fitness on cardiovascular disease risk in adolescents: A cross-sectional pooled analysis. *Nutrients* **2018**, *10*, 815. [CrossRef]
63. Archero, F.; Ricotti, R.; Solito, A.; Carrera, D.; Civello, F.; Di Bella, R.; Bellone, S.; Prodam, F. Adherence to the Mediterranean diet among school children and adolescents living in northern Italy and unhealthy food behaviors associated to overweight. *Nutrients* **2018**, *10*, 1322. [CrossRef]
64. Arriscado, D.; Muros, J.J.; Zabala, M.; Dalmau, J.M. Hábitos de práctica física en escolares: Factores influyentes y relaciones con la condición física. *Nutr. Hosp.* **2015**, *31*, 1232–1239. [CrossRef]
65. Muros, J.J.; Cofre-Bolados, C.; Arriscado, D.; Zurita, F.; Knox, E. Mediterranean diet adherence is associated with lifestyle, physical fitness, and mental wellness among 10-y-olds in Chile. *Nutrition* **2017**, *35*, 87–92. [CrossRef]

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ARTÍCULO II
[PAPER 2]

International Journal of
Environmental Research and Public Health

MDPI

Article

Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population

Samuel Manzano-Carrasco [1], Jose Luis Felipe [2,*], Javier Sanchez-Sanchez [2], Antonio Hernandez-Martin [1], Ivan Clavel [3], Leonor Gallardo [1] and Jorge Garcia-Unanue [1]

1 Investigación en Gestión de Organizaciones Instalaciones Deportivas Research Group, Faculty of Sport Sciences, University of Castilla-La Mancha, 45071 Toledo, Spain; samuel.manzano@uclm.es (S.M.-C.); antonio.hmartinsan@uclm.es (A.H.-M.); leonor.gallardo@uclm.es (L.G.); jorge.garciaunanue@uclm.es (J.G.-U.)
2 School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, 28670 Madrid, Spain; javier.sanchez2@universidadeuropea.es
3 Department of Physical Education and Sport, Faculty of Sports Sciences and Physical Education, University of A Coruña, 15008 A Coruña, Spain; clavel.ivan@gmail.com
* Correspondence: joseluis.felipe@universidadeuropea.es; Tel.: +34-912115367

Received: 22 April 2020; Accepted: 7 May 2020; Published: 11 May 2020

check for updates

Abstract: The current study aimed at analyzing the relationship between body composition, adherence to the Mediterranean diet (MD), and physical fitness (PF) in a young active population. A total of 1198 athletes (boys = 875; girls = 323) enrolled in different municipal sports schools participated in this study. Data on adherence to the MD (KIDMED questionnaire), anthropometric measurements, and PF (20 m shuttle run test, handgrip strength, vertical jump and forced spirometry) were collected. Results show that the pubertal boys had a higher score in the KIDMED test than the prepubertal ones (+0.38, $p = 0.28$). Moreover, boys with better adherence to the MD had significantly higher results in handgrip strength (+12.20 regarding low MD group and +9.13 regarding medium MD group, $p < 0.05$), as well as in forced vital capacity (FVC) (+0.66 regarding low MD group and 0.29 regarding medium MD group, $p < 0.05$). No differences were found in the girls. Finally, the result of the KIDMED test is a variable with a positive and significant relationship with cardiorespiratory fitness, along with the FVC, percentage of fat mass, and performance in the vertical jump ($p < 0.05$). It is concluded that adherence to the MD could show a relationship with various PF variables in boys and could be a predictor of cardiorespiratory fitness in both cases.

Keywords: nutrition; physical activity; lifestyle; obesity; adolescents; children

1. Introduction

Childhood is one of the most important periods of life because this is the time when life habits are established, and a large number of physiological and psychological changes happen [1]. Overweight and obesity in childhood and adolescence are associated with adverse health consequences throughout the later stages of life [2]. Moreover, the prevalence of overweight and obesity in children and adolescents has increased in recent years, leading to increased cardiovascular risks and metabolic diseases [3].

Healthy lifestyle interventions are the most common strategies for children and adolescents with obesity. Furthermore, habits acquired at these early ages can be a good predictor of health, preventing

chronic non-communicable diseases. Some of the habits that lead to an active and healthy lifestyle are practicing daily Physical Activity (PA) as well as healthy nutrition patterns [4]. Currently, scientific evidence has shown the efficacy of PA and physical exercise in improving indicators of physical, psychosocial, and cognitive health in schoolchildren [5]. Exercise in the appropriate dose causes a specific adaptive response [6] that manifests itself, among other variables, in an improvement in the components of physical fitness (PF), establishing a direct relationship between PF and the state of health at early ages [7]. Likewise, the promotion of PF in childhood has a protective effect on health during adulthood [8]. Scientific evidence has shown that each component of PF has a positive effect on the health status of young people [9]. Thus, higher levels of cardiorespiratory fitness along with muscular strength and body composition during childhood and adolescence is associated with a healthier cardiovascular profile and a lower risk of death later in life [10]. Improvements in muscular fitness and speed/agility have a positive impact on bone health, cardiovascular levels and the muscular fitness itself [11]. Therefore, following and controlling balanced eating habits together with a good level of PF are important factors for present and future health [10,12].

The Mediterranean diet (MD) [13] has been considered to be a model of healthy diet, demonstrating a reduction in cardiovascular mortality in the population adhering to this eating pattern [14]. In its original definition, the traditional MD is characterized by a high intake of vegetables, legumes, fruits, nuts, and cereals, a high intake of olive oil but a low intake of saturated lipids, a moderately high intake of fish, a low-to-moderate intake of dairy products, a low intake of meat and poultry, and a regular but moderate intake of ethanol, primarily in the form of wine and generally during meals [15]. This MD has been associated with low prevalence and/or incidence with various diseases, including type II diabetes, hypertension, cardiovascular disease, and certain cancers, all of them associated with being overweight [16,17]. Finally, it seems that there is an association between these two healthy habits, since previous studies have revealed that in children, poor diet patterns correspond with excessively sedentary lifestyles, while healthy eating habits are associated with the greater practice of PA [18].

Hence, it is evident in the literature that PF and adherence to the MD, especially during childhood, are determining factors in the prevention of chronic non-communicable diseases, and there seems to be a certain association between them. These represent good indicators of healthy lifestyles, and it is essential to acquire them at an early age since healthy lifestyles are a protecting factor of health in adulthood. Therefore, the purpose of this study was to analyze the relationship between eating habits, body composition, and PF in a young active population.

2. Materials and Methods

2.1. Sample

The present study is descriptive and cross-sectional. The participants were 1198 athletes (875 boys and 323 girls) from six to 17 years old, enrolled in different municipal sports schools in Castilla-La Mancha (in central Spain). The sample was selected using nonprobability sampling. However, although we used this type of sampling, all athletes from the selected municipal sports schools were invited to participate. The participants included in the study were those who, after being previously informed about the objective of the study and the different tests, were authorized through an informative document signed by their respective parents or legal guardians. As an exclusion criterion, we did not include those who were exempt from participation in a training session. The athletes were evaluated individually on a single occasion. Furthermore, the Marshall and Tanner test was used to control the pubertal status of the participants [19,20]. A total of 527 boys and 230 girls were classified as prepubertal (stage I), and 348 boys and 93 girls were classified as pubertal (stages II and III). In addition, hours per week of planned out-of-school PA were registered.

This research was carried out in compliance with the standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision, Brazil) and following the guidelines of the European Community for Good Clinical

Practice (111/3976/88, July 1990). This study was approved by the Bioethics Committee for Clinical Research of the Virgen de la Salud Hospital in Toledo, Spain (REF: 508/17042020).

2.2. Procedures

2.2.1. Eating Habits

The existence of possible eating disorders and adherence to the MD was determined using the KIDMED questionnaire. This test, previously validated, contains a 16-question test where the index varies from 0 to 12 [21]. Questions that present negative aspects in relation to the MD are scored with a value of −1, and those with positive aspects with +1. The KIDMED index is the sum of all values from the administered test is categorized into three different levels—(1) low adherence (very low-quality diet, 0–3); (2) medium adherence (improvement of the diet is needed, 4–7); (3) and high adherence (optimal adherence to the MD, 8–12) [21].

2.2.2. Anthropometric Measurements

Each individual athlete had an anthropometric evaluation. For this, a portable segmental analyzer of multifrequency body composition (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokyo, Japan) was used to measure weight (kg), fat mass (%), and lean mass (%). The Body Mass Index (BMI) was calculated with the weight (in kilograms) divided by the squared height (in meters). The height (m) was measured with a height rod (Seca 214, Hamburg, Germany). All participants were evaluated with clothes and without sports.

2.2.3. Physical Fitness

The different parameters of PF were assessed following the protocols of the ALPHA health-related fitness battery [22]. Cardiorespiratory fitness was evaluated with the 20 m shuttle run test (20 mSRT). This maximum and progressive test measures the maximum cardiorespiratory fitness [23]. Participants were required to run, in a straight line, between two lines distanced 20 m apart and maintaining speeds provided by acoustic signals from an audio speaker with Bluetooth technology. According to the protocol by Léger et al. [24], the initial speed was 8.5 km × h^{-1}, which was increased by 0.5 km × h^{-1} each min (1 min = one stage). The test was finished when the athletes failed to reach the end lines before the audio signal on two occasions or when stopped because of fatigue. Athletes were allowed to perform the test once.

Muscular fitness was evaluated using the handgrip strength and vertical jump. Upper-body muscular strength (kg) was valued through the handgrip strength test using a hand dynamometer with adjustable grip (TKK 5001 Grip A., Tokyo, Japan). Participants were given a short demonstration and verbal order for the test, and the dynamometer was regulated according to the child's hand size. Subjects had to continuously tighten for 2 s with the elbow position in full extension. The test was repeated twice (right hand and left hand alternately). The best score of the two attempts for each player was chosen to the nearest 1 g [22].

Lower-body muscular strength was calculated by means of the vertical jumping test. Maximal vertical jump height was assessed to the nearest 0.1 cm during a countermovement jump (CMJ) with arm swing using photoelectric cells consisting of two parallel bars (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy), which measure flight time taken as the duration between take-off and landing. Each participant was familiarized with the CMJ test prior to data collection. Participants were instructed to jump as high as possible, with a rapid, preparatory downward eccentric action while arms were freely able to be moved. All participants completed three jumps separated by 1 min of passive recovery with the highest jump taken as the final outcome measure. The CMJ arm swing test is a valid and reliable field test for the assessment of muscular fitness [25]. These results of PF variables were transformed into standardized values of percentiles according to age and sex [26,27].

Finally, respiratory capacity was recorded through forced spirometry. This test consists of a physiological test that measures how a subject inhales or exhales volumes of air as a function of time [28]. Each of the athletes performed a maximum inspiration using a spirometer, no more than two seconds of apnea, and a maximum expiration until there is no air left in the lungs. The most important aspects of spirometry are the forced vital capacity (FVC), which is the volume delivered during an expiration made as forcefully and completely as possible starting from full inspiration, and the forced expiratory volume (FEV) in one second, which is the volume delivered in the first second of an FVC maneuver [28]. Moreover, other spirometric variables were also assessed. Two measurements were implemented for each athlete, and the best measurements was preserved.

2.3. Statistical Analysis

Results are presented as means (M) ± standard deviations (SD). The Kolmogorov–Smirnov test showed a non-normal behavior of the variables; therefore, non-parametric tests were used. Firstly, the U Mann–Whitney test was performed to compare KIDMED scores based on the pubertal status. After that, the Kruskal–Wallis H test was performed to compare to compare the different body composition and PF variables between the three MD adherence groups. Where differences were identified, post-hoc pairwise comparisons were performed using Dunn–Bonferroni tests available on SPSS v21.0. (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Furthermore, Cohen's d was calculated to assess the effect size of differences [29]. Finally, the relationship between KIDMED score and the main PF parameters: 20 mSRT (min), handgrip (kg), CMJ (cm), and FVC (l) was evaluated by linear regression analysis. Four models were estimated, one for each main PF parameters, including the rest of the PF variables, sex, age, BMI, weekly PA (mins/day), fat mass (%), and KIDMED score as independent variables. Because sex, age, and BMI are included as control variables, 20 mSRT, handgrip, and CMJ were included as min, kg, and cm, respectively, and not as percentile (i.e., the regression lines fit better this way). The objective the estimations is not to get the tightest model with fewer variables but to analyze the existing relationship between all of them, including control variables in the model. Therefore, linear regression by the ordinary least square method was estimated. The model did not present problems of heteroscedasticity or normality of errors of residuals. Moreover, variance inflation factor (VIF) was calculated to adjust the regression and prevent multicollinearity problems. The statistical significance was established as $p < 0.05$.

3. Results

The percentages of adherence to the MD not shown significant differences between boys and girls. A total of 7.1% of the boys ($n = 62$) had a very low diet quality, 57.6% ($n = 504$) needed to improve their diet, and 35.3% ($n = 309$) had optimal adherence to the MD. On the other hand, 7.1% of the girls ($n = 23$) had a very low diet quality, 59.8% ($n = 193$) needed to improve the diet, and 33.1% ($n = 107$) had good adherence to the MD. The comparative analysis between prepuberal and pubertal (Figure 1) in total KIDMED score only reveal significant differences in the case of the boys, but with trivial effect size (−0.37, $p = 0.28$, ES: 0.17).

Table 1 shows the differences between adherence to the MD groups in each sex. The high MD group presented significantly higher values in handgrip strength compared to low (+12.20, $p = 0.007$, ES: 0.42) and medium adherence to the MD (+9.13, $p < 0.001$, ES: 0.28). The cardiorespiratory variables show significant growth in each MD group. Medium MD showed better values than low MD in all cardiorespiratory values except FEV_1/FVC ($p < 0.05$, ES: 0.34 to 0.46), as is the case with high MD compared to low MD ($p < 0.05$; ES: 0.57 to 0.62). The high MD group also presented higher values than medium MD group in FVC (+0.29, $p = 0.001$, ES: 0.28), FEV_1 (+0.22, $p = 0.002$, ES: 0.25) and Forced Expiratory Flow ($FEF_{25–75}$) (+0.19, $p = 0.042$, ES: 0.18). However, there are no significant differences between groups in the case of girls.

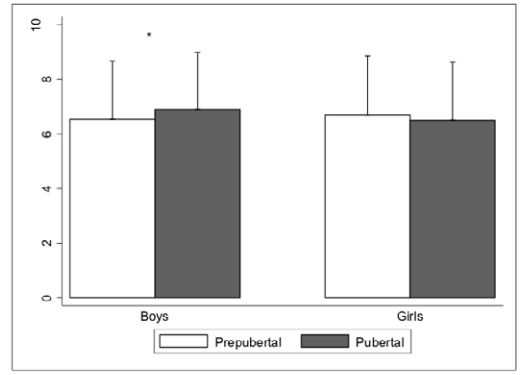


Figure 1. Differences between pubertal status. * Differences between prepubertal and pubertal groups, $p < 0.05$

Table 1. Differences between groups adherence to the Mediterranean diet (MD).

		Low MD ($n = 85$)	Medium MD ($n = 697$)	High MD ($n = 416$)
Group	**Variable**	**M ± SD**	**M ± SD**	**M ± SD**
Boys	BMI [1] (kg/m^2)	18.99 ± 3.61	19.83 ± 3.57	20.17 ± 3.87
	Fat mass (%)	21.82 ± 6.09	22.50 ± 6.62	22.46 ± 6.83
	Muscle mass (%)	73.88 ± 5.72	73.38 ± 6.24	73.43 ± 6.44
	20 mSRT (percentile)	61.31 ± 25.66	64.24 ± 24.08	66.41 ± 23.84
	Handgrip (percentile)	47.94 ± 28.43	52.01 ± 28.53	60.13 ± 29.07 [a,b]
	CMJ (percentile)	48.82 ± 26.83	43.59 ± 26.95	40.95 ± 25.52
	FVC (l)	2.45 ± 0.99	2.81 ± 0.97 [a]	3.10 ± 1.11 [a,b]
	FEV_1 (l)	2.21 ± 0.87	2.50 ± 0.85 [a]	2.72 ± 0.92 [a,b]
	PEF (l/s)	4.02 ± 1.48	4.70 ± 1.52 [a]	4.90 ± 1.56 [a]
	$FEF_{25–75}$ (l/s)	2.57 ± 0.93	3.00 ± 1.06 [a]	3.19 ± 1.12 [a,b]
	FEV_1/FVC (%)	88.80 ± 9.12	88.79 ± 8.33	87.97 ± 7.71
Girls	BMI (kg/m^2)	19.29 ± 3.76	19.33 ± 3.83	19.72 ± 3.60
	Fat mass (%)	26.97 ± 5.56	26.46 ± 5.64	27.46 ± 6.02
	Muscle mass (%)	69.26 ± 5.26	69.71 ± 5.32	68.77 ± 5.70
	20 mSRT (percentile)	65.65 ± 23.95	72.92 ± 23.26	76.10 ± 20.12
	Handgrip (percentile)	55.00 ± 30.64	53.79 ± 30.42	53.98 ± 30.18
	CMJ (percentile)	52.67 ± 18.31	52.08 ± 26.18	49.33 ± 27.61
	FVC (l)	2.40 ± 0.77	2.42 ± 0.84	2.36 ± 0.76
	FEV_1 (l)	2.14 ± 0.58	2.18 ± 0.73	2.14 ± 0.67
	PEF (l/s)	3.89 ± 1.10	3.97 ± 1.21	4.20 ± 1.34
	$FEF_{25–75}$ (l/s)	2.45 ± 0.77	2.69 ± 0.90	2.85 ± 0.97
	FEV_1/FVC (%)	88.12 ± 8.92	89.58 ± 6.42	91.17 ± 5.77

[1] BMI, body mass index; 20 mSRT, 20 m shuttle run test; CMJ, countermovement jump; FVC, forced vital capacity; FEV_1, forced expiratory volume; PEF, peak expiratory flow; FEF_{25-75}, mean forced expiratory flow between 25% and 75% of FVC_1. [a] = differences vs low MD; [b] = differences vs medium MD.

Finally, Table 2 shows the relationship between main PF fitness parameters, KIDMED score, and other control variables. All models showed an important fit. KIDMED score only has a significant influence in 20 mSRT ($p = 0.032$). Age showed a positive and significant influence in all PF parameters ($p < 0.01$), and fat mass showed a negative and significant influence ($p < 0.05$). BMI showed a significant and negative relationship with 20 mSRT ($p < 0.05$) and a positive relationship with handgrip and FVC ($p < 0.01$). Finally, all PF variables have a significant and positive relationship ($p < 0.05$), except 20 mSRT and handgrip.

Table 2. Relationship of KIDMED score and physical fitness parameters (standard errors between brackets).

Variable	20 mSRT (min)		Handgrip (kg)		CMJ (cm)		FVC (l)	
Sex	−0.58	(0.14) **	−0.33	(0.46)	1.54	(0.36) **	0.04	(0.04)
Age (years)	0.15	(0.04) **	0.73	(0.14) **	0.55	(0.11) **	0.12	(0.01) **
Weekly PA (min/day)	0.05	(0.03)	−0.19	(0.10) *	0.17	(0.08) *	0.02	(0.01)
KIDMED score	0.06	(0.03) *	0.16	(0.08)	−0.10	(0.07)	−0.01	(0.01)
BMI	−0.09	(0.04) *	0.81	(0.11) **	−0.03	(0.10)	0.08	(0.01) **
Fat mass (%)	−0.05	(0.02) *	−0.20	(0.06) **	−0.30	(0.05) **	−0.02	(0.01) **
20 mSRT (min)		-	0.00	(0.14)	0.89	(0.10) **	0.04	(0.01) **
Handgrip (kg)	0.00	(0.01)		-	0.17	(0.03) **	0.02	(0.00) **
CMJ (cm)	0.14	(0.02) **	0.27	(0.05) **		-	0.01	(0.01) *
FVC (l)	0.43	(0.15) **	2.82	(0.46) **	0.91	(0.38) *		-
Constant	2.25	(0.51) **	−12.24	(1.54) **	12.77	(1.18) **	−0.85	(0.15) **
R^2	0.65		0.76		0.75		0.81	
F	104.46 **		178.25 **		170.93 **		243.52 **	

PA, physical activity; BMI, body mass index; 20 mSRT, 20 m shuttle run test; CMJ, countermovement jump; FVC, forced vital capacity. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

4. Discussion

This study examined the relationship between adherence to the MD, body composition and PF in a cohort study of 1198 young active population. The data obtained from the KIDMED questionnaire in children (low 7.1%, moderate 57.6% and high adherence to the MD, 35.3%) are superior to the studies carried out in Mediterranean countries [30]. Results showed a positive tendency to sustain and improve patterns associated with this type of diet, given that 92.2% of our population shows moderate or optimal adherence to the MD. Therefore, a more active lifestyle is related to a higher score in the KIDMED [31,32]. Besides adherence to good eating habits, no differences were found according to gender, as previously evidenced [30], caused by context and similar lifestyle in both genders [33]. However, there were significant differences between prepubertal and pubertal children. Notably, prepubertal children show a distinct metabolic profile than pubertal or adolescent subjects and respond differently to metabolic challenges [34]. Therefore, these findings may be due to the combination of different factors in women, such as the ideal of thinness or the exaltation of the body, the stigmatization of obesity, the evolution of gender stereotypes, and the aggressiveness of marketing [35]. In addition, it is important highlight the importance of parental support and the influence of the school environment for the generation of healthy habits [36].

When analyzing the results of the differences between groups adherence to the MD regarding body composition, a greater percentage of body fat was detected in the girl population in each MD group. Similar results have been previously reported [4,37]. It might be attributed to a sedentary lifestyle and a superior level of physical inactivity in this population [38]. Muscle mass had a higher percentage in children in each MD group. However, despite the differences in the aforementioned variables with respect to gender, percentage of body fat and percentage of muscle mass at the various levels of body composition were established in previous studies [39]. No significant differences in BMI were found between boys and girls due to daily PA that positively affects their BMI [40]. The results show how ideal adherence to the MD appears to be associated with elevated levels of cardiorespiratory fitness. Similarly, participants with high adherence to the MD had better parameters of respiratory capacity due to a better body composition and cardiorespiratory profile caused by the PA that the subject's practice [14,16]. The results obtained in handgrip strength show differences between low MD and medium MD and between medium MD and high MD in children. The increase in BMI, percentage of fat, and muscle mass due to PA causes higher levels of strength in the handgrip test [1,41]. However, girls have almost identical values in BMI and do not obtain significant differences in the percentile of handgrip strength with respect to the MD.

Similarly, one of the strengths of this study is that it allows us to predict better performance on the 20 mSRT as the KIDMED score increases. However, KIDMED score (0–12 punctuation) did not

have a clear relationship with the other PF parameters. The influence of good eating habits on the PF of the population, especially in childhood, has been previously demonstrated [42,43] and could be explained by lifestyle factors, which could interact with each other in a synergistic way to influence PA level [44,45]. In any case, early adherence to the MD is key to preventing an increased risk of cardiovascular disease, metabolic syndrome, overweight, or obesity during adulthood [46,47].

Therefore, this study identifies how an optimal adherence to the MD presents a positive relationship with various PF variables in boys and is a good predictor of cardiorespiratory fitness in both cases. This study contributes suggestions on future strategies of health and educational programs, which should be based on the prevention of different diseases such as for overweight and obesity. Therefore, it is important to promote good eating and active, healthy lifestyle habits among the new generations.

This study presents certain limitations that must be explained. First, the data collection using the KIDMED questionnaire was self-reported, which could lead to an error in the reports and to memory bias due to the nature of the study. Second, it is important to highlight that socioeconomic status can affect the acquisition of good healthy habits and adherence to the MD. Finally, although the KIDMED index is the instrument most commonly used to determine the adherence to the MD, it may have been interesting to obtain information on the frequency of consumption of certain foods characteristic of the Mediterranean pattern.

5. Conclusions

These results suggest that good eating habits and the practice of physical activity and sport are associated with health benefits as well as for physical fitness, mainly in boys. Thus, it is important to develop active and healthy habits from an early age, promoting strategies, public sports policies, and public health to fight off the negative health effects of incorrect eating habits and low levels of physical fitness.

Author Contributions: Conceptualization, J.S.-S. and J.G.-U.; data curation, A.H.-M. and I.C.; formal analysis, J.G.-U.; investigation, S.M.-C., J.L.F., and A.H.-M.; methodology, S.M.-C.; project administration, L.G.; resources, J.S.-S., L.G., and J.L.F.; software, J.G.-U.; supervision, L.G. and J.L.F.; validation, J.G.-U. and J.L.F.; writing—original draft, S.M.-C. and I.C. and J.G.-U.; writing—review and editing, J.S.-S., J.L.F., and J.G.-U. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: No funding has been received for the development of this study.

Acknowledgments: The authors thank the different sports municipal schools for their support and collaboration, and also all those athletes who contributed in this research. S.M.-C. acknowledges the University of Castilla-La Mancha for funding the development of his Ph.D. (2019/5964). A.H.-M. acknowledges the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities for funding the development of his Ph.D. (Grant Number: FPU18/03222). J.G.-U. acknowledges "Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Programa Operativo de la Región de Castilla-La Mancha" (2018/11744) for funding the development of his research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Galan-Lopez, P.; Domínguez, R.; Pihu, M.; Gísladóttir, T.; Sánchez-Oliver, A.J.; Ries, F. Evaluation of Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to Mediterranean Diet in Adolescents from Estonia: The AdolesHealth Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 4479. [CrossRef] [PubMed]
2. Bentham, J.; Di Cesare, M.; Bilano, V.; Bixby, H.; Zhou, B.; Stevens, G.A.; Cisneros, J.Z. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* **2017**, *390*, 2627–2642. [CrossRef]
3. Franks, P.W.; Hanson, R.L.; Knowler, W.C.; Sievers, M.L.; Bennett, P.H.; Looker, H.C. Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *N. Engl. J. Med.* **2010**, *362*, 485–493. [CrossRef] [PubMed]

4. Galan-Lopez, P.; Ries, F.; Gisladottir, T.; Domínguez, R.; Sánchez-Oliver, A.J. Healthy lifestyle: Relationship between Mediterranean diet, body composition and physical fitness in 13 to 16-years old Icelandic students. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 2632. [CrossRef] [PubMed]
5. Poitras, V.J.; Gray, C.; Borghese, M.; Carson, V.; Chaput, J.-P.; Janssen, I.; Tremblay, M.S. Systematic review of the relationships between physical activity and health indicators in the early years (0–4 years). *BMC Public Health* **2017**. [CrossRef] [PubMed]
6. Braaksma, P.; Stuive, I.; Garst, R.; Wesselink, C.F.; van der Sluis, C.K.; Dekker, R.; Schoemaker, M.M. Characteristics of physical activity interventions and effects on cardiorespiratory fitness in children aged 6–12 years—A systematic review. *J. Sci. Med. Sport* **2018**, *21*, 296–306. [CrossRef]
7. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int. J. Obes.* **2018**, *32*, 1–11. [CrossRef]
8. Fraser, B.J.; Huynh, Q.L.; Schmidt, M.D.; Dwyer, T.; Venn, A.J.; Magnussen, C.G. Childhood muscular fitness phenotypes and adult metabolic syndrome. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*. [CrossRef]
9. Caspersen, C.J.; Powell, K.E.; Christenson, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* **1985**, *100*, 126–131.
10. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Sjöström, M.; Suni, J.; Castillo, M.J. Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 909–923. [CrossRef]
11. Vanhelst, J.; Ternynck, C.; Ovigneur, H.; Deschamps, T. Normative health-related fitness values for French children: The Diagnoform Programme. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2019**. [CrossRef] [PubMed]
12. Fraser, B.J.; Schmidt, M.D.; Huynh, Q.L.; Dwyer, T.; Venn, A.J.; Magnussen, C.G. Tracking of muscular strength and power from youth to young adulthood: Longitudinal findings from the Childhood Determinants of Adult Health Study. *J. Sci. Med. Sport* **2017**, *20*, 927–931. [CrossRef] [PubMed]
13. Keys, A.; Mienotti, A.; Karvonen, M.J.; Aravanis, C.; Blackburn, H.; Buzina, R.; Kromhout, D. The diet and 15-year death rate in the seven countries study. *Am. J. Epidemiol.* **1986**, *124*, 903–915. [CrossRef] [PubMed]
14. Estruch, R.; Ros, E.; Salas-Salvadó, J.; Covas, M.I.; Corella, D.; Arós, F.; Martinez-Gonzalez, M.A. Primary prevention of cardiovascular disease with a mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N. Engl. J. Med.* **2018**, *378*, 1–14. [CrossRef] [PubMed]
15. Willett, W.C.; Sacks, F.; Trichopoulou, A.; Drescher, G. Mediterranean diet pyramid: A cultural model for healthy eating. *Am. J. Clin. Nutr.* **1995**, *61*, S1402–S1406. [CrossRef]
16. Archero, F.; Ricotti, R.; Solito, A.; Carrera, D.; Civello, F.; Di Bella, R.; Prodam, F. Adherence to the mediterranean diet among school children and adolescents living in northern Italy and unhealthy food behaviors associated to overweight. *Nutrients* **2018**, *10*, 1322. [CrossRef]
17. Lopez-Gil, J.F.; Brazo-Sayavera, J.; García-Hermoso, A.; Yuste Lucas, J.L. Adherence to mediterranean diet with Physical Fitness and Physical Activity in Schoolchildren Aged 6–13. *Nutrients* **2020**, *12*, 567. [CrossRef]
18. Buja, A.; Grotto, G.; Brocadello, F.; Sperotto, M.; Baldo, V. Primary school children and nutrition: Lifestyles and behavioral traits associated with a poor-to-moderate adherence to the Mediterranean diet. A cross-sectional study. *Eur. J. Pediatrics* **2020**. [CrossRef]
19. Mirwald, R.L.; Baxter-Jones, A.D.; Bailey, D.A.; Beunen, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2002**, *34*, 689–694. [PubMed]
20. Marshall, W.A.; Tanner, J.M. Variations in pattern of pubertal changes in boys. *Arch. Dis. Child.* **1970**, *45*, 13–23. [CrossRef]
21. Serra-Majem, L.; Ribas, L.; Ngo, J.; Ortega, R.M.; García, A.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 931–935. [CrossRef] [PubMed]
22. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; España-Romero, V.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Cuenca, M.M.; Gutiérrez, Á. Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 518–524. [CrossRef] [PubMed]
23. Stickland, M.K.; Petersen, S.R.; Bouffard, M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can. J. Appl. Physiol.* **2003**, *28*, 272–282. [CrossRef] [PubMed]
24. Leger, L.A.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* **1988**, *6*, 93–101. [CrossRef] [PubMed]

25. Glatthorn, J.F.; Gouge, S.; Nussbaumer, S.; Stauffacher, S.; Impellizzeri, F.M.; Maffiuletti, N.A. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J. Strength Cond. Res.* **2011**, *25*, 556–560. [CrossRef]
26. Gulías-González, R.; Sánchez-López, M.; Olivas-Bravo, Á.; Solera-Martínez, M.; Martínez-Vizcaíno, V. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: Reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J. Sch. Health* **2014**, *84*, 625–635. [CrossRef] [PubMed]
27. Castro-Piñero, J.; González-Montesinos, J.L.; Mora, J.; Keating, X.D.; Girela-Rejón, M.J.; Sjöström, M.; Ruiz, J.R. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: Influence of weight status. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 2295–2310. [CrossRef]
28. Miller, M.R.; Hankinson, J.A.T.S.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Coates, A.; Jensen, R. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* **2005**, *26*, 319–338. [CrossRef]
29. Cohen, J. Quantitative methods in psychology: A power primer. *Psychol Bull.* **1992**, *112*, 155–159. [CrossRef]
30. Grosso, G.; Marventano, S.; Buscemi, S.; Scuderi, A.; Matalone, M.; Platania, A.; Mistretta, A. Factors associated with adherence to the Mediterranean diet among adolescents living in Sicily, Southern Italy. *Nutrients* **2013**, *5*, 4908–4923. [CrossRef]
31. García, J.E.M.; López, A.D.A.; Soto, J.J.P.; Guillamón, A.R.; Marcos, M.L.T.; Cantó, E.G.; López, P.J.T. Phisical activity practice according to adherence to the Mediterranean diet, alcohol consumption and motivation in adolescents. *Nutr. Hosp. Organo Of. Soc. Española Nutr. Parenter. Enter.* **2019**, *36*, 420–427.
32. Moral-García, J.E.; Agraso-López, A.D.; Ramos-Morcillo, A.J.; Jiménez, A.; Jiménez-Eguizábal, A. The Influence of Physical Activity, Diet, Weight Status and Substance Abuse on Students' Self-Perceived Health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 1387. [CrossRef] [PubMed]
33. Martinez, E.; Llull, R.; del Mar Bibiloni, M.; Pons, A.; Tur, J.A. Adherence to the Mediterranean dietary pattern among Balearic Islands adolescents. *Br. J. Nutr.* **2010**, *103*, 1657–1664. [CrossRef] [PubMed]
34. Leal-Witt, M.J.; Ramon-Krauel, M.; Samino, S.; Llobet, M.; Cuadras, D.; Jimenez-Chillaron, J.C.; Lerin, C. Untargeted metabolomics identifies a plasma sphingolipid-related signature associated with lifestyle intervention in prepubertal children with obesity. *Int. J. Obes.* **2018**, *42*, 72–78. [CrossRef]
35. Toro, J.; Gila, A.; Castro, J.; Pombo, C.; Guete, O. Body image, risk factors for eating disorders and sociocultural influences in Spanish adolescents. *Eat. Weight Disord.-Stud. Anorex. Bulim. Obes.* **2005**, *10*, 91–97. [CrossRef]
36. Garcia, F.; Serra, E.; Garcia, O.F.; Martinez, I.; Cruise, E. A third emerging stage for the current digital society? Optimal parenting styles in Spain, the United States, Germany, and Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2019**, *16*, 2333. [CrossRef]
37. Barker, A.R.; Gracia-Marco, L.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Aparicio-Ugarriza, R.; González-Gross, M.; Widhalm, K. Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *Int. J. Cardiol.* **2018**, *254*, 303–309. [CrossRef]
38. Biddle, S.J.; Bengoechea, E.G.; Wiesner, G. Sedentary behaviour and adiposity in youth: A systematic review of reviews and analysis of causality. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 43. [CrossRef]
39. Moreno, L.A.; Mesana, M.I.; González-Gross, M.; Gil, C.M.; Fleta, J.; Wärnberg, J.; Bueno, M. Anthropometric body fat composition reference values in Spanish adolescents. The AVENA Study. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2006**, *60*, 191–196. [CrossRef]
40. Ferreira, L.; Vieira, J.L.L.; Silva, P.N.D.; Chaves, R.N.D.; Fernandes, R.A.; Cheuczuk, F.; Caçola, P. The role of sport participation and body mass index in predicting motor competence of school-age children. *J. Phys. Educ.* **2019**, *30*. [CrossRef]
41. Garcia-Pastor, T.; Salinero, J.J.; Sanz-Frias, D.; Pertusa, G.; Del Coso, J. Body fat percentage is more associated with low physical fitness than with sedentarism and diet in male and female adolescents. *Physiol. Behav.* **2016**, *165*, 166–172. [CrossRef] [PubMed]
42. Garcia-Hermoso, A.; Vegas-Heredia, E.D.; Fernández-Vergara, O.; Ceballos-Ceballos, R.; Andrade-Schnettler, R.; Arellano-Ruiz, P.; Ramírez-Vélez, R. Independent and combined effects of handgrip strength and adherence to a Mediterranean diet on blood pressure in Chilean children. *Nutrition* **2019**, *60*, 170–174. [CrossRef] [PubMed]
43. Muros, J.J.; Cofre-Bolados, C.; Arriscado, D.; Zurita, F.; Knox, E. Mediterranean diet adherence is associated with lifestyle, physical fitness, and mental wellness among 10-y-olds in Chile. *Nutrition* **2017**, *35*, 87–92. [CrossRef] [PubMed]

44. Tambalis, K.D.; Panagiotakos, D.B.; Psarra, G.; Sidossis, L.S. Concomitant associations between lifestyle characteristics and physical activity status in children and adolescents. *J. Res. Health Sci.* **2019**, *19*, e00439. [PubMed]
45. Iacarino-Idelson, P.; Scalfi, L.; Valerio, G. Adherence to the Mediterranean Diet in children and adolescents: A systematic review. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* **2017**, *27*, 283–299. [CrossRef]
46. Gotsis, E.; Anagnostis, P.; Mariolis, A.; Vlachou, A.; Katsiki, N.; Karagiannis, A. Health benefits of the Mediterranean diet: An update of research over the last 5 years. *Angiology* **2015**, *66*, 304–318. [CrossRef]
47. Serra-Majem, L.; Roman, B.; Estruch, R. Scientific evidence of interventions using the Mediterranean diet: A systematic review. *Nutr. Rev.* **2006**, *64*, 27–47. [CrossRef]

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ARTÍCULO III
[PAPER 3]

European Journal of Public Health, Vol. 32, Supplement 1, i67–i72
© The Author(s) 2022. Published by Oxford University Press on behalf of the European Public Health Association.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac075

Differences in body composition and physical fitness parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: the active health study

Samuel Manzano-Carrasco[1], Jorge Garcia-Unanue[1], Jorge Lopez-Fernandez[1,2], Antonio Hernandez-Martin[1], Javier Sanchez-Sanchez[2], Leonor Gallardo[1], Jose Luis Felipe[2]

1 IGOID Research Group, Physical Activity and Sport Sciences Department, Faculty of Sport Sciences, University of Castilla-La Mancha, Toledo, Spain
2 School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, Madrid, Spain

Correspondence: Jorge Lopez-Fernandez, School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, Edificio D, sala de profesores, c/Tajo, s/n, 28670 Villaviciosa de Odón, Madrid, Spain, Tel: +34 629 424 022,
e-mail: jorge.lopez@universidadeuropea.es

Background: This study aimed to analyze the associations of maturity status, chronological age and sex with physical fitness and body composition among active children. **Methods:** A total of 1682 children (72% boys; age = 11.22 ± 2.64 years; height = 147.57 ± 15.87 cm; weight = 44.55 ± 15.29 kg) from rural areas participating in extracurricular sports were divided into four groups according to their sex and maturity status (prepubertal and pubertal according to stages described by Tanner). Body composition (body mass index, muscle mass and fat mass) and physical fitness (20-m shuttle-run test, handgrip strength and vertical jump) were assessed using standardized procedures. A two-way ANOVA and product–moment correlations were performed. **Results:** Prepubertal boys had more fat mass (%) than pubertal boys [$P<0.001$; effect size (ES): 0.45], while prepubertal girls had more muscle mass (%) than pubertal girls ($P<0.001$; ES: 0.47). The pubertal group displayed higher fitness outcomes (absolute values) regardless of sex ($P<0.05$). However, the prepubertal group had higher percentile values in the 20-m shuttle-run test and vertical jumps than the pubertal group regardless of sex ($P < 0.001$; ES: 0.29–0.48). All the measures of physical fitness were positively associated with chronological age and muscle mass (%). **Conclusions:** Although absolute values of body composition and physical fitness appear to increase among pubertal children participating in extracurricular sports, the percentiles indicate that puberty is accompanied with a loss of a physical fitness levels. Thus, extracurricular sports might not be enough to enhance fitness among adolescents.

Introduction

Biological maturation is the process of progressing towards a mature state, and can be defined in terms of status (specific stage or extent of change), tempo (rate of change) and maturity timing (onset of change).[1] Depending on the person, the physical and physiological changes that occur within a stage evolve at a different rate.[1] Many physical and physiological changes occur during childhood and adolescence; these are crucial periods of life with respect to the establishment of lifestyle habits.[2] Childhood and adolescence are also characterized by sexually dimorphic changes in body size and composition, as well as morphological and functional changes in cardiorespiratory, metabolic and neuromuscular systems.[3,4] Consequently, during these stages modifiable parameters, such as body composition, physical activity (PA) or physical fitness (PF), are important to track, as they will have a significant impact on the quality of life later in adulthood.[5]

Children of the same chronological age can differ significantly in maturity as some individuals mature earlier or later than their peers.[6] The main difference occurs between boys and girls; skeletal maturity (i.e. higher biological age) occurs earlier in girls than boys,[7] and leads to different adaptations. For instance, boys show a greater tendency to gain lean mass while girls accumulate more body fat.[8] There are also differences in body fat distribution; boys tend to accumulate fat around the waist, and girls tend to accumulate fat peripherally and on the hips.[9] For this reason, anthropometric and body composition differences amongst youths in this period can be controlled and explained through the assessment of maturity status.[10]

Biological maturation and body development are two factors that, together with PA levels, influence PF. A combination of different physiological and psychological parameters necessary for daily activities is considered as constituting PF.[11] The main factors of health-related PF include cardiorespiratory, musculoskeletal and motor fitness.[12] PF is generally recognized as a key determinant of current and future health status in both childhood and adulthood.[12,13] Evidence has shown that changes in PF and body composition occur as a result of the maturation process.[14] However, to achieve higher PF and healthy body composition, adolescents have to participate in regular PA.[15] Accordingly, an active lifestyle improves children and adolescents' metabolic, musculoskeletal, psychosocial, cardiac and cognitive health.[16,17] Despite the health-related benefit of PA and its relationship with PF, it is estimated that 81% of young Europeans do not engage in sufficient daily PA.[18] Participation in extracurricular structured sports after school is a common formula used by rural public organizations for improving the PA levels of children and adolescents.[15] Newer evidence suggests that adolescents enrolled in extracurricular sports activities show low levels of PF or poor body composition values,[19] probably due to a combination of unhealthy behaviours, such as lack of engaging in 60 min of moderate to vigorous PA every day, excessive screen time, or sitting time and higher energy intake.[20] Nonetheless, further research is needed to confirm this evidence and to understand the current habits of the

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

young rural population participating in extracurricular sports, and whether these changes according to age and sex. Therefore, using a cross-sectional study design, this study aimed to investigate the influence of maturity status, chronological age and sex on PF and body composition in a young population participating in extracurricular sports.

Methods

Study design and sample

A cross-sectional study was performed with rural participants aged 6–17 years (age = 11.22 ± 2.64 years; height = 147.57 ± 15.87 cm; weight =44.55 ± 15.29 kg). The study was conducted with a convenience sample enrolled in different municipal sports schools during the 2018–20 school year in Castilla-La Mancha (a region located in the centre of Spain). All participants practised an extracurricular sports activity (e.g. football, basketball, tennis, volleyball, zumba, etc.) at least 2 days a week for 1 h each day. Participants and their parents or legal tutors were informed of the research objectives and test characteristics before the study began. They were required to give their informed consent prior to their son and/or daughters' participation in the testing.

The final study sample was comprised of 1682 children and adolescents (72% boys and 28% girls) and was divided into four subsamples depending on sex (boys and girls) and maturity status (prepubertal and pubertal). Given the significance of maturity in this population, a Marshall and Tanner test[21] was performed using a self-assessment questionnaire with illustrations (with Stage I categorized as prepubertal, and Stages II and III as pubertal). The final four subsamples comprised 792 prepubertal boys, 419 pubertal boys, 348 prepubertal girls and 123 pubertal girls (table 1). All participants were individually assessed prior to a training session of the sport in which they were enrolled. The test lasted between 60 and 90 min, and was conducted in groups of 12–14 participants. PF and body composition tests were administered by qualified personnel and according to the protocol established in the 'Active Health' project. In addition, the PF were administered in such a way that fatigue did not influence the performance of the subsequent assessments.

The study was conducted according to the standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision, Brazil) and the European Community Guidelines for Good Clinical Practice (111/3976/88 July 1990). The instructions for clinical research in humans governed by the Spanish legal framework were followed (Royal Decree 561/1993). The Bioethics Committee for Clinical Research of the Virgen de la Salud Hospital in Toledo (Spain) approved the 'Active Health' project (Ref.: 508/17042020).

Procedures and measurements

Anthropometric measurements

A portable segmental analyser of multifrequency body composition (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokyo, Japan) was used to measure weight (kilograms), fat mass (kilograms and %), and muscle mass (kilograms and %). Height (centimetres) was assessed with a height rod (Seca 214, Hamburg, Germany). Body mass index (BMI) was calculated by dividing weight (kilograms) by squared height (metres). The evaluations were carried out barefoot and with clothes.

Physical fitness

The different parameters of PF were measured using an adapted version of the extended Assessing Levels of Physical Activity health-related fitness battery, which is valid, feasible, reliable and safe for the assessment in children and adolescents.[22] The components are explained below:

Cardiorespiratory fitness was assessed by performing a maximum incremental field test [20-m shuttle-run test (20 mSRT)]. This valid and reliable field test is commonly used in studies involving children and adolescents.[11] Participants had to run between two lines 20 m apart while keeping a pace emitted by acoustic signals in a portable speaker. The initial speed was 8.5 $km h^{-1}$, and this was increased by 0.5 $km h^{-1}$ each minute.[23] The test ended when the participant failed to reach the lines concurrent with the audio signals on two consecutive occasions or when participants stopped because of fatigue. The results were transformed into stages of 1-min duration. The test was performed only once at the very end of the data collection fitness measures, so that performance and fatigue did not interfere with the results of the other tests. Percentile values based on age and sex were used to standardize the test results.[24,25]

An electronic hand dynamometer with adjustable grip was used to evaluate upper-body muscular strength (Constant R Model: 14192-709E). Participants in a full extension elbow position had to close their hand with continuous maximum force for 2 s. The test was alternately performed with the dominant hand and the non-dominant hand. Two attempts were allowed with 30 s of recovery in between. The best score from the dominant hand of each participant was taken into account for an analysis to the nearest 1 g, and was recorded in kilograms.[22]

A countermovement jump test (CMJ) with a free swing of the arms known as an abalakov jump was completed to assess lower-body muscular strength. This test is reliable and valid to assess lower-body muscular power in the young population.[26] Participants were instructed to jump as high as possible and were allowed three attempts with 1 min of recovery between each attempt. A pair of parallel bars with photoelectric cells was used (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy) to measure flight time, i.e. the duration between take-off and landing. Height of jump was recorded in centimetres and calculated to the nearest 0.1 cm. Percentile values based on age and sex were also used to standardize the test results.[24,25]

Table 1 Descriptive characteristics of the participants and body composition and PF variables

Variables	Boys ($n = 1211$)		Girls ($n = 471$)	
	Prepubertal ($n = 792$)	Pubertal ($n = 419$)	Prepubertal ($n = 348$)	Pubertal ($n = 123$)
Age (years)	9.84 ± 1.75	14.35 ± 1.11	9.56 ± 1.79	14.08 ± 1.01
Weekly sports practice (day/week)	3.20 ± 1.53	4.16 ± 2.38	2.74 ± 1.73	3.76 ± 2.53
Sports practice (years)	3.92 ± 2.10	6.13 ± 3.20	3.00 ± 1.76	4.46 ± 2.99
Weight (kg)	38.73 ± 11.56	59.00 ± 13.65	36.58 ± 11.40	55.41 ± 10.48
Height (cm)	140.64 ± 11.75	165.18 ± 9.62	138.13 ± 12.58	159.02 ± 6.68
BMI (kg/m^2)	19.22 ± 3.55[a,b]	21.45 ± 3.74	18.75 ± 3.40[b]	21.87 ± 3.76
Total fat mass (kg)	9.64 ± 5.51[b]	12.69 ± 6.39[a]	9.95 ± 4.99[b]	16.51 ± 6.38
Fat mass (%)	23.60 ± 6.62[a,b]	20.65 ± 6.31[a]	26.13 ± 5.50[b]	28.94 ± 5.96
Total muscle mass (kg)	27.52 ± 6.78[a,b]	43.91 ± 8.49[a]	25.24 ± 6.71[b]	36.92 ± 4.98
Muscle mass (%)	72.23 ± 6.20[a,b]	75.26 ± 5.96[a]	69.99 ± 5.18[b]	67.42 ± 5.65
20 mSRT (stages)	4.97 ± 2.02[a,b]	7.64 ± 2.20[a]	3.84 ± 1.60[b]	4.94 ± 1.64
20 mSRT (pc)	66.26 ± 24.04[a,b]	59.20 ± 24.08	73.61 ± 22.56[b]	61.60 ± 26.71
Handgrip (kg)	18.08 ± 6.18[a,b]	32.68 ± 9.27[a]	16.12 ± 5.50[b]	24.67 ± 4.89
Handgrip (pc)	53.82 ± 28.90[b]	49.55 ± 29.39	53.52 ± 30.93	47.75 ± 27.57
CMJ (cm)	20.79 ± 4.93[a,b]	31.19 ± 6.40[a]	19.71 ± 4.61[b]	25.25 ± 5.25
CMJ (pc)	48.76 ± 26.49[b]	32.86 ± 19.93	50.79 ± 26.07[b]	39.22 ± 23.93

Data are presented as mean ± standard deviation in continuous variables. BMI, body mass index; 20 mSRT, 20-m shuttle-run test; Handgrip, handgrip strength; CMJ, countermovement jump; pc, percentile; kg, kilograms; cm, centimetres.
a: The difference in means between each sex group in each maturity stage is significant at the 0.05 level.
b: The difference in means between maturity stage in each sex group is significant at the 0.05 level.

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

Statistical analysis

Means and standard deviations were presented for all quantitative variables. Firstly, the Kolmogorov–Smirnov test was used to confirm the normal distribution of the data. Differences between groups were evaluated through two-way ANOVA (boys vs. girls; prepubertal vs. pubertal). All anthropometric and PF variables were used as dependent variables. Maturity status and sex were used as fixed factors. The Bonferroni *post hoc* test was carried out to determine the differences amongst groups. Product–moment correlations were performed to evaluate the relationship of chronological age in months and PF variables and the relationship between normalized anthropometric and PF variables. *Z* scores were used to normalize the main anthropometric and PF variables independently for each age and sex group. All data were statistically analyzed using SPSS Version 24.0 for Windows (IBM Corp, Chicago, IL). The level of significance was set at $P < 0.05$.

Results

The differences in body composition variables, separated by sex (boys and girls) and maturity stage (prepubertal and pubertal) are shown in table 1. Significant differences in all body composition variables were found among the four subgroups. Pubertal group showed higher BMI, fat mass (kilograms) and muscle mass (kilograms) than their prepubertal peers in both sexes [$P < 0.05$; effect size (ES): 0.51–2.14]. Prepubertal boys showed significantly higher BMI and muscle mass (kilograms) values compared with prepubertal girls ($P < 0.001$; ES: 0.13–1.03). By contrast, no significant differences were found in the fat mass (kilograms) of prepubertal boys compared with prepubertal girls ($P = 0.40$; ES: 0.05). Pubertal girls showed higher fat mass values (kilograms) compared with pubertal boys ($P < 0.001$; ES: 0.59). Conversely, pubertal boys had more muscle mass (kilograms) compared with pubertal girls ($P < 0.001$; ES: 1.03). No significant differences were found in the BMI of boys and girls in the pubertal stage ($P = 0.25$; ES: 0.11).

On the other hand, prepubertal boys had higher values than pubertal boys in percentage of fat mass ($P < 0.001$; ES: 0.45). However, pubertal boys had higher muscle mass (%) than prepubertal boys ($P < 0.001$; ES: 0.49). In girls, the prepubertal group had a lower percentage of fat mass than pubertal girls ($P < 0.001$; ES: 0.49) but higher muscle mass (%) values than pubertal girls ($P < 0.001$; ES: 0.47). Finally, boys had significantly higher muscle mass (%), but lower fat mass than girls in both maturity groups ($P < 0.001$; ES: 0.39–1.35).

Table 1 also shows the differences in PF parameters separated by sex and stage of maturity. The pubertal group performed significantly better in the 20 mSRT (stages), handgrip strength (kilograms) and CMJ (centimetres) than the prepubertal group in both sex groups ($P < 0.05$; ES: 0.67–1.88). In addition, the prepubertal group revealed higher values in the 20 mSRT (percentiles) and CMJ (percentiles) than the pubertal group in each sex group ($P < 0.001$; ES: 0.29–0.48). Also, the prepubertal boys' group showed higher values in the handgrip test (percentile) than the pubertal group ($P < 0.05$). Nonetheless, no significant differences were found in the prepubertal girls' group in the handgrip test percentiles ($P = 0.875$; ES: 0.19). Boys reported significantly higher values in 20 mSRT (stages), handgrip (kilograms) and CMJ (centimetres) than girls in both maturity groups ($P < 0.05$; ES: 0.22–1.40). By contrast, prepubertal girls showed higher values than prepubertal boys ($P < 0.001$; ES: 0.31) only in the 20 mSRT (percentiles). No significant differences were observed in the percentile of handgrip and CMJ tests between any group ($P > 0.05$; ES: 0.01–0.29).

The correlations between chronological age in months and performance in PF variables (figure 1) showed a positive relationship in boys ($r = 0.61$ for 20 mSRT in stages, $r = 0.79$ for handgrip in

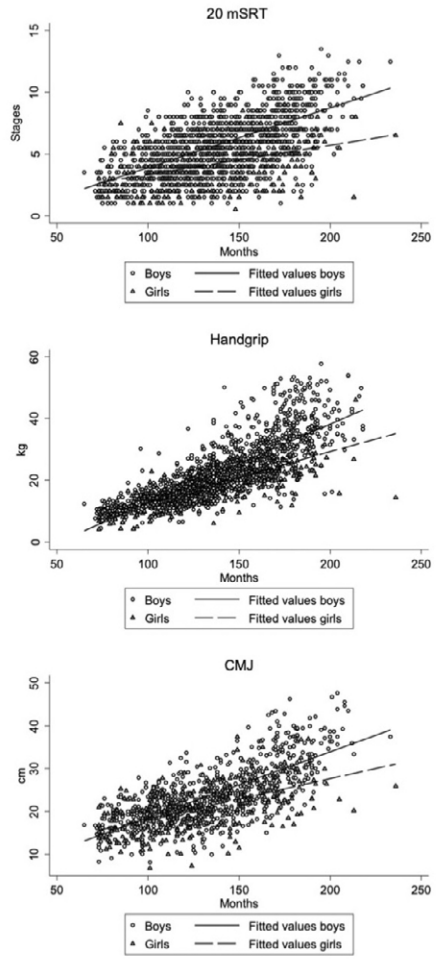


Figure 1 Relationship between age and average performance in PF tests (20 mSRT, handgrip strength and CMJ) for boys and girls aged 6–17. Note: observed values are plotted using triangles and circles for boys and girls, respectively. Solid and dashed lines display the predicted values of the linear regression models in the boys' and girls' groups, respectively

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

kilograms and $r = 0.73$ for CMJ in centimetres) and girls, although the correlation was less robust for girls ($r = 0.24$ for 20 mSRT in stages, $r = 0.45$ for handgrip in kilograms and $r = 0.56$ for CMJ in centimetres).

There was a positive and significant relationship between all the variables of PF and muscle mass (%), normalized in *Z* scores (table 2). The only negative correlation, albeit with a very low coefficient, was between the percentage of muscle mass and handgrip strength. As figure 2 shows, the different parameters that were added to form the global *Z* scores revealed a similar pattern, with negative values in Quartiles 1 and 2, and positive values in Quartiles 3 and 4.

Discussion

This study investigated the influence of maturity status, chronological age and sex on PF and body composition in 1682 children and adolescents from rural areas participating in extracurricular municipal sports. The main findings were that the absolute values of both body composition and PF parameters improved with advanced pubertal stage, regardless of sex. However, with regard to percentiles, PF decreased from prepuberty to puberty. Finally, PF variables were positively correlated with chronological age and muscle mass (%) regardless of sex. For this reason, it may be possible to standardize PF variables, and integrate them into a general or global health indicator.

Body composition and health in adulthood can be preceded by anthropometric changes and PA levels occurring during childhood and adolescence.[27,28] For instance, aligned with previous studies, a significant increase in body height and mass occurs with increasing maturity and chronological age.[29] However, variables, such as PA behaviour might influence changes in adolescents' body composition during puberty.[30] Accordingly, extracurricular sports might positively influence body composition variables in the step from prepuberty to puberty. This is evidenced in this study as the differences found in BMI, fat mass (kilograms and %) and muscle mass (kilograms and %) either in boys or girls engaged in extracurricular sports. However, the methodology of this study does not permit conclusions with regard to cause–effect. The sex comparison revealed that girls engaged in extracurricular sports display higher fat mass and lower muscle mass than boys in both maturity stages. This may be because the girls are often less active than the boys throughout the day.[31] Further research is needed to control and monitor participants' PA levels, as during puberty girls accumulate a higher accumulation of body mass during puberty[32] while boys tend to improve muscle mass due to an increase in testosterone.[33] Nonetheless, despite these changes in body composition during puberty, current results revealed no significant differences in BMI between pubertal boys and girls, suggesting that this indicator might not be accurate enough to determine body composition. In fact, a recent study suggests the maturation process is statistically related to BMI in boys but not in girls.[32]

Scientific evidence has shown that every element of PF has a positive effect on the health status of young people.[34,35] Moreover, high levels of cardiorespiratory fitness, along with muscular strength and good healthy composition during childhood and adolescence, are related to better cardiovascular parameters and a lower risk of death in adulthood.[12,36] In this study, the pubertal group showed higher performance in all tests compared to both prepubertal groups. These findings align with a previous study in which athletes with higher maturity offset performed significantly better in various PF tests compared with those athletes with lower values.[29] Accordingly, some of the consequences of maturation (e.g. increase in body size, hormones, etc.) are related to the improvements in various PF components and muscle strength.[37] Understanding how PA habits influence changes in PF in the transition from prepuberty to puberty is paramount to improving the health of adolescents and adults. When analyzed by percentile of the 20 mSRT test, prepubertal boys and girls were more fit than pubertal boys and girls, despite pubertal boys displaying higher outcomes. This fact might be due to PA levels seeming to decrease with age, and adolescents engaging in lower PA than children. Furthermore, pubertal adolescents also seem to accumulate more daily sitting time than prepubertal children.[38] Therefore, although further research is needed, this study provides evidence that extracurricular sports activities and physical education classes might not be enough to maintain PF levels of children during the adolescence. Additionally, the participants in this study displayed lower performance in the PF test than the reference sample from the study of Gulías-González et al.[25] This means that despite participating in extracurricular sports, today's young population are less physically fit than those studied in 2014. Thus, despite the limitations of this study, our findings support the inclusion of PF components in national monitoring surveillance to better understand the effectiveness of PA policies.

Finally, this study evidence indicates that all measures of PF had a positive relationship with chronological age and muscle mass (%), regardless of sex. Accordingly, although boys and girls show similar performance in the prepubertal stage, boys increase their performance in PF tests compared to the girls as the stage of maturation increases. In our results, a positive association in all PF variables existed, while the sum of all the PF indicators produced an overall result at different stages of maturation. Based on the methodology of Mora-Gonzalez et al.,[39] these findings suggest that the PF could be standardized and combined to form a global health indicator that might guide the decision-making of practitioners involved in children and adolescents' PA and sport (such as physical education teachers or coaches). This indicator should be complemented by specific proposals and behaviour change strategies (depending on sex and maturity status) in each stage to increase daily PA and the acquisition of healthy habits.

There are some limitations to be considered when interpreting the present results. First, the study has a cross-sectional design, and factors, such as general activity, sedentary behaviour and diet, were not controlled. Furthermore, cause and effect could not be confirmed. Longitudinal studies comparing rural and active youth populations with a control group are therefore needed to confirm and clarify our findings. Second, the anthropometry test with a portable segmental analyser of multifrequency body composition was used in the field and not in the laboratory. However, although the reliability of the data is open to question, the very large sample means that this error softens.[40] Third, although the maturity status was estimated using Tanner stages as in previous studies, the results should be interpreted with caution as they may be less accurate than other methods.

In conclusion, this study identified anthropometric parameters and performance in different PF tests amongst rural children and adolescents engaged in extracurricular sports according to maturation and sex. Absolute values of body composition and PF improved in pubertal children, but the percentile analysis reveal pubertal children to be less fit than prepubertal children, regardless of sex. In addition, body composition and PF showed a significant relationship with the maturation process. Therefore, this work provides further evidence to help policymakers, researchers and practitioners working with young people to promote more active and healthy behaviours among rural children and adolescents, taking into account factors, such as maturational status, chronological age, and sex.

Table 2 Correlation between the normalized variables of body composition and PF

	Z score (muscle mass %)	*Z* score (20 mSRT)	*Z* score (handgrip)	*Z* score (CMJ)
Z score (muscle mass %)	1	0.489[a]	−0.144[a]	0.454[a]
Z score (20 mSRT)		1	0.235[a]	0.613[a]
Z score (handgrip)			1	0.386[a]
Z score (CMJ)				1

20 mSRT, 20 m shuttle-run test; Handgrip, handgrip strength; CMJ, countermovement jump.
a: $P < 0.01$.

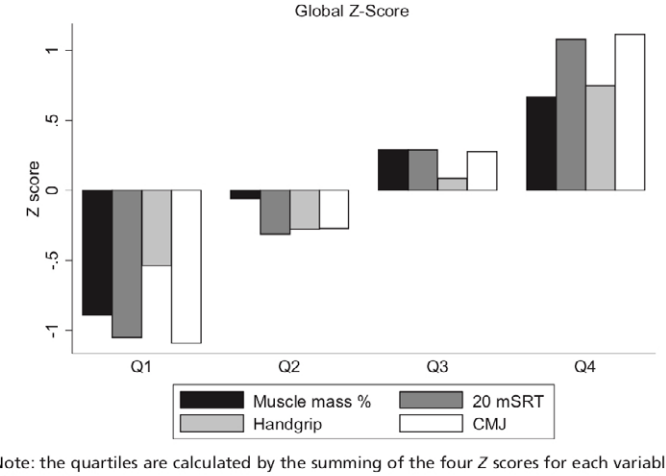


Figure 2 Global *Z* score. Note: the quartiles are calculated by the summing of the four *Z* scores for each variable. The bars show the mean value of each *Z* score in this quartile

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

'A way of making Europe' and Grant 45/20/IN/002 of the Innova Adelante Castilla-La Mancha 2020 programme.

Conflicts of interest: None declared.

Key points

- To our knowledge, there are few studies examining the influence of maturational status, chronological age and sex on physical fitness and body composition in rural children and youth populations enrolled in extracurricular sports activities.
- Absolute values of both body composition and physical fitness parameters improve in the pubertal stage regardless of sex. However, if considering percentiles, physical fitness decreases from prepuberty to puberty.
- All the measures of physical fitness were positively associated with chronological age and muscle mass (%), regardless of sex.
- The sum of all the physical fitness indicators produced an overall result at different stages of maturation. This implies that global indicators of physical fitness might be formally stated and used by professionals involved in physical activity and sport.

References

1 Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Human Kinetics, 2nd ed. 2004.

2 Galan-Lopez P, Domínguez R, Pihu M, et al. Evaluation of physical fitness, body composition, and adherence to Mediterranean diet in adolescents from Estonia: the AdolesHealth study. *IJERPH* 2019;16:4479.

3 Armstrong N, Barker AR, McManus AM. Muscle metabolism changes with age and maturation: how do they relate to youth sport performance? *Br J Sports Med* 2015; 49:860–4.

4 Hochberg Z. Evo-devo of child growth II: human life history and transition between its phases. *Eur J Endocrinol* 2009;160:135–41.

5 Matton L, Thomis M, Wijndaele K, et al. Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38:1114–20.

6 Baxter-Jones AD, Eisenmann JC, Sherar LB. Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatr Exerc Sci* 2005;17:18–30.

7 Tanner J, Whitehouse R, Marshall W, Carter B. Prediction of adult height from height, bone age, and occurrence of menarche, at ages 4 to 16 with allowance for midparent height. *Arch Dis Child* 1975;50:14–26.

8 Loomba-Albrecht LA, Styne DM. Effect of puberty on body composition. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes* 2009;16:10–5.

9 Taylor RW, Grant AM, Williams SM, Goulding A. Sex differences in regional body fat distribution from pre-to postpuberty. *Obesity* 2010;18:1410–6.

10 Toselli S, Campa F, Maietta Latessa P, et al. Differences in maturity and anthropometric and morphological characteristics among young male basketball and soccer players and non-players. *IJERPH* 2021;18:3902.

11 Castro-Piñero J, Artero EG, España-Romero V, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 2010;44: 934–43.

12 Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 2009;43:909–23.

13 Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)* 2008;32:1–11.

14 Malina RM. Top 10 research questions related to growth and maturation of relevance to physical activity, performance, and fitness. *Res Q Exerc Sport* 2014;85: 157–73.

15 Mateo-Orcajada A, González-Gálvez N, Abenza-Cano L, Vaquero-Cristóbal R. Differences in physical fitness and body composition between active and sedentary adolescents: a systematic review and meta-analysis. *J Youth Adolesc* 2022;51:177–92.

16 Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sánchez C, Estévez-López F, et al. Role of physical activity and sedentary behavior in the mental health of preschoolers,

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support, collaboration and participation of the different municipal academies and participants who contributed to this study. S.M.-C. acknowledges the University of Castilla-La Mancha for financing the development of his PhD (2019/5964). A.H.-M. acknowledges the Spanish Ministry of Science, Innovation, and Universities for funding the development of his PhD (FPU18/03222).

Funding

This research has been developed with the help of Grant EQC2019-005843-P funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and ERDF

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2019; 49:1383–410.

17 Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab* 2016;41:S197–239.

18 Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1· 6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health* 2020;4:23–35.

19 Manzano-Carrasco S, Felipe JL, Sanchez-Sanchez J, et al. Weight status, adherence to the Mediterranean diet, and physical fitness in Spanish children and adolescents: the active health study. *Nutrients* 2020;12:1680.

20 Pearson N, Biddle SJ. Sedentary behavior and dietary intake in children, adolescents, and adults: a systematic review. *Am J Prev Med* 2011;41:178–88.

21 Marshall WA, Tanner JM. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch Dis Child* 1969;44:291–303.

22 Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med* 2011;45:518–24.

23 Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988;6:93–101.

24 Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, et al. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *J Strength Cond Res* 2009;23:2295–310.

25 Gulías-González R, Sánchez-López M, Olivas-Bravo Á, et al. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J School Health* 2014;84:625–35.

26 Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Cohen DD, et al. Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *J Strength Cond Res* 2015;29:2277–85.

27 Tchernof A, Després J-P. Pathophysiology of human visceral obesity: an update. *Physiol Rev* 2013;93:359–404.

28 Ried-Larsen M, Grøntved A, Kristensen PL, et al. Moderate-and-vigorous physical activity from adolescence to adulthood and subclinical atherosclerosis in adulthood: prospective observations from the European Youth Heart Study. *Br J Sports Med* 2015;49:107–12.

29 Lesinski M, Schmelcher A, Herz M, et al. Maturation-, age-, and sex-specific anthropometric and physical fitness percentiles of German elite young athletes. *PLoS One* 2020;15:e0237423.

30 Westerterp K. Changes in physical activity over the lifespan: impact on body composition and sarcopenic obesity. *Obes Rev* 2018;19:8–13.

31 López-Fernández J, López-Valenciano A, Mayo X, et al. No changes in adolescent's sedentary behaviour across Europe between 2002 and 2017. *BMC Public Health* 2021;21:8.

32 Albaladejo-Saura M, Vaquero-Cristóbal R, González-Gálvez N, Esparza-Ros F. Relationship between biological maturation, physical fitness, and kinanthropometric variables of young athletes: a systematic review and meta-analysis. *IJERPH* 2021;18: 328.

33 Handelsman DJ, Hirschberg AL, Bermon S. Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocr Rev* 2018;39:803–29.

34 Evaristo OS, Moreira C, Lopes L, et al. Associations between physical fitness and adherence to the Mediterranean diet with health-related quality of life in adolescents: results from the LabMed Physical Activity Study. *Eur J Public Health* 2018;28: 631–5.

35 Padilla-Moledo C, Castro-Piñero J, Ortega FB, et al. Positive health, cardiorespiratory fitness and fatness in children and adolescents. *Eur J Public Health* 2012;22: 52–6.

36 Henriksson P, Sandborg J, Henström M, et al. Body composition, physical fitness and cardiovascular risk factors in 9-year-old children. *Sci Rep* 2022;12:2665.

37 Goswami B, Roy AS, Dalui R, Bandyopadhyay A. Impact of pubertal growth on physical fitness. *AJSSM* 2014;2:34–9.

38 Kontostoli E, Jones AP, Pearson N, et al. Age-related change in sedentary behavior during childhood and adolescence: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2021;22:e13263.

39 Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, et al. Physical fitness, physical activity, and the executive function in children with overweight and obesity. *J Pediatr* 2019;208:50–6.e1.

40 Orsso CE, Silva MIB, Gonzalez MC, et al. Assessment of body composition in pediatric overweight and obesity: a systematic review of the reliability and validity of common techniques. *Obes Rev* 2020;21:e13041.

Downloaded from https://academic.oup.com/eurpub/article/32/Supplement_1/i67/6676131 by guest on 29 August 2022

ARTÍCULO IV
[PAPER 4]

International Journal of
Environmental Research and Public Health

MDPI

Article

Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage

Samuel Manzano-Carrasco [1], Jose Luis Felipe [2,*], Javier Sanchez-Sanchez [2], Antonio Hernandez-Martin [1], Leonor Gallardo [1] and Jorge Garcia-Unanue [1]

[1] Faculty of Sport Sciences, University of Castilla-La Mancha, 45004 Toledo, Spain; samuel.manzano@uclm.es (S.M.-C.); antoniohmds@gmail.com (A.H.-M.); Leonor.Gallardo@uclm.es (L.G.); Jorge.GarciaUnanue@uclm.es (J.G.-U.)
[2] School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, 28670 Villaviciosa de Odon, Spain; javier.sanchez2@universidadeuropea.es
* Correspondence: joseluis.felipe@universidadeuropea.es; Tel.: +34-912115364

Received: 13 April 2020; Accepted: 5 May 2020; Published: 7 May 2020

check for updates

Abstract: This study aimed to analyze the differences in physical fitness variables, body composition, and adherence to the Mediterranean diet according to the cardiorespiratory fitness and the maturational stage in young football players. A total of 194 male football players (aged 8–16) from three football sport schools participated in this study. Data on cardiorespiratory fitness (the 20-m shuttle run test), anthropometric measurements, handgrip strength, respiratory capacity (forced spirometry), and adherence to the Mediterranean diet (KIDMED questionnaire) were collected. Players were divided into two groups depending on their maturational stage (prepubertal $n = 127$ and pubertal $n = 67$). The results show a direct relationship between low levels of cardiorespiratory fitness and body mass index, as well as body fat and leg fat. Similarly, players with lower cardiorespiratory fitness presented higher values of handgrip strength in the prepubertal state. On the other hand, improvements in respiratory values were observed in the pubertal state with the rest of the parameters when the cardiorespiratory fitness was increased. Therefore, the promotion of recreational football that encourage and develop cardiorespiratory fitness is a key factor and can be used as an effective sport activity to promote physical fitness and healthy habits in children and adolescents as well as within the population that is already physically active.

Keywords: physical activity; soccer; health promotion; sport; children; adolescents; nutrition

1. Introduction

Scientific evidence has shown that physical and sports activity practiced regularly at a moderate–vigorous intensity is one of the best strategies currently available to promote the welfare of the population and public health [1]. This practice has a positive relationship with having an optimal quality of life in childhood, adolescence, and adulthood [2]. In addition, levels of a sedentary lifestyle and childhood obesity are reduced, which are worldwide public health problems [3] that lead to a higher risk of suffering from a cardiovascular and metabolic disease in adulthood [4]. Thus, early age is one of the most important periods of life, since the health status is influenced by several factors, including healthy eating habits and physical activity along with a large number of physiological and psychological changes [2].

In the context of the promotion of healthy habits through sport, football (soccer) is probably one of the most demanded disciplines worldwide, with more than 400 million active federate players around the world [5]. However, it is important to distinguish between competitive football in which there is competition where performance is required, and recreational football, which can be defined as the practice of free-form football, without a competitive aim, but rather for recreational, formative, and health purposes. Currently, recreational football is possibly one of the most widely practiced sports, particularly in demand by the school-aged population and adolescents.

The implications of recreational football are emerging interest because physical activity and physical exercises are essential for healthy growth and development. Moreover, recreational football has a great potential to improve the health and physical fitness levels [6]. This may derive from the dynamic nature of football which not only provides opportunities to develop different aspects of physical fitness of its participants, but it also contains positive motivational and social factors that contribute to the maintenance of a physically active lifestyle [7]. Some studies have evaluated the effect of recreational football on different health variables in children and adolescents [8–10]. For example, Vicente-Rodriguez et al. [8] revealed that football participation is beneficial at a prepuberal age as players showed to have less body fat and better physical fitness than their sedentary counterparts. In this way, a study by Krustrup et al. [11] showed that the practice of recreational football in short periods improves the musculo-skeletal, metabolic, and cardiovascular systems. Thus, the benefits intrinsically associated with regular practice of recreational football could vary depending on different age categories and could be improved if the main basic physical abilities such as cardiorespiratory fitness [12], or cardiovascular or muscular adaptations [13] are controlled. However, although there are many studies on the conditioning factors and characteristics of health-related physical fitness in children and youth [14], these kind of studies on patterns in the active population and specific sports such as football are less frequent [15]. New studies are necessary to analyze health-oriented physical fitness and healthy habits in this kind of population in order to obtain information for the development of specific policies in sport schools.

One of the best ways to distinguish the beneficial effect of playing football is physical fitness which is understood as the ability of an individual to perform physical activity and exercise [14] and is a powerful marker of health [16]. Indeed, physical fitness is an integrated and effective measure of body structures and functions such as musculoskeletal, cardiorespiratory, hemato-circulatory, endocrine-metabolic, and psycho-neurological which are involved in the proper performance of human activities [17]. Between these functions one of the main exponents of physical fitness is cardiorespiratory fitness [18] defined as the ability of an individual to perform long-term physical activity, or more specifically, a phenotype influenced by the interaction between intensity and volume with which physical efforts are performed. To determine cardiorespiratory fitness, one of the most used tests in different sports is the test know as Course Navette or the 20-m shuttle run test (20 mSRT) [19]. Some studies that used this test in young people have shown the benefits of cardiorespiratory fitness being a powerful physiological indicator of health, especially cardiovascular, metabolic, and respiratory functions [16]. Furthermore, higher levels of cardiorespiratory fitness have been associated with a healthier cardiovascular profile later in life, and this cardiovascular level along with muscle strength and body composition during childhood and adolescence is associated with a healthier cardiovascular profile and a lower risk of death later in life [20]. In this way, it is important to know the different levels of cardiorespiratory fitness to improve the performance of the players as well as their health, taking into account how a good weight status and healthy eating habits are important factors of present and future health [20]. Thus, it highlights the importance of factors such as a body composition, which can be manipulated through adherence to the Mediterranean diet, and it is a mainly indicating the constant and variable rates of fat-free mass, bone mass, and body fat in the body [21]. The Mediterranean diet has been considered a model of healthy diet [22], demonstrating a reduction in cardiovascular mortality in subjects adhering to this eating pattern [23]. In its original definition, the traditional Mediterranean diet (MD) features a high consumption of unrefined fruits, vegetables, legumes, and cereals, moderate-high

consumption of olive oil and fish, moderate consumption of dairy products, and low consumption of meats [24]. Therefore, due to the importance of the weight status, eating habits, as well as an appropriate level of physical fitness for preventing diseases and shaping the health-related quality of life in an active young population, the aim of this study was to analyze the differences in physical fitness variables, body composition, and adherence to the Mediterranean diet according to the cardiorespiratory fitness and the maturational stage in young football players.

2. Materials and Methods

2.1. Participants

A total of 194 male participants enrolled in three municipal football sport schools in the province of Toledo (region in the center of Spain) and successfully completed the study (age range: 8–16 years old; age average: 12 ± 2). The study was conducted during the academic period when participants attended extracurricular football training sessions two times per week. For participation in the study, we included all players whose parents/legal guardians authorized by informed consent the inclusion of their children or guardians. Coaches, parents, and players were previously informed about the purpose of the study and the nature of the tests that would be performed through an informative document. Players were evaluated individually on a single occasion during a day of training. All participants trained 2 days a week for at least two hours. Indeed, maturity is necessary for studies on the growth of children [25]. Thus, all participants were divided into two groups depending on their pubertal status. A Marshall and Tanner test [26] was conducted for all participants. For this purpose, the sample was divided in prepubertal (n = 127) and pubertal (n = 67). This tool has been frequently used for the classification in different maturational stage in young and adolescent population [27]. It consists of 5 stages of pubic hair and testicular development in boys. According to these criteria, 2 groups were formed: prepubertal (Tanner I) and pubertal (Tanner II, III, and IV). The Tanner pubertal status was determined by self-assessment. This method correlated with a physician assessment of pubertal development. The researchers have been previously formed and gained experience in the use of this tool in previous studies. Furthermore, years and hours per week of planned out-of-school physical activity were registered.

The study was conducted in adherence to the standards of the Declaration of Helsinki (2013 review, Brazil) following the European Community's guidelines for Good Clinical Practice (111/3976/88 of July 1990), as well as the Spanish legal framework for clinical research on humans (Real Decretory 561/1993 on clinical trials). The informed consent and the study were approved by the Bioethics Committee for Clinical Research of the Virgen de la Salud Hospital of Toledo and by the supervisors of the University of Castilla-La Mancha (REF:508/14072020).

2.2. Measure

a *Anthropometric Parameters and Body Composition* An anthropometric assessment was carried out. A portable segmental analyzer of multifrequency body composition (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokyo, Japan) was used to measure weight (kg), body fat (%), and skeletal muscle mass (%). Furthermore, legs fat (%) and legs skeletal muscle mass (%) based on total weight for each leg were included. The body mass index (BMI) was calculated with the weight (kg) divided by the squared height of the participants. Height (cm) was measured with a stadiometer (Seca 214, Hamburg, Germany). Players were assessed with clothes and without shoes.

b *Physical Fitness* The different parameters of physical fitness were assessed following the protocols of the ALPHA health-related fitness battery [17]. All the participants were familiar with all physical performance tests as they had previously developed familiarization sessions in physical education classes.

First, cardiorespiratory fitness was evaluated by the 20 mSRT. This maximum and progressive test measures the maximum cardiorespiratory fitness [28]. Players were required to run, in a straight

line, between two lines distanced 20 m apart, while keeping a pace with the acoustic signals from a speakerphone audio player with Bluetooth technology. According to the protocol by Léger et al. [29], the initial speed was 8.5 km·h^{-1}, which was increased by 0.5 km·h^{-1} each min (1 min = one stage). The test was finished when the athletes failed to reach the end lines before the audio signal on two occasions or when stopped because of fatigue. Players were allowed to perform the test once. The total time in min was retained. The results are presented both in min (stage) and percentile adjusted by sex and age, based in the Eurofit reference values for Castilla-La Mancha [30]. This test was performed at the end of the evaluation sessions, so that fatigue did not interfere with the other tests. The results of this test were used to divide the sample into two subgroups in relation to the level of cardiorespiratory fitness. For this, all participants with a result equal to or greater than the 75th percentile ($\geq P_{75}$) for their age were classified as having a good level of cardiorespiratory fitness and the rest as having a low level ($<P_{75}$) [31].

Respiratory capacity was recorded through forced spirometry which is a physiological test that measures how a subject inhales or exhales volumes of air as a function of time [32]. Each of the players performed a maximum inspiration using a spirometer, no more than two seconds of apnea, and a maximum expiration until there is no air left in the lungs. The most important aspects of spirometry are the forced vital capacity (FVC), which is the volume delivered during an expiration made as forcefully and completely as possible starting from full inspiration, and the forced expiratory volume (FEV) in one second, which is the volume delivered in the first second of an FVC maneuver [33]. Other spirometric variables were also assessed and included in the analysis. Two measurements were implemented for each participant and the best measurement was preserved.

To evaluate the upper-body muscular strength, the handgrip strength test (kg) was applied using a dynamometer with an adjustable grip (TKK 5001 Grip A; Tokyo, Japan). Players had to continuously tighten the grip for 2 s with the elbow position in full extension. The test was repeated twice (right hand and left hand, alternately). The best score of the two attempts for each player was chosen to the nearest 1 g [17]. The results are presented both in kg and percentile adjusted by sex and age, based on the Eurofit reference values for Castilla-La Mancha [30].

c *Adherence to the Mediterranean Diet* In order to determine the adherence to the Mediterranean diet and the existence of possible eating disorders, the KIDMED questionnaire was used. This test, previously validated, consists of 16 items where twelve items represent a positive score for the adherence to the Mediterranean diet and the remaining 4 items represent a negative score [33]. A positive answer to a question that involves greater adherence to the diet is worth +1 point. A positive answer to a question that means less adherence to the diet is worth –1 point. Negative answers do not score (a value of 0 is noted). The KIDMED index is the sum of all the scores and ranges from 0 to 12 points (minimum to maximum adherence to the Mediterranean diet). The adherence to the Mediterranean diet could be categorized as low adherence (very low-quality diet, 0–3), medium adherence (improvement of the diet is needed, 4–7), and high adherence (ideal adherence to the Mediterranean diet, 8–12) [33]. However, in this study, the total score (KIDMED index) was used as scale variable [34].

2.3. Statistical Analysis

Data are presented as means ± standard deviations. All data were statistically analyzed using SPSS V24.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The level of significance was set at $p < 0.05$. Before carrying out the analyses, the Kolmogorov–Smirnov distribution test was performed to confirm a normal distribution of the variables. Differences between groups were evaluated through two-way ANOVA (prepubertal vs. pubertal and $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness vs. $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness). All anthropometric measurements, respiratory variables, handgrip strength, and adherence to the Mediterranean diet were used as dependent variables. Post-hoc analysis was adjusted by the Bonferroni method. Furthermore, Effect sizes (Cohen's d, ES) were calculated and defined as follows: trivial, <0.19; small, 0.2–0.49; medium, 0.5–0.79; large, >0.8 [35].

3. Results

Table 1 shows the descriptive data of the participants (anthropometric variables, body composition, respiratory capacity, cardiorespiratory fitness, handgrip strength, and KIDMED index).

Table 1. Characteristics of the participants.

Variables	Total	Prepubertal	Pubertal
Age (years)	11.96 ± 1.94	10.80 ± 1.18	14.15 ± 0.93
Weight (kg)	44.45 ± 13.00	39.06 ± 9.94	54.60 ± 12.02
Height (cm)	149.90 ± 12.67	144.04 ± 10.12	160.93 ± 9.16
Total BMI (kg/m^2)	19.41 ± 3.34	18.59 ± 2.92	20.95 ± 3.57
Total body fat (%)	21.43 ± 5.79	21.94 ± 5.59	20.49 ± 6.07
Total muscle mass (%)	74.36 ± 5.46	73.81 ± 5.24	75.39 ± 5.74
Fat mass in left leg (%)	4.51 ± 1.14	4.68 ± 1.07	4.20 ± 1.22
Muscle mass in left leg (%)	12.34 ± 1.22	12.05 ± 1.11	12.88 ± 1.24
Fat mass in right leg (%)	4.56 ± 1.15	4.75 ± 1.08	4.20 ± 1.21
Muscle mass in right leg (%)	12.83 ± 1.29	12.50 ± 1.15	13.44 ± 1.33
FVC (L)	3.03 ± 0.89	2.63 ± 0.62	3.79 ± 0.81
PEF (L/s)	4.73 ± 1.34	4.41 ± 1.32	5.31 ± 1.19
FEV_1 (L)	2.64 ± 0.76	2.30 ± 0.56	3.29 ± 0.68
FEV_1/FVC (%)	85.94 ± 8.67	85.80 ± 9.99	86.19 ± 5.44
$FEF_{25–75}$ (L/s)	3.06 ± 1.01	2.69 ± 0.86	3.75 ± 0.90
20 mSRT (stages)	6.53 ± 1.95	5.90 ± 1.69	7.73 ± 1.85
20 mSRT (percentile)	69.83 ± 20.29	72.75 ± 20.19	64.30 ± 19.46
Handgrip strength (kg)	25.06 ± 9.22	21.38 ± 7.12	31.99 ± 8.77
Handgrip strength (percentile)	61.37 ± 29.76	65.15 ± 29.42	54.26 ± 29.31
KIDMED index	7.14 ± 1.95	7.14 ± 2.01	7.13 ± 1.84

Abbreviations: BMI—body mass index; FVC—forced vital capacity; PEF—peak expiratory flow; FEV_1—forced expiratory volume; $FEF_{25–75}$—mean forced expiratory flow between 25% and 75% of FVC; L—liters; L/s,—liters per second.

The results showed significant differences between the maturational stage in all variables ($p < 0.05$), except FEV_1/FVC, handgrip percentile and KIDMED index, and significant differences between cardiorespiratory fitness level in weight, BMI, total body fat, total muscle mass, as well as fat mass and muscle mass in both legs ($p < 0.05$). However, interaction effects between the combinations of both factors were found in all variables ($p < 0.05$), except FEV_1/FVC and KIDMED index. Therefore, post-hoc pairwise comparisons are presented in Tables 2 and 3.

Table 2. Comparisons of body composition between pubertal status and cardiorespiratory fitness.

	Cardiorespiratory Fitness			Effect Size	
	$<P_{75}$	$\geq P_{75}$	$<P_{75}$ vs. $\geq P_{75}$	Prepub vs. Pub. $<P_{75}$	Prepub vs. Pub. $\geq P_{75}$
Prepubertal					
Weight (kg)	43.78 ± 10.89 *,†	35.28 ± 7.36 †	0.93	1.02	1.92
Height (cm)	146.46 ± 10.30 *,†	142.09 ± 9.68 †	0.44	1.53	1.87
Total BMI (kg/m^2)	20.13 ± 3.03 *,†	17.35 ± 2.17 †	1.07	0.41	1.06
Total body fat (%)	24.50 ± 5.51 *,†	19.87 ± 4.81	0.90	0.42	0.46
Total muscle mass (%)	71.45 ± 5.17 *,†	75.72 ± 4.53	0.88	0.45	0.52
Fat mass in left leg (%)	5.12 ± 1.12 *,†	4.32 ± 0.89 †	0.79	0.54	0.66
Muscle mass in left leg (%)	11.95 ± 0.97 †	12.12 ± 1.21 †	0.16	0.67	0.93
Fat mass in right leg (%)	5.18 ± 1.11 *,†	4.41 ± 0.93 †	0.76	0.61	0.70
Muscle mass in right leg (%)	12.35 ± 0.98 †	12.61 ± 1.26 †	0.23	0.79	0.92
Pubertal					
Weight (kg)	55.88 ± 12.94	52.09 ± 10.14	0.33		
Height (cm)	160.36 ± 7.90	161.83 ± 11.47	0.15		
Total BMI (kg/m^2)	21.57 ± 3.97 *	19.77 ± 2.38	0.57		
Total body fat (%)	21.93 ± 6.62 *	17.88 ± 3.85	0.77		
Total muscle mass (%)	74.03 ± 6.26 *	77.85 ± 3.64	0.77		
Fat mass in left leg (%)	4.47 ± 1.29 *	3.72 ± 0.94	0.67		
Muscle mass in left leg (%)	12.66 ± 1.17 *	13.29 ± 1.30	0.51		
Fat mass in right leg (%)	4.45 ± 1.26 *	3.74 ± 0.98	0.63		
Muscle mass in right leg (%)	13.23 ± 1.23 *	13.86 ± 1.47	0.47		

*—The difference in means between cardiorespiratory fitness levels is significant at the 0.05 level. †—The difference in means between age groups is significant at the 0.05 level. Abbreviations: BMI—body mass index; prepub—prepubertal group; pub—pubertal.

Table 3. Comparisons of respiratory variables, handgrip strength, and adherence to the Mediterranean diet.

	Cardiorespiratory Fitness			Effect Size	
	$<P_{75}$	$\geq P_{75}$	$<P_{75}$ vs. $\geq P_{75}$	Prepub vs. Pub. $<P_{75}$	Prepub vs. Pub. $\geq P_{75}$
Prepubertal					
FVC (L)	2.82 ± 0.67 *,†	2.48 ± 0.54 †	0.57	1.20	2.09
PEF (L/s)	4.59 ± 1.46 †	4.27 ± 1.20 †	0.24	0.44	1.09
FEV_1 (L)	2.39 ± 0.62 †	2.24 ± 0.50 †	0.25	1.22	2.12
FEV_1/FVC (%)	84.87 ± 9.11	86.48 ± 10.71	0.16	0.13	0.05
FEF_{25-75} (L/s)	2.74 ± 1.02 †	2.64 ± 0.72 †	0.11	0.93	1.58
Handgrip (kg)	23.21 ± 7.84 *,†	19.80 ± 6.13 †	0.49	0.96	1.78
Handgrip (percentile)	69.79 ± 29.41 †	60.91 ± 29.00	0.30	0.69	0.07
KIDMED index	6.91 ± 2.07	7.31 ± 1.97	0.20	0.02	0.16
Pubertal					
FVC (L)	3.66 ± 0.73 *	4.02 ± 0.93	0.43		
PEF (L/s)	5.13 ± 0.99	5.71 ± 1.45	0.48		
FEV_1 (L)	3.14 ± 0.61 *	3.56 ± 0.74	0.63		
FEV_1/FVC (%)	85.87 ± 5.88	86.87 ± 4.66	0.19		
FEF_{25-75} (L/s)	3.60 ± 0.84	4.01 ± 1.00	0.44		
Handgrip (kg)	30.98 ± 8.29	33.89 ± 9.70	0.32		
Handgrip (percentile)	50.27 ± 27.55	63.17 ± 31.28	0.44		
KIDMED index	6.86 ± 1.88	7.61 ± 1.75	0.41		

*—The difference in means between cardiorespiratory fitness levels is significant at the 0.05 level. †—The difference in means between age groups is significant at the 0.05 level. Abbreviations: FVC—forced vital capacity; PEF—peak expiratory flow; FEV_1—forced expiratory volume; FEF_{25-75}, —mean forced expiratory flow between 25% and 75% of FVC; prepub—prepubertal group; pub—pubertal.

Table 2 presents the results in relation to body composition variables. Prepubertal players showed significant lower weight, height, and BMI than pubertal players in both cardiorespiratory fitness levels ($p < 0.05$; ES from 0.41 to 1.92). Furthermore, significant differences between cardiorespiratory fitness levels were found in weight, height, and BMI in the prepubertal group ($p < 0.05$; ES from 0.44 to 1.07); however, only differences in BMI were found in the pubertal group ($p = 0.018$; IC: 1.74 to 3.81; ES: 0.57).

Prepubertal players showed a significantly higher percentage of total body fat (24.50%) compared to pubertal players (21.93%) in the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group ($p = 0.018$; Confidence Interval (CI): 0.45 to 4.71; Effect Size (ES): 0.42). Furthermore, a significantly lower percentage of total muscle mass was registered in the prepubertal group (71.45%) compared to the pubertal group (74.03%), as well as in the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group ($p = 0.012$; CI: −4.51 to −0.57; ES: 0.45). However, no significant differences in total body fat or total muscle mass were found between the maturational stage groups in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness level ($p > 0.05$). On the other hand, players with $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness revealed a higher percentage of total body fat in the prepubertal group (24.50%) and pubertal group (21.39%) compared to players with $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness (pubertal: 19.87%; prepubertal: 17.88%) with medium to large effect sizes ($p < 0.001$; CI: 2.74 to 6.53; ES: 0.90 for the prepubertal group and $p = 0.004$; IC: 1.32 to 6.78; ES: 0.77 for the pubertal group). Opposite differences were found for total muscle mass, where the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group presented significantly lower values than $\geq P_{75}$ both in prepubertal and pubertal groups ($p < 0.01$; ES: 0.77 to 0.88).

Regarding the data obtained from the lower extremities of the players, the prepubertal group revealed a higher percentage of fat mass and a lower percentage of muscle mass in both legs and in both cardiorespiratory fitness levels ($p < 0.05$; ES: 0.54 to 0.93). The $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group showed a significantly higher percentage of fat mass and a lower percentage of muscle mass than the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group in pubertal participants ($p < 0.05$; ES: 0.47 to 0.67). However, in prepubertal participants only, significant differences were found in the fat mass percentage ($p < 0.05$; ES: 0.76 to 0.79).

Table 3 presents the results in relation to respiratory variables, handgrip strength, and adherence to the Mediterranean diet. Prepubertal players showed significantly lower values in all respiratory variables except FEV_1/FVC ($p < 0.05$; ES: 0.44 to 2.12). FVC presented higher values in the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (2.82 l) than in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (2.48 l) in prepubertal players ($p = 0.005$; IC: 0.11 to 0.58; ES: 0.57). Conversely, FVC and FEV_1 showed lower values in the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (FVC: 3.66 l and FEV_1: 3.14 l) than in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (FVC: 4.02 l and FEV_1: 3.56 l) in pubertal players ($p = 0.044$; IC: −0.70 to −0.01; ES: 0.43 for FVC and $p = 0.006$; IC: −0.73 to 1.13; ES: 0.63 for FV_1).

The prepubertal group evidenced significantly lower values of handgrip strength than the pubertal group in all variables, except handgrip strength (percentile) in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group ($p < 0.01$; ES: 0.69 to 1.78). Handgrip strength (kg) presented higher values in the $<P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (23.21 kg) than in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group (19.80 kg) in prepubertal players ($p = 0.013$; IC: 0.72 to 6.09; ES: 0.49).

No significant differences were found in the KIDMED index, although effect sizes close to medium are found, with a higher index in the $\geq P_{75}$ cardiorespiratory fitness group both in pubertal participants (ES: 0.41).

Finally, Table 4 shows the results of the influence of different variables on cardiorespiratory fitness. In addition to age, percentage of muscle mass and FVC have a positive and significant relationship with stages of 20 mSRT, while BMI has a negative and significant relationship ($p < 0.05$). Handgrip strength (kg) and the KIDMED index show a positive reaction, although it is not significant ($p > 0.05$).

Table 4. Influence of body composition, respiratory variables handgrip strength, and adherence to the Mediterranean diet on cardiorespiratory fitness (stages of the 20-m shuttle run test (20 mSRT)).

	Coef.	Std. Err.	$p > t$	95% CI		
Age	0.34	0.08	$p < 0.001$	0.17	to	0.50
BMI (kg/m^2)	−0.16	0.07	0.019	−0.29	to	−0.03
Total muscle mass (%)	0.11	0.04	0.003	0.04	to	0.18
FVC	0.57	0.24	0.017	0.10	to	1.04
Handgrip strength (kg)	0.01	0.02	0.628	−0.03	to	0.05
KIDMED index	0.06	0.05	0.271	−0.04	to	0.16
Constant	−4.85	3.30	0.143	−11.36	to	1.65
R^2	0.52					

Abbreviations: BMI—body mass index; FVC—forced vital capacity; Std. Err.—Standard Error; CI—Confidence Interval.

4. Discussion

The results of this study suggested that there are differences in anthropometric, respiratory, physical fitness variables, and adherence to the Mediterranean diet depending on the level of cardiorespiratory fitness in young football players. Furthermore, these differences vary slightly depending on the maturational stage. The scientific literature has already shown that cardiorespiratory fitness varies greatly with development, age, maturity, and gender and is highly related to both body size and composition [36].

In recent years, it has been shown that body composition is one of the most important indicators of a player's physical state. Therefore, fat free mass, bone mass, and body fat are the most important variables [21]. The results of the study show that the groups with lower levels of cardiorespiratory fitness presented higher values in BMI and body fat. The scientific literature has already shown the importance of physical activity in reducing childhood obesity [25,37]. Moreover, Ubago et al. [38] declared that playing football reduces body fat levels and BMI in youth development, while Mota et al. [39] showed an increase in lean mass and leg strength after a six-month football program. It is important to highlight that important health problems in adults have been detected along with high BMI and percentage of body fat values during prepubertal and pubertal ages [40]. This entails a consequent economic cost imposed on the health system [41]. Therefore, improving health and physical fitness in this population should become the main strategy to reduce the risk of future mortality, looking for a healthy body weight [42]. Thus, promoting recreational football practice during development could be a very powerful strategy to combat obesity and its immediate and future problems [43].

An improvement in respiratory values was detected once the pubertal state was reached. In the same direction, certain improvements were related in the rest of the parameters (FVC; PEF; FEV_1; FEV_1_FVC; $FEF_{25–75}$) in this age group when the cardiorespiratory fitness was increased. Age, weight, height, and sex are some factors that affect lung capacity [44]. This explains the differences in favor of the pubertal group versus the prepubertal group. Specifically, the results show that football players who are in the pubertal stage have better FVC values than players in the prepubertal stage. This is undoubtedly due to greater progress and better cardiorespiratory capacity in this population thanks to its development and its practice of exercise [45]. In contrast, prepubertal stage players who have a low cardiorespiratory fitness obtained significantly higher values for FVC. This may occur due to the high anthropometric values of the age group (especially weight and body fat), positively affecting cardiorespiratory capacity. Therefore, it is important to determine the factors that affect respiratory functions and its control to achieve a good state of health during these stages of development [46]. Furthermore, this may also be due to the differences found in height in the prepubertal group, coinciding that the low cardiorespiratory fitness group presented higher height, which could affect FVC. The practice of sport is a key factor to increase capacity and motivation towards exercise to improve peak expiratory flow as well as quality of life and healthy habits [47].

Regarding adherence eating habits, this study revealed good adherence to the Mediterranean diet in the prepubertal and pubertal groups, as is the case in similar studies [23,33]. These results

showed a clear tendency to maintain or increase patterns related to this type of diet since the different groups showed moderate adherence to the Mediterranean diet. Thus, a healthy an active lifestyle based on regular exercise is associated with better nutritional habits and a higher score in the KIDMED questionnaire [48]. Finally, higher values of handgrip strength in players with lower cardiorespiratory fitness were detected in the prepubertal group, although there were no significant differences in handgrip strength in the different cardiorespiratory fitness groups. This fact could be explained that this prepubertal group showed higher anthropometric values, and therefore, a higher BMI, or even a greater volume of body fat, may positively affect manual strength at an early age [49].

This study presents several limitations: (i) the anthropometry test with a portable segmental analyzer of multifrequency body composition, used in field and not laboratory research; (ii) it is important to highlight that the socioeconomic status can affect the acquisition of good healthy habits and adherence to the Mediterranean diet. Despite these limitations, the main strength of our study is that, to our knowledge, it is one of the few studies showing the influence of cardiorespiratory fitness with other variables related to health that are improved in young people who play recreational football. These data from young football players aged 8–6 years complement the evidence that suggests the importance of the maturational stage and practicing of daily physical activity or sport, such as recreational football, as well as maintaining good active and healthy lifestyle habits.

5. Conclusions

This study shows that children and adolescents who play recreational football have different anthropometric and respiratory values as well as handgrip strength depending on their cardiorespiratory fitness. Furthermore, these differences are higher in the pubertal stage than in the prepubertal stage. Taken together, these results suggest that the practice of physical and sports activity is an important habit that must be acquired in the prepubertal age in order to consolidate skills in the pubertal age. Moreover, promotion of sport exercises that encourage cardiorespiratory fitness is a key factor and can be used as an effective activity to promote physical fitness and healthy habits in children and adolescents, as well as within the population that is already physically active.

Author Contributions: Conceptualization, J.S.-S. and J.G.-U.; Data curation, A.H.-M.; Formal analysis, J.G.-U.; Investigation, S.M.-C., J.L.F., and A.H.-M.; Methodology, S.M.-C.; Project administration, L.G.; Resources, J.S.-S. and J.L.F.; Software, J.G.-U.; Supervision, L.G. and J.L.F.; Validation, J.G.-U. and J.L.F.; Writing—original draft, S.M.-C. and J.G.-U.; Writing—review and editing, J.S.-S., J.L.F., and J.G.-U. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: No funding has been received for the development of this study.

Acknowledgments: The authors would like to thank the football sport schools for their support and collaboration, as well as all the football players who contributed in this research. S.M.-C. acknowledges the University of Castilla-La Mancha for funding the development of his Ph.D. (2019/5964). A.H.-M. acknowledges the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities for funding the development of his Ph.D. (Grant Number: FPU18/03222). J.G.-U. acknowledges "Fondo Europeo de Desarrollo Regional, Programa Operativo de la Región de Castilla-La Mancha" (2018/11744) for funding the development of his research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Garber, C.E.; Blissmer, B.; Deschenes, M.R.; Franklin, B.A.; Lamonte, M.J.; Lee, I.M.; Swain, D.P. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2011**, *43*, 1334–1359. [CrossRef] [PubMed]
2. Sloan, R.A.; Sawada, S.S.; Martin, C.K.; Church, T.; Blair, S.N. Associations between cardiorespiratory fitness and health-related quality of life. *Health Qual. Life Outcomes* **2009**, *7*, 47. [CrossRef] [PubMed]
3. Ward, D.S.; Welker, E.; Choate, A.; Henderson, K.E.; Lott, M.; Tovar, A.; Sallis, J.F. Strength of obesity prevention interventions in early care and education settings: A systematic review. *Prev. Med.* **2017**, *95*, S37–S52. [CrossRef]

4. Franks, P.W.; Hanson, R.L.; Knowler, W.C.; Sievers, M.L.; Bennett, P.H.; Looker, H.C. Childhood obesity, other cardiovascular risk factors, and premature death. *N. Engl. J. Med.* **2010**, *362*, 485–493. [CrossRef]
5. Sadigursky, D.; Braid, J.A.; De Lira, D.N.L.; Machado, B.A.B.; Carneiro, R.J.F.; Colavolpe, P.O. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: A systematic review. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* **2017**, *9*, 18. [CrossRef]
6. Krustrup, P.; Aagaard, P.; Nybo, L.; Petersen, J.; Mohr, M.; Bangsbo, J. Recreational football as a health promoting activity: A topical review. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2010**, *20*, 1–13. [CrossRef]
7. Andersen, L.J.; Randers, M.B.; Westh, K.; Martone, D.; Hansen, P.R.; Junge, A.; Krustrup, P. Football as a treatment for hypertension in untrained 30–55-year-old men: A prospective randomized study. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2010**, *20*, 98–102. [CrossRef]
8. Vicente-Rodriguez, G.; Jimenez-Ramirez, J.; Ara, I.; Serrano-Sanchez, J.A.; Dorado, C.; Calbet, J.A.L. Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers. *Bone* **2003**, *33*, 853–859. [CrossRef]
9. Vlachopoulos, D.; Barker, A.R.; Ubago-Guisado, E.; Fatouros, I.G.; Knapp, K.M.; Williams, C.A.; Gracia-Marco, L. Longitudinal Adaptations of Bone Mass, Geometry, and Metabolism in Adolescent Male Athletes: The PRO-BONE Study. *J. Bone Miner. Res.* **2017**, *32*, 2269–2277. [CrossRef]
10. Randers, M.B.; Petersen, J.; Andersen, L.J.; Krustrup, B.R.; Hornstrup, T.; Nielsen, J.J.; Krustrup, P. Short-term street soccer improves fitness and cardiovascular health status of homeless men. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2012**, *112*, 2097–2106. [CrossRef]
11. Krustrup, P.; Nielsen, J.J.; Krustrup, B.R.; Christensen, J.F.; Pedersen, H.; Randers, M.B.; Bangsbo, J. Recreational soccer is an effective health-promoting activity for untrained men. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 825–831. [CrossRef] [PubMed]
12. Krustrup, P.; Hansen, P.R.; Nielsen, C.M.; Larsen, M.N.; Randers, M.B.; Manniche, V.; Bangsbo, J. Structural and functional cardiac adaptations to a 10-week school-based football intervention for 9–10-year-old children. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2014**, *24*, 4–9. [CrossRef] [PubMed]
13. Krustrup, P.; Dvorak, J.; Junge, A.; Bangsbo, J. Executive summary: The health and fitness benefits of regular participation in small-sided football games. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2010**, *20*, 132–135. [CrossRef] [PubMed]
14. Ortega, F.B.; Ruiz, J.; Castillo, M.J. Physical activity, physical fitness, and overweight in children and adolescents: Evidence from epidemiologic studies. *Endocrinol. Nutr.* **2013**, *60*, 458–469. [CrossRef] [PubMed]
15. Milanović, Z.; Pantelić, S.; Čović, N.; Sporiš, G.; Mohr, M.; Krustrup, P. Broad-spectrum physical fitness benefits of recreational football: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* **2019**, *53*, 926–939. [CrossRef] [PubMed]
16. Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Castillo, M.J.; Sjöström, M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int. J. Obes.* **2008**, *32*, 1. [CrossRef] [PubMed]
17. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; España-Romero, V.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Cuenca, M.M.; Gutiérrez, Á. Field-based fitness assessment in young people: The ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 518–524. [CrossRef]
18. Ortega, F.B.; Sánchez-López, M.; Solera-Martínez, M.; Fernández- Sánchez, A.; Sjöströrn, M.; Martínez-Vizcaíno, V. Self- reported and measured cardiorespiratory fitness similarly predict cardiovascular disease risk in Young adults. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2013**, *23*, 749–757. [CrossRef]
19. Tomkinson, G.R.; Léger, L.A.; Olds, T.S.; Cazorla, G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980–2000). *Sports Med.* **2003**, *33*, 285–300. [CrossRef]
20. Ruiz, J.R.; Castro-Piñero, J.; Artero, E.G.; Ortega, F.B.; Sjöström, M.; Suni, J.; Castillo, M.J. Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *Br. J. Sports Med.* **2009**, *43*, 909–923. [CrossRef]
21. Akınoğlu, B.; Kocahan, T. The effect of body composition on pulmonary function in elite athletes. *Prog. Nutr.* **2019**, *21*. [CrossRef]
22. Keys, A.; Mienotti, A.; Karvonen, M.J.; Aravanis, C.; Blackburn, H.; Buzina, R.; Kromhout, D. The diet and 15-year death rate in the seven countries study. *Am. J. Epidemiol.* **1986**, *124*, 903–915. [CrossRef] [PubMed]
23. Estruch, R.; Ros, E.; Salas-Salvadó, J.; Covas, M.I.; Corella, D.; Arós, F.; Martinez-Gonzalez, M.A. Primary prevention of cardiovascular disease with a mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N. Engl. J. Med.* **2018**, *378*, 1–14. [CrossRef]
24. Trichopoulou, A.; Costacou, T.; Barmia, C.; Trichopoulos, D. Adherence to a Mediterranean Diet and Survival in a Greek Population. *N. Engl. J. Med.* **2003**, *348*, 2599–2608. [CrossRef]

25. Mirwald, R.L.; Baxter-Jones, A.D.; Bailey, D.A.; Beunen, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2002**, *34*, 689–694.
26. Marshall, W.A.; Tanner, J.M. Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Arch. Dis. Child.* **1969**, *44*, 291. [CrossRef]
27. Fonseca, M.J.; Oliveira, A.; Azevedo, I.; Nunes, J.; Santos, A.C. Association of Pubertal Development with Adiposity and Cardiometabolic Health in Girls and Boys—Findings from the Generation XXI Birth Cohort. *J. Adolesc. Health* **2019**, *65*, 558–563. [CrossRef]
28. Stickland, M.K.; Petersen, S.R.; Bouffard, M. Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Can. J. Appl. Physiol.* **2003**, *28*, 272–282. [CrossRef]
29. Léger, L.A.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* **1988**, *6*, 93–101. [CrossRef]
30. Gulías-González, R.; Sánchez-López, M.; Olivas-Bravo, Á.; Solera-Martínez, M.; Martínez-Vizcaíno, V. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: Reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *J. School Health* **2014**, *84*, 625–635. [CrossRef]
31. De Miguel-Etayo, P.; Gracia-Marco, L.; Ortega, F.B.; Intemann, T.; Foraita, R.; Lissner, L.; Molnár, D. Physical fitness reference standards in European children: The IDEFICS study. *Int. J. Obesity* **2014**, *38*, S57–S66. [CrossRef] [PubMed]
32. Miller, M.R.; Hankinson, J.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Coates, A.; Wagner, J. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* **2005**, *26*, 319–338. [CrossRef] [PubMed]
33. Serra-Majem, L.; Ribas, L.; Ngo, J.; Ortega, R.M.; García, A.; Pérez-Rodrigo, C.; Aranceta, J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* **2004**, *7*, 931–935. [CrossRef] [PubMed]
34. Delgado-Floody, P.; Alvarez, C.; Caamaño-Navarrete, F.; Jerez-Mayorga, D.; Latorre-Román, P. Influence of Mediterranean diet adherence, physical activity patterns, and weight status on cardiovascular response to cardiorespiratory fitness test in Chilean school children. *Nutrition* **2020**, *71*, 110621. [CrossRef] [PubMed]
35. Cohen, J. Quantitative methods in psychology: A power primer. *Psychol. Bull.* **1992**, *112*, 155–159. [CrossRef]
36. Rowland, T.W. Developmental aspects of physiological function relating to aerobic exercise in children. *Sports Med.* **1990**, *10*, 255–266. [CrossRef]
37. McGuigan, M.R.; Tatasciore, M.; Newton, R.U.; Pettigrew, S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J. Strength Cond. Res.* **2009**, *23*, 80–85. [CrossRef]
38. Ubago-Guisado, E.; Mata, E.; Sánchez-Sánchez, J.; Plaza-Carmona, M.; Martín-García, M.; Gallardo, L. Influence of different sports on fat mass and lean mass in growing girls. *J. Sport Health Sci.* **2017**, *6*, 213–218. [CrossRef]
39. Mota, J.; Teixeira, E.; Marques, E.; Rebelo, A.; Rêgo, C. Effects of a 6-month football intervention program on bone mass and physical fitness in overweight children. *Spine* **2016**, *2*, 9. [CrossRef]
40. Onís, M.D.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [CrossRef]
41. Hamilton, D.; Dee, A.; Perry, I.J. The lifetime costs of overweight and obesity in childhood and adolescence: A systematic review. *Obes. Rev.* **2018**, *19*, 452–463. [CrossRef] [PubMed]
42. Duncan, G.E. The "fit but fat" concept revisited: Population-based estimates using NHANES. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2010**, *7*, 47. [CrossRef] [PubMed]
43. Cvetković, N.; Stojanović, E.; Stojiljković, N.; Nikolić, D.; Scanlan, A.T.; Milanović, Z. Exercise training in overweight and obese children: Recreational football and high-intensity interval training provide similar benefits to physical fitness. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2018**, *28*, 18–32. [CrossRef]
44. Kim, S.R.; Choi, U.S.; Choi, J.H.; Koh, H.J. Association of Body Fat and Body Mass Index with Pulmonary Function in Women in Their Forties. *J. Korean Acad. Fam. Med.* **2003**, *24*, 827–832.
45. Khosravi, M.; Tayebi, S.M.; Safari, H. Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. *Iran. J. Basic Med Sci.* **2013**, *16*, 628.
46. Knuth, A.G.; Hallal, P. School environment and physical activity in children and adolescents: Systematic review. *Rev. Bras. Ativ. Física Saúde* **2012**, *17*, 463–473. [CrossRef]

47. Basaran, S.; Guler-Uysal, F.; Ergen, N.; Seydaoglu, G.; Bingol-Karakoç, G.; Ufuk Altintas, D. Effects of physical exercise on quality of life, exercise capacity and pulmonary function in children with asthma. *J. Rehabil. Med.* **2006**, *38*, 130–135. [CrossRef]
48. Shi, X.; Tubb, L.; Fingers, S.T.; Chen, S.; Caffrey, J.L. Associations of physical activity and dietary behaviors with children's health and academic problems. *J. School Health* **2013**, *83*, 1–7. [CrossRef]
49. Moura, T.; Costa, M.; Oliveira, S.; Júnior, M.B.; Ritti-Dias, R.; Santos, M. Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage. *J. Hum. Kinet.* **2014**, *42*, 277–284. [CrossRef]

© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ARTÍCULO V
[PAPER 5]

Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021

Samuel Manzano-Carrasco[1], Jorge Lopez- Fernandez[2], Eero A. Haapala[3,4], Jose Luis Felipe[2], Leonor Gallardo[1] & Jorge Garcia-Unanue[1]

[1] IGOID Research Group, Department of Physical Activity and Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, (Spain).

[2] School of Sport Sciences, Universidad Europea de Madrid, Madrid (Spain).

[3] Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Jyväskylä (Finland).

[4] Physiology, Institute of Biomedicine, School of Medicine, University of Eastern Finland, Kuopio (Finland).

Corresponding author: Jorge Garcia-Unanue. IGOID Research Group, Department of Physical Activity and Sport Sciences, Faculty of Sport Sciences, Universidad de Castilla-La Mancha, Toledo, Spain, +34 629 424 022, e-mail: Jorge.garciaunanue@uclm.es

Abstract

This study aimed to determine the relationship of body mass index (BMI), the muscle-to-fat ratio (MFR) and the handgrip strength to BMI ratio (grip strength-to-BMI) to physical fitness parameters in an active young population according to sex across four different time-points. A total of 2256 Spanish children and adolescents (aged 5-18; 69% boys) from rural areas participating in an extracurricular sport in different municipal sports schools participated in this study. Participants were divided to children (5-10 years) and adolescents (11-18 years), to boys and girls, and across four different time-points (2018, 2019, 2020, 2021). Data on anthropometric measures (BMI, MFR, appendicular skeletal muscle mass) and physical fitness (handgrip strength, cardiorespiratory fitness, and vertical jump) were collected. Boys with overweight, but especially boys with obesity, had higher absolute handgrip strength in children and adolescents than their normal weight counterparts in 2020 and 2021. Boys and girls with normal weight presented higher cardiorespiratory fitness and vertical jump than their overweight and obese peers over the years. The MFR was directly correlated to the cardiorespiratory fitness and vertical jump variables, but not with handgrip strength, in boys and girls. The grip strength-to-BMI ratio in both sexes was positively correlated to the different physical fitness parameters. In conclusion, this study evidence that weight status taken from BMI, as well as MFR and grip strength-to-BMI ratio, has a significant relationship with different fitness parameters and could be used as health indicators for this population.

Keywords: Body composition, bioelectrical Impedance, health, physical activity, youth.

SUBMITTED

1. Introduction

Scientific evidence suggests a progressive increase in obesity and a decrease in physical fitness among children and adolescents worldwide [1,2]. Excessive time spent on sedentary behaviours and in particular, sedentary technology use, unhealthy dietary composition, poor physical fitness, and insufficient sleep are the main responsible for these public health issues [3-5]. These unhealthy behaviours have got worsen due to the restrictions around the SARS-CoV-2 [6].

The Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030 (Action 4.2.) [7] and United Nations' Sustainable Development Goals [8] suggest monitoring and surveillance of fitness and health to understand the effectiveness of current policies and guide future actions to enhance healthy behaviors among children and adolescents. However, contrary to physical activity surveillance which is implemented in all countries of the European Union, the monitoring of physical fitness and body composition of children and adolescents is not as extended; being Bulgaria, Finland, Portugal and Slovenia the main promoters of this type of surveillance [9]. The implementation of field-based fitness test batteries or protocols offers an opportunity to track and record physical fitness parameters such as cardiorespiratory, musculoskeletal and body composition [10]. But the standardization of this data into benchmarking health indicators is not that easy. The main indicator commonly used as a proxy for obesity for many years has been the body mass index (BMI) [11]. Nonetheless, it is a relatively poor proxy of body composition in childhood [12] and has been questioned due to its limitations in detecting adiposity in the young population [13]. In addition, it cannot differentiate between fat mass and fat-free mass [14] which may have different effects on health outcomes [15] and it does not inform about current physical fitness of children and adolescents. Thus, there is a need for other indicators that might be more accurate with which to monitor the health and fitness of children and adolescents.

In recent years, the waist-to-height ratio (WHtR), which combines waist circumference and height, has been used for detecting abdominal obesity [16]. Furthermore, other authors had suggesting the use of other indicators used less commonly as they seem to address several o the limitations of BMI such as the muscle-fat-ratio (MFR) or the handgrip strength-to-BMI (grip strength-to-BMI ratio).The MFR, studies the relationship between skeletal muscle mass and total body fat mass [17,18]. This indicator relies on precise measurements of body composition and it has been considered the main indicator of low muscle mass [19]. On the other hand, the grip strength-to-BMI ratio, which is calculated as the handgrip strength test result divided by BMI [20,21]. Due to the fact that handgrip strength can be measured quickly and easily in field-based testing together with BMI, the grip strength-to-BMI ratio, which takes into account body composition and fitness parameters, could help to know the state as well as the evolution of the young population. Additionally, these markers have been correlated with metabolic risk [17], central adiposity [22] in children and adolescents and arterial hypertension and type 2 diabetes in adults [22-24]. Nonetheless, to the best of our knowledge, the effectiveness of these indicators in relating to body composition and physical fitness among active or partially active children and adolescents is yet to be explored. Therefore, we investigated the relationship of BMI, MFR and grip strength-to-BMI ratio to physical fitness parameters in an active young Spanish population according to sex across four consecutive years.

2. Material and methods

2.1. Participants

Baseline data of the *Active Health* project collected from May 2018 to April 2022 was analysed in this cross-sectional study. A total convenience sample of 2256 children and adolescents aged 5 to 18 years old (10.99 ± 2.70 years; 43.57 ± 15.11 kg; 146.42 ± 16.11 cm) participated in this study. All participants were participating in an extracurricular sport activity at least two days a week for a minimum of one hour each day from different municipal sports schools in Castilla-La Mancha (a central region of Spain). The final sample of the study were formed by 1558 boys (69% of the study population) and 698 girls (31% of the study population). The sample was divided based on sex (boys and girls), age range (children 5–10 years and adolescents 11–18 years, according to other studies [17], and academic year (2018, 2019, 2020 and 2021). The main exclusion criterion was the presence of physical disability or any health problem which might influence the performance in the fitness tests. Table 1 presents the descriptive data of the participants (anthropometric and physical fitness variables). Participants' parents were informed about the aim and nature of the test in the study and written informed consents were provided.

This research was carried out in compliance with the standards of the Declaration of Helsinki (2013 revision, Brazil) and following the guidelines of the European Community for Good Clinical Practice (111/3976/88 July 1990) as well as the Spanish legal framework for clinical research on humans (Royal Decree 561/1993 in clinical trials). The *Active Health* project was approved by the Bioethics Committee for Clinical Research of the Virgen de la Salud Hospital in Toledo and by the supervisors of the University of Castilla-La Mancha (Ref.: 508/17042020).

2.2 Assessments

Anthropometric measurements. Each individual participant had an anthropometric assessment utilising a methodology at 5-minute intervals, according to prior research [25]. For this, a portable segmental analyser of multifrequency body composition (Tanita MC-780, Tanita Corp., Tokyo, Japan) was utilized to measure weight (kg), fat mass (kg and %), and muscle mass (kg and %). The height (cm) was assessed with a height rod (Seca 214, Hamburg, Germany). BMI was calculated with the weight (kg) divided by the squared height (m). The appendicular skeletal

muscle mass (ASMM) was calculated by the sum of muscle mass of four limbs, and muscle-to-fat ratio [MFR = ASMM (kg)/fat mass (kg)]. The evaluations were conducted while wearing clothing and without shoes.

Physical Fitness. An adapted version of the extended Assessing Levels of Physical Activity (ALPHA) health-related fitness battery for children and adolescents [10] were used to assess the different parameters of physical fitness. According to earlier studies [26,27].a percentile value based on age and sex was utilised to standardize the findings from all tests. The tests carried out are explained below:

A handgrip strength with hand dynamometer with adjustable grip was used to evaluate upper-body muscular strength (Constant R Model: 14192-709E). Participants in a full extension elbow position were required to close their hands with a continuous maximum force for three seconds. The test was performed with the dominant hand and the non-dominant hand were used alternately. It was possible to try again with a 30-second rest period in between. Each participant's best score from their dominant hand was taken into consideration for an analysis to the nearest one gram, and the result was recorded in kilograms as absolute values [10]. Percentile or relative values based on age and sex were used to standardize the test results [26,27].

On the other hand, a vertical jump test was completed to assess lower-body muscular strength. The height was recorded in centimetres and calculated to the nearest 0.1 centimetre by photoelectric cells. This technological equipment consists of two parallel bars (Optojump, Microgate, Bolzano, Italy) which measure flight time taken as the duration between take-off and landing. Participants were instructed to jump as high as possible and three attempts were allowed with thirty seconds of recovery. The test results were used to standardize as a percentile based on age and sex [26,27].

Finally, cardiorespiratory fitness was assessed by performing a maximum incremental field test (20 m Shuttle-Run Test [20 mSRT]). Participants had to run between two lines 20 m apart while keeping a pace emitted by acoustic signals by a portable speakerphone. The initial speed is 8.5 km h^{-1}, which is increased by 0.5 km h^{-1} each min [28]. The test ended when the participant failed to reach the end of the lines concurrent with the audio signals on two consecutive occasions. Otherwise, the test is finished when the athletes stopped because of fatigue. The results were transformed in stages of 1 min duration and the maximal oxygen uptake (VO2max) was estimated using formula by Leger [28]:

$VO2max\ (ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}) = 31.025 + 3.248 \cdot X_1 - 3.248 \cdot X_2 + 0.1536 \cdot X_1 \cdot X_2$, where the final speed (X_1, $km \cdot h^{-1}$) and age (X_2, year as the lower rounded integer).

The test was performed only once, and it was performed last so that performance and fatigue did not interfere with the participants. Lastly, the grip strength-to-BMI ratio was estimated with the handgrip strength (kg) and BMI (kg/m^2).

2.2 Statistical analysis

Data were presented as means ± standard deviations. A Kolmogorov–Smirnov test were used to confirm a normal distribution of the variables. The sample was divided based on sex (boys and girls) age range (children 5–10 years and adolescents 11–18 years) according to other studies [17] and year of the analysis (2018, 2019, 2020 and 2021). One-way ANOVA was used to evaluate the differences on physical fitness parameters regard weight status-based World Health Organization (WHO) BMI-for-age reference (normal weight, overweight and obese). Pearson product moment correlation was used to evaluate the relationship between physical fitness parameters and anthropometric status based on MFR and grip strength-to-BMI. The level of significance was set at $p < 0.05$.

3. Results

3.1. Differences on physical fitness according to BMI

Table 2 and 3 shows the differences between the three-weight status-based WHO BMI-for-age reference (normal weight, overweight, and obese) on physical fitness parameters separated by sex (boys and girls) and age group. Either boys or girls showed significant differences in all physical fitness parameters in the four analyzed time points.

3.1.1. Handgrip strength

In the younger group, boys with overweight showed higher percentile (pc) than boys with normal weight in 2019 ($p = 0.037$; ES: 0.24 CI: 0.42 to 19.69) and 2021 ($p < 0.001$; ES: 5.65 to 5.83). Furthermore, boys with obesity had higher handgrip strength (kg and pc) in 2020 ($p < 0.01$; ES: 3.73 to 4.79) and 2021 ($p < 0.01$; ES: 4.15 to 5.13) than boys with normal weight. Finally, in 2021, girls with overweight had higher handgrip strength (kg) than girls with normal weight ($p = 0.018$; ES: 3.99; CI: 0.26 to 3.79).

On the other hand, in the older group, boys with overweight showed higher handgrip strength (kg and pc) than the boys with normal weight in 2018 ($p < 0.01$; ES: 0.39 to 4.36) and 2019 ($p < 0.001$; ES: 7.30 to 7.40). Similarly, boys with obesity had greater percentile (pc) than boys with normal weight in 2020 ($p = 0.009$; ES: 4.26; CI: 3.37 to 31.05). In girls, girls with overweight showed higher handgrip strength (kg and pc) than girls with normal weight in 2019 ($p = 0.01$; ES: 0.44 to 4.40).

Finally, boys with obesity had better handgrip strength (kg and pc) than boys with normal weight in both age groups in 2019 ($p < 0.001$; ES: 0.39 to 6.07).

3.1.2. Cardiorespiratory fitness

In the younger group, boys with normal weight presented higher VO2max and percentile compared to those with overweight in 2018 ($p < 0.01$; ES: 4.15 to 4.57) and obesity in 2021 ($p < 0.001$; ES: 7.57 to 8.14). Likewise, girls with normal weight showed higher VO2max and percentile in 2019 ($p < 0.001$; ES: 7.00 to 7.33) and 2021 ($p < 0.05$; ES: 3.75 to 4.55) than girls with obesity. In 2020, girls with normal weight had a higher percentile than girls who were overweight ($p = 0.036$; ES: 3.64; CI: 0.73 to 28.35).

In the older group, boys with overweight showed higher percentile than boys with obesity in 2018 ($p < 0.001$; ES: 6.77 to 7.00). Similarly, boys with normal weight had a greater VO2max and percentile in 2021 than boys with overweight ($p < 0.001$; ES: 5.13 to 5.74) and obesity ($p < 0.001$; ES: 11.32 to 11.81). In contrast, girls with normal weight had higher VO2max and percentile than girls who presented overweight in 2018 ($p < 0.01$; ES: 4.25 to 4.43), 2021 ($p < 0.001$; ES: 4.91 to 5.73) and obesity in 2018 ($p < 0.001$; ES: 5.32 to 7.14) and 2021 ($p < 0.001$; ES: 5.43 to 7.78). Moreover, in 2019, girls with normal weight had higher percentile than obese girls ($p < 0.001$; ES: 7.42; CI: 20.32 to 55.50) and higher VO2max than girls with overweight ($p < 0.05$; ES: 3.63 to 4.67).

Lastly, in both age groups, boys with normal weight showed a higher VO2max and percentile than those who were overweight and obese in 2018 ($p < 0.001$; ES: 4.89 to 11.20) 2019 ($p < 0.01$; ES: 4.58 to 15.47) 2020 ($p < 0.05$; ES: 3.61 to 11.75) and 2021 ($p < 0.05$; ES: 4.33 to 6.20). In girls with the normal weight status had higher VO2max and percentile than the girls with obesity in 2020 ($p < 0.001$; ES: 4.82 to 5.95). Finally, boys with overweight had higher VO2max and percentile than boys with obesity in 2019 ($p < 0.001$; ES: 5.74 to 8.85) and 2020 ($p < 0.001$; ES: 5.30 to 5.90).

3.1.3. Vertical jump

In the younger group, boys with normal weight showed higher vertical jump (cm and pc) than overweight ($p < 0.05$; ES: 3.78 to 3.83) and obese in 2019 ($p < 0.001$; ES: 1.99 to 9.06) and in 2021 in boys ($p < 0.001$; ES: 7.80 to 8.10) and girls ($p = 0.11$; ES: 4.13; CI: 0.44 to 4.59). In 2021, there were no significant differences among percentile of girls ($p > 0.05$).

In the older group, boys with normal weight had higher vertical jump (cm and pc) compared to those with obesity in 2019 ($p < 0.001$; ES: 6.67 to 8.24) and 2021 ($p < 0.001$; ES: 7.38 to 8.74). Also, in 2021, the normal weight group had higher vertical jump (cm and pc) than boys with overweight ($p < 0.01$; ES: 4.96 to 5.74), girls with overweight ($p < 0.01$; ES: 4.26 to 4.48) and girls with obesity ($p < 0.05$; ES: 4.23 to 4.78).

In both groups, boys with overweight showed positively significant differences (cm and pc) than those with obesity in 2019 ($p < 0.01$; ES: 3.89 to 6.26) and 2021($p < 0.01$; ES: 3.38 to 4.58) except for the percentile in the older group ($p = 0.138$; ES: 2.83; CI: -2.23 to 24.30). In addition, boys with normal weight showed higher vertical jump (cm and pc) than those with obesity ($p < 0.01$; ES: 4.91 to 9.04) Similarly, girls with normal weight displayed higher vertical jump (cm and pc) than overweight in 2019 ($p < 0.05$; ES: 3.78 to 5.72) and obesity in 2019 ($p < 0.001$; ES: 5.32 to 6.27) and 2020 ($p < 0.05$; ES: 3.69 to 4.41). Finally, significant differences (cm and pc) were found between boys with overweight and obesity in both age groups ($p < 0.05$; ES: 3.74 to 5.78), except for the percentile of the older group in 2020 ($p = 0.172$; ES: 2.69; CI: -2.35 to 20.23).

3.2. Relationship MFR and grip strength-to-BMI ratio on physical fitness

Sex and age group correlations of anthropometrics indicators and physical fitness parameters in the four different time-points are presented in Table 4. In both groups of boys, MFR was significantly correlated with cardiorespiratory fitness ($r = 0.47$ to 0.57, $p < 0.001$) and vertical jump ($r = 0.33$ to 0.55, $p < 0.001$). Nevertheless, MFR was not significantly correlated with handgrip strength in the different years ($p > 0.05$). MFR was positively correlated with cardiorespiratory fitness and vertical jump in 2019, 2020 and 2021 ($r = 0.21$ to 0.64, $p < 0.001$) except in the younger group in 2018 ($p > 0.05$). Finally, in girls, MFR was significantly correlated with handgrip strength in the youngest group in 2018 ($r = 0.65$, $p = 0.011$) and in 2019 and 2021 in the oldest group ($r = -0.28$ to -0.23, $p < 0.05$). MFR was no significant correlation with cardiorespiratory fitness and vertical jump in the different years ($p > 0.05$).

On the other hand, in both groups of boys, the grip strength-to-BMI ratio was directly correlated with all physical fitness parameters ($r = 0.27$ to 0.83; $p < 0.001$) except with cardiorespiratory fitness (pc) in 2018 ($r = 0.29$, $p=0.053$). In girls, the grip strength-to-BMI ratio was significantly correlated with overall physical fitness parameters in both age groups ($r = 0.21$ to 0.86, $p < 0.001$) except in cardiorespiratory fitness in the younger group in 2018, in the oldest group in 2020 and vertical jump in 2020 ($p>0.05$).

4. Discussion

This is the first study investigating the relationship of BMI, MFR and grip strength-to-BMI ratio on muscular strength and cardiorespiratory fitness in physically active children and adolescents according to sex across four consecutive years (2018 to 2021). This study evidenced that weight status taken from BMI as well as MFR and grip strength-to-BMI ratio has a significant relationship with different fitness parameters and could be used as health indicators for this population. Our findings showed that children and adolescents with normal weight status, regardless of sex, had higher cardiorespiratory fitness and vertical jump than those who were overweight and obese. In contrast, overweight, but particularly in boys with obesity displayed significantly higher handgrip strength than those with normal weight status. Moreover, either the MFR and grip strength-to-BMI shows a significant correlation with cardiorespiratory fitness and vertical jump in both sexes, while grip strength-to-BMI also display a positive correlation with handgrip strength. Even though previous research had determined that body composition analyses can allow for the identification and diagnosis of weight status based on BMI, the data of the present study shows that the use of other body composition measurements, the MFR and grip strength-to-BMI indicators can serve as a tool for identifying relationships of paediatric population with physical fitness.

4.1. BMI (weight status) & Physical Fitness

A total of 57% of participants in a present study had healthy weight status while 26% and 17% of participants were overweight or obesese, respectively. This shows that although the participants regularly practised a sporting activity, approximately 40% of participants had a high BMI value. A recent study investigated the prevalence and incidence of overweight and obesity rates in children and adolescents across 8 Spanish regions, suggesting that childhood obesity prevalence and incidence rates vary by region in Spain [29]. In this study, the incidence of obesity in a rural young population descriptively increases over four consecutive years studied, with 2020 being the year where 20% of the total sample were obese. This may be due to the period of confinement caused by COVID-19 as well as their decrease in physical activity and possible worse eating habits during this period according to other studies [30].

An overweight and obese status can lead to have a higher prevalence of suffering from metabolic syndrome compared with normal weight status in children and adolescents [31]. In addition, this may have an impact on physical fitness, which has been seen as an important marker of health [32]. Our findings indicates that the association between BMI based on weight status and physical fitness is significant, which extends previous findings in young population [33-35]. Furthermore, the association of higher muscular strength with an overweight and obesity status was more pronounced especially in boys. These findings are in concordance with the study by [36] where have consistently reported that greater handgrip strength is strongly associated with a high BMI. This may be because boys with higher fat mass have more handgrip strength than girls despite the fact that there are no differences between the different weight status groups. Additionally, this relationship shows to be stable over the four years. Instead, a normal weight status was significantly associated with a higher performance in cardiorespiratory fitness and vertical jump. The significance of cardiorespiratory fitness levels on cardiovascular health in young population has clearly demonstrated [37]. Nevertheless, some research did not account with an important factor such as weight status in this association [38]. Thus, despite have a positive relationship in manual dynamometry with a high BMI as well as better cardiorespiratory fitness and muscular strength with an optimal BMI, it is important to considered data about body composition parameters when examining relationships of physical fitness and health outcomes.

4.2. MFR and grip strength-to-BMI & Physical Fitness

BMI remains one of the most widely used measures of adiposity and weight status in young population [11,39]. However, this indicator does not discriminate between fat mass and fat-free mass [14] and also does not reflect fat distribution and accumulation [40]. Accordingly, the MFR and grip strength-to-BMI ratio might be more reliable by addressing several of the limitations of BMI. In the elderly population the grip strength-to-BMI ratio has been suggested for diagnosing sarcopenia [41]. In addition, the MFR may be a potential indicator for type 2 diabetes, metabolic syndrome and hypertension in adults [42-44]. In youth, although the evidence is scare, Steffl et al. (2017) have suggested that the grip strength-to-BMI ratio can be used to identifying children who are at risk of sarcopenic obesity [21]. Similarly, in preschool children demonstrated that greater grip strength-to-BMI ratio was associated with lower fat mass and percentage of body fat [45]. To date, there have been few research that compare how these two indicators are related to fitness and health features in children and adolescents in the same sample. Our findings evidence that the MFR and grip strength-to-BMI ratio in both sexes was significantly correlated with cardiorespiratory fitness and vertical jump, while the grip strength-to-BMI ratio also show a correlation with handgrip strength. Furthermore, these indicators tend to be representative over the four years studied.

Although MFR is a more difficult indicator to calculate as it depends on anthropometric measurements and body composition assessments obtained from specific equipment, a decrease in MFR was related with an excessive reduction in muscle strength and power in the lower extremities [46]. In contrast, body fat is strongly and inversely associated with 20-m shuttle run test performance in children [47,48]. This evidence supports the crucial role of other anthropometric parameters not covered by the BMI which should be taken into account for assessing the performance of physical fitness tests as well as for the health of children and adolescents.

Therefore, more studies with large population data on BMI, MFR and grip strength-to-BMI ratio in children and adolescents are warranted to provide further evidence whether weight status should be considered not only through the BMI but also through other anthropometric indicators.

A major strength of this study was: (1) the novelty of this research which includes other anthropometric indicators in young people and their relationship with different physical fitness variables; (2) the relatively large sample of rural active children and adolescents (n=2256) that were measured using a standardized procedure; and (3) the data obtained of this population in four consecutive years. The current study also has some limitations that needs to be considered. Although four different years have been studied, the design of this study is cross-sectional and therefore, limits the interference with regard to the casualty of the associations examined. Moreover, the level of daily physical activity and socio-economic status was not controlled for or taken into account and may influence the generalisability of the results. Finally, body composition was not measured with advanced assessments or high precision by imaging techniques or specialized equipment such as DEXA or magnetic resonance. Nevertheless, as it is a large sample, bioimpedance may be a feasible measurement, relatively cheaper, easily applied, without radiation [49] and therefore, the use of bioimpedance may be a good tool for routine assessment of body composition in this population. Thus, we recognize this limitation and suggest future studies using other specific equipment to confirm our findings.

5. Conclusion

This study evidence that weight status taken from BMI as well as MFR and grip strength-to-BMI are important indicators for health which are significant in different physical fitness parameters. A normal weight status presented significant values in cardiorespiratory fitness and vertical jump regarding those who were overweight and obese. Moreover, both indicators were positively correlated with handgrip strength, cardiorespiratory fitness and vertical jump (grip strength-to-BMI) and cardiorespiratory fitness and vertical jump (MFR) in both sexes and over the four years. Therefore, even though previous research had determined that body composition analyses can allow for the identification and diagnosis of weight status based on BMI, the data of the present study shows that the use of other body composition measurements such as MFR or grip strength-to-BMI, can serve as a tool for identifying relationships of paediatric population with physical fitness.

Aknowledgements

The authors gratefully acknowledge the support, collaboration, and participation of the different municipal sport schools and participants who contributed to the current study. Samuel Manzano-Carrasco acknowledges the University of Castilla-La Mancha for financing the development of his PhD (2019- PREDUCLM-10735). Finally, this research has been developed with the help of the Grant 45/20/IN/002 for the development of the digital platform and application "EFITGOID" by the Innova Adelante Castilla-La Mancha 2020 programme.

Authors' Contributions

All authors have read and approved the final version of the manuscript and agree with the order of presentation of the authors. All authors contributed to the study conception and design. Material preparation, data collection, analysis, and first draft of the manuscript were performed by Samuel Manzano-Carrasco, Jorge Lopez-Fernandez and Jorge Garcia-Unanue. Jose Luis Felipe and Leonor Gallardo assisted with the methodology, analysis and supervision. Eero A. Haapala commented and revised critically on the previous version of the manuscript. All authors provided critical feedback and approved the final manuscript.

Abbreviations: BMI, body mass index; MFR, muscle-to-fat ratio; WHtR,waist-to-height ratio; ASMM, skeletal muscle mass; ALPHA, Assessing Levels of Physical Activity; 20 mSRT, 20 m Shuttle-Run Test; WHO, World Health Organization; VO2max, maximal oxygen uptake; cm, centimetres; pc, percentile.

Competing Interests

The authors declare that they have no competing interests.

References

1. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1· 6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*. 2020;4(1):23-35.

2. Collaborators GO. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *New England Journal of Medicine*. 2017;377(1):13-27.

3. Pearson N, Biddle SJ. Sedentary behavior and dietary intake in children, adolescents, and adults: a systematic review. *American journal of preventive medicine*. 2011;41(2):178-188.

4. Iannotti RJ, Kogan MD, Janssen I, Boyce WF. Patterns of adolescent physical activity, screen-based media use, and positive and negative health indicators in the US and Canada. *Journal of Adolescent Health*. 2009;44(5):493-499.

5. Fatima Y, Doi S, Mamun A. Longitudinal impact of sleep on overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis. *Obesity reviews*. 2015;16(2):137-149.

6. Rúa-Alonso M, Rial-Vázquez J, Nine I, et al. Comparison of Physical Fitness Profiles Obtained before and during COVID-19 Pandemic in Two Independent Large Samples of Children and Adolescents: DAFIS Project. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(7):3963.

7. Organization WH. *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization; 2019.

8. Desa U. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. 2016.

9. World Health Organization. Regional Office for E. *2021 physical activity factsheets for the European Union Member States in the WHO European Region*. World Health Organization. Regional Office for Europe; 2021.

10. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British journal of sports medicine*. 2011;45(6):518-524.

11. Cole TJ. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-1240.

12. Freedman DS, Wang J, Maynard LM, et al. Relation of BMI to fat and fat-free mass among children and adolescents. *International journal of obesity*. 2005;29(1):1-8.

13. Javed A, Jumean M, Murad MH, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric obesity*. 2015;10(3):234-244.

14. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*. 2003;19(7-8):597-604.

15. Bigaard J, Frederiksen K, Tjønneland A, et al. Body fat and fat-free mass and all-cause mortality. *Obesity research*. 2004;12(7):1042-1049.

16. Freedman DS, Kahn HS, Mei Z, et al. Relation of body mass index and waist-to-height ratio to cardiovascular disease risk factors in children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *The American journal of clinical nutrition*. 2007;86(1):33-40.

17. McCarthy H, Samani-Radia D, Jebb S, Prentice A. Skeletal muscle mass reference curves for children and adolescents. *Pediatric obesity*. 2014;9(4):249-259.

18. Park BS, Yoon JS. Relative skeletal muscle mass is associated with development of metabolic syndrome. *Diabetes & metabolism journal*. 2013;37(6):458-464.

19. Kim K, Hong S, Kim EY. Reference values of skeletal muscle mass for Korean children and adolescents using data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey 2009-2011. *PLoS One*. 2016;11(4):e0153383.

20. Bianco A, Jemni M, Thomas E, et al. A systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents—The ASSO Project. *Int J Occup Med Environ Health*. 2015;28(3):445-478.

21. Steffl M, Chrudimsky J, Tufano JJ. Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity. *PloS one*. 2017;12(5):e0177006.

22. Hernández-Jaña S, Sanchez-Martinez J, Solis-Urra P, et al. Mediation Role of Physical Fitness and Its Components on the Association Between Distribution-Related Fat Indicators and Adolescents' Cognitive Performance: Exploring the Influence of School Vulnerability. The Cogni-Action Project. *Frontiers in behavioral neuroscience*. 2021:210.

23. Moosaie F, Abhari SMF, Deravi N, et al. Waist-To-Height Ratio Is a More Accurate Tool for Predicting Hypertension Than Waist-To-Hip Circumference and BMI in Patients With Type 2 Diabetes: A Prospective Study. *Frontiers in Public Health*. 2021;9.

24. Ashwell M, Gunn P, Gibson S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. *Obesity reviews*. 2012;13(3):275-286.

25. Thivel D, Verney J, Miguet M, et al. The accuracy of bioelectrical impedance to track body composition changes depends on the degree of obesity in adolescents with obesity. *Nutrition Research*. 2018;54:60-68.

26. Gulías-González R, Sánchez-López M, Olivas-Bravo Á, Solera-Martínez M, Martínez-Vizcaíno V. Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *Journal of School Health*. 2014;84(10):625-635.

27. Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, et al. Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(8):2295-2310.

28. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*. 1988;6(2):93-101.

29. de Bont J, Bennett M, León-Muñoz LM, Duarte-Salles T. The prevalence and incidence rate of overweight and obesity among 2.5 million children and adolescents in Spain. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*. 2022;75(4):300-307.

30. Ramos-Álvarez O, Arufe-Giráldez V, Cantarero-Prieto D, Ibáñez-García A. Impact of SARS-CoV-2 Lockdown on Anthropometric Parameters in Children 11/12 Years Old. *Nutrients*. 2021;13(11):4174.

31. Friend A, Craig L, Turner S. The prevalence of metabolic syndrome in children: a systematic review of the literature. *Metabolic syndrome and related disorders*. 2013;11(2):71-80.

32. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International journal of obesity*. 2008;32(1):1-11.

33. Valenzuela PL, Pinto-Escalona T, Lucia A, Martínez-de-Quel Ó. Academic performance and psychosocial functioning in European schoolchildren: The role of cardiorespiratory fitness and weight status. *Pediatric Obesity*. 2022;17(2):e12850.

34. Manzano-Carrasco S, Felipe JL, Sanchez-Sanchez J, Hernandez-Martin A, Gallardo L, Garcia-Unanue J. Weight status, adherence to the Mediterranean diet, and physical fitness in Spanish children and adolescents: The Active Health Study. *Nutrients*. 2020;12(6):1680.

35. Dumith SC, Ramires VV, Souza MA, et al. Overweight/obesity and physical fitness among children and adolescents. *Journal of Physical Activity and Health*. 2010;7(5):641-648.

36. Fernández I, Canet O, Giné-Garriga M. Assessment of physical activity levels, fitness and perceived barriers to physical activity practice in adolescents: cross-sectional study. *European Journal of Pediatrics*. 2017;176(1):57-65.

37. Ortega FB, Cadenas-Sanchez C, Lee D-c, Ruiz JR, Blair SN, Sui X. Fitness and fatness as health markers through the lifespan: an overview of current knowledge. *Progress in Preventive Medicine (New York, Ny)*. 2018;3(2):e0013.

38. Artero EG, Ruiz JR, Ortega FB, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. *Pediatric diabetes*. 2011;12(8):704-712.

39. Dietz WH, Bellizzi MC. Introduction: the use of body mass index to assess obesity in children. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999;70(1):123S-125S. doi:10.1093/ajcn/70.1.123s.

40. McCarthy HD. Body fat measurements in children as predictors for the metabolic syndrome: focus on waist circumference. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2006;65(04):385-392.

41. McLean RR, Shardell MD, Alley DE, et al. Criteria for Clinically Relevant Weakness and Low Lean Mass and Their Longitudinal Association With Incident Mobility Impairment and Mortality: The Foundation for the National Institutes of Health (FNIH) Sarcopenia Project. *The Journals of Gerontology: Series A*. 2014;69(5):576-583.

42. Chen Y-Y, Fang W-H, Wang C-C, et al. Fat-to-muscle ratio is a useful index for cardiometabolic risks: A population-based observational study. *PLoS One*. 2019;14(4):e0214994.

43. Wang N, Sun Y, Zhang H, et al. Total and regional fat-to-muscle mass ratio measured by bioelectrical impedance and risk of incident type 2 diabetes. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*. 2021;12(6):2154-2162.

44. Seo YG, Song HJ, Song YR. Fat-to-muscle ratio as a predictor of insulin resistance and metabolic syndrome in Korean adults. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. 2020;11(3):710-725.

45. Reisberg K, Riso E-M, Jürimäe J. Physical fitness in preschool children in relation to later body composition at first grade in school. *Plos one*. 2021;16(1):e0244603.

46. Ushio K, Mikami Y, Obayashi H, et al. Decreased Muscle-to-Fat Mass Ratio Is Associated with Low Muscular Fitness and High Alanine Aminotransferase in Children and Adolescent Boys in Organized Sports Clubs. *Journal of clinical medicine*. 2021;10(11):2272.

47. Henriksson P, Sandborg J, Henström M, et al. Body composition, physical fitness and cardiovascular risk factors in 9-year-old children. *Sci Rep*. Feb 17 2022;12(1):2665.

48. Joensuu L, Syväoja H, Kallio J, Kulmala J, Kujala UM, Tammelin TH. Objectively measured physical activity, body composition and physical fitness: Cross-sectional associations in 9-to 15-year-old children. *European journal of sport science*. 2018;18(6):882-892.

49. Völgyi E, Tylavsky FA, Lyytikäinen A, Suominen H, Alén M, Cheng S. Assessing body composition with DXA and bioimpedance: effects of obesity, physical activity, and age. *Obesity*. 2008;16(3):700-705.

Table 1. Descriptive statistics across four years

Variables	2018 (n=293)	2019 (n=887)	2020 (n= 501)	2021 (n=575)
Age (years)	12.58 (2.12)	10.88 (2.65)	10.86 (2.94)	10.45 (2.58)
Weight (kg)	47.94 (14.07)	42.82 (14.70)	44.62 (16.76)	41.58 (14.21)
Height (cm)	152.70 (13.43)	145.82 (15.77)	146.53 (17.64)	144.19 (15.72)
BMI (kg/m^2)	20.12 (3.53)	19.60 (3.72)	20.04 (3.94)	19.46 (3.74)
Fat mass (kg)	11.53 (6.01)	10.48 (5.75)	11.18 (6.42)	10.40 (5.79)
Fat mass (%)	23.25 (6.79)	23.65 (6.62)	24.22 (6.70)	24.17 (6.85)
Muscle mass (kg)	34.44 (9.29)	30.64 (9.97)	31.68 (11.39)	29.51 (9.53)
Muscle mass (%)	72.70 (6.41)	72.29 (6.23)	71.73 (6.31)	71.78 (6.47)
ASMM (kg)	1.48 (0.58)	1.37 (0.53)	1.33 (0.49)	1.33 (0.54)
MFR (kg/kg)	3.48 (1.25)	3.50 (1.57)	3.15 (1.13)	3.22 (1.12)
Grip strength-to-BMI (kg/kg/m^2)	1.31 (0.42)	1.06 (0.40)	0.99 (0.41)	1.03 (0.40)
Handgrip strength (kg)	26.36 (9.20)	20.94 (9.27)	20.06 (9.49)	20.11 (8.70)
Handgrip strength (pc)	63.94 (27.81)	51.20 (29.03)	45.81 (29.21)	56.62 (28.43)
20 mSRT (stages)	6.18 (2.15)	5.36 (2.32)	4.89 (2.54)	4.55 (2.25)
20 mSRT (pc)	67.91 (22.05)	66.87 (24.52)	62.21 (25.99)	62.58 (25.06)
VO2max (ml/kg/min)	48.29 (4.97)	48.92 (4.90	47.84 (5.37)	47.58 (4.65)
Vertical jump (cm)	No data	22.15 (6.48)	23.35 (7.24)	22.01 (6.45)
Vertical jump (pc)	No data	46.57 (26.61)	43.60 (25.14)	45.18 (26.03)

Abbreviations: kg, kilogrammes; cm, centimetres; m, metres; BMI, body mass index; ASMM, appendicular skeletal muscle mass; MFR, muscle-fat-ratio; pc, percentile; mSRT, 20 metres shuttle run test.

SUBMITTED

Table 2. Descriptive statistics of boys.

		Boys											
		2018			2019			2020			2021		
		Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese
Handgrip strength (kg)	5-10	17.33 (0.99)	18.01 (1.22)	19.64 (1.51)	14.58 (0.28) ¥	15.70 (0.38)	16.75 (0.42)	13.57 (0.38) ¥	13.44 (0.57)	15.27 (0.52)	14.06 (0.48) Ŷ ¥	17.42 (0.69)	16.32 (0.60)
	11-18	28.59 (8.22) Ŷ	32.16 (9.58)	31.22 (10.23)	25.62 (0.46) Ŷ ¥	29.65 (0.63)	29.27 (0.87)	26.87 (0.74)	28.82 (1.08)	30.35 (1.36)	26.69 (0.58)	27.05 (0.96)	27.98 (1.21)
Handgrip strength (pc)	5-10	57.90 (6.14)	67.59 (7.50)	80.14 (9.28)	47.35 (57.41) Ŷ ¥	57.41 (3.24)	63.24 (3.52)	37.20 (3.16) ¥	39.46 (4.70)	55.31 (4.31)	45.35 (3.07) Ŷ ¥	67.66 (4.45)	63.33 (3.88)
	11-18	58.47 (2.55) Ŷ	73.10 (3.99)	70.61 (5.32)	43.06 (1.93) Ŷ ¥	60.18 (2.64)	58.21 (3.68)	43.51 (2.73) ¥	52.59 (3.97)	60.72 (5.01)	55.57 (2.53)	60.61 (4.20)	59.65 (5.34)
VO_2Max (ml/kg/min)	5-10	51.99 (0.82) ¥	49.46 (0.99)	46.74 (1.27)	52.43 (0.31) Ŷ ¥	49.87 (0.43) λ	46.87 (0.47)	51.49 (0.36) Ŷ ¥	49.37 (0.54) λ	46.44 (0.49)	50.61 (0.42) ¥	49.29 (0.53) λ	46.99 (0.53)
	11-18	50.59 (0.39) Ŷ ¥	48.22 (0.62) λ	43.18 (0.85)	50.93 (0.31) Ŷ ¥	48.10 (0.43) λ	43.54 (0.60)	51.12 (0.51) Ŷ ¥	46.88 (0.74) λ	42.16 (0.93)	49.75 (0.40) Ŷ ¥	46.95 (0.66) λ	42.23 (0.85)
20 mSRT (pc)	5-10	84.97 (4.48) ¥	72.54 (5.39)	56.31 (6.96)	80.21 (1.76) Ŷ ¥	70.41 (2.46) λ	50.41 (2.70)	75.19 (2.23) Ŷ ¥	65.03 (3.29) λ	46.39 (3.02)	73.29 (2.50) ¥	65.02 (3.61) λ	50.00 (3.18)
	11-18	70.15 (1.74) Ŷ ¥	60.61 (2.74) λ	37.58 (3.76)	68.81 (1.52) Ŷ ¥	55.94 (2.09) λ	33.41 (2.93)	69.73 (2.26) Ŷ ¥	50.41 (3.31) λ	30.51 (4.14)	64.93 (1.99) Ŷ ¥	49.23 (3.31) λ	25.80 (4.24)
Vertical jump (cm)	5-10	No data available			20.91 (0.44) Ŷ ¥	18.92 (0.60) λ	15.93 (0.64)	21.47 (0.39) ¥	20.15 (0.59) λ	17.21 (0.54)	21.14 (0.43) ¥	19.85 (0.63) λ	17.14 (0.55)
	11-18				28.24 (0.57) ¥	27.12 (0.72) λ	21.98 (0.91)	30.02 (0.48) ¥	28.64 (0.70) λ	25.66 (0.88)	28.30 (0.48) Ŷ ¥	24.51 (0.80) λ	21.33 (1.02)
Vertical jump (pc)	5-10	No data available			62.34 (2.68) Ŷ ¥	50.08 (3.64) λ	35.28 (3.95)	62.11 (2.58) ¥	56.40 (3.83) λ	35.14 (3.51)	61.43 (2.79) ¥	50.12 (4.40) λ	36.61 (3.53)
	11-18				40.93 (2.47) ¥	36.70 (3.13) λ	18.97 (3.94)	39.75 (2.00) ¥	34.16 (2.91)	25.23 (3.67)	44.05 (2.05) Ŷ ¥	30.11 (3.40)	19.08 (4.32)

Data are presented as mean (SD). Ŷ significant differences ($p<0.05$) between normal weight and overweight. ¥ significant differences ($p<0.05$) between normal weight and obesity. λ significant differences ($p<0.05$) between overweight and obesity.

Table 3. Descriptive statistics of girls.

		Girls											
		2018			2019			2020			2021		
		Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese	Normal weight	Overweight	Obese
Handgrip strength (kg)	5-10	15.21 (0.78)	13.67 (1.29)	No data	13.41 (0.35)	14.35 (5.28)	15.16 (0.72)	12.92 (0.43)	14.36 (0.64)	12.47 (0.8)	12.60 (0.38) Ŷ	14.63 (0.61) Ŷ	13.42 (0.63)
	11-18	24.88 (0.81)	24.98 (1.30)	28.68 (1.83)	21.32 (0.50) Ŷ	24.08 (0.71)	23.98 (1.21)	21.10 (0.65)	22.70 (1.07)	12.54 (1.25)	23.40 (0.59)	24.04 (0.86)	17.32 (1.54)
Handgrip strength (pc)	5-10	61.12 (7.17)	43.18 (11.93)	No data	50.68 (3.49)	61.94 (5.23)	66.80 (7.16)	43.78 (4.47)	63.02 (6.68)	48.89 (8.69)	47.83 (3.43)	58.81 (5.51)	56.98 (5.71)
	11-18	65.62 (4.28)	64.30 (6.87)	81.03 (9.68)	42.13 (61.80) Ŷ	61.80 (4.69)	58.97 (7.94)	38.27 (4.01)	50.14 (6.55)	40.86 (7.69)	61.95 (2.96)	66.45 (4.34)	79.69 (7.52)
VO_2Max (ml/kg/min)	5-10	46.94 (0.63)	46.13 (1.05)	No data	49.70 (0.35) Ŷ ¥	47.60 (0.53)	45.78 (0.71)	48.14 (0.38) ¥	46.61 (0.57)	45.30 (0.74)	48.29 (0.31) ¥	47.12 (0.50)	46.34 (0.52)
	11-18	45.96 (0.66) Ŷ ¥	42.18 (1.07)	39.76 (1.51)	45.98 (0.42) Ŷ ¥	43.91 (0.63)	39.98 (1.11)	44.23 (0.62) ¥	41.34 (1.02)	38.73 (1.20)	45.57 (0.54) Ŷ ¥	42.27 (0.78)	39.71 (1.34)
20 mSRT (pc)	5-10	82.56 (4.65)	67.21 (7.74)	No data	83.03 (2.12) Ŷ ¥	73.12 (3.22)	57.98 (4.34)	78.46 (3.16) Ŷ ¥	63.91 (4.68)	49.55 (6.09)	74.35 (2.76) ¥	64.63 (4.46)	60.02 (4.63)
	11-18	84.14 (3.19) Ŷ ¥	65.18 (5.13)	44.26 (7.22)	74.51 (2.55) ¥	64.67 (3.82)	36.60 (6.76)	66.87 (3.94) ¥	52.19 (6.44)	33.54 (7.57)	72.21 (2.72) Ŷ ¥	53.89 (3.92)	32.10 (6.76)
Vertical jump (cm)	5-10	No data available			20.15 (0.46) Ŷ ¥	17.96 (0.64)	15.92 (0.89)	18.74 (0.56) ¥	18.06 (0.34)	15.01 (1.09)	18.78 (0.44) ¥	17.54 (0.71)	16.26 (0.74)
	11-18				26.64 (0.67) Ŷ ¥	21.90 (0.96)	19.13 (1.57)	24.56 (0.74) ¥	22.44 (1.19)	19.75 (1.40)	24.30 (0.56) Ŷ ¥	21.20 (0.80)	19.26 (1.38)
Vertical jump (pc)	5-10	No data available			64.28 (3.22) Ŷ ¥	49.59 (4.45)	37.91 (6.22)	53.23 (3.56) ¥	47.99 (5.33)	28.92 (6.93)	55.84 (3.10)	48.39 (5.01)	41.93 (5.20)
	11-18				55.96 (2.92) Ŷ ¥	35.41 (4.18)	23.14 (6.80)	43.80 (3.56) ¥	33.37 (5.75)	23.87 (6.75)	47.82 (2.80) Ŷ ¥	33.03 (4.03)	25.40 (6.95)

Data are presented as mean (SD). Ŷ significant differences ($p<0.05$) between normal weight and overweight. ¥ significant differences ($p<0.05$) between normal weight and obesity. λ significant differences ($p<0.05$) between overweight and obesity.

Table 4. Correlations of boys and girls across four years.

		Boys							
		Muscle-fat-ratio				Grip strength-to-BMI			
		2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
Handgrip strength (kg)	5-10	-0.036 (p=0.808)	-0.078 (p=0.210)	0.046 (p=0.560)	-0.046 (p=0.548)	**0.781 (p<0.001)**	**0.713 (p<0.001)**	**0.800 (p<0.001)**	**0.838 (p<0.001)**
	10-18	-0.065 (p=0.386)	-0.066 (p=0.204)	-0.002 (p=0.977)	0.142 (p=0.056)	**0.772 (p<0.001)**	**0.786 (p<0.001)**	**0.813 (p<0.001)**	**0.767 (p<0.001)**
Handgrip strength (pc)	5-10	-0.180 (p=0.227)	-0.040 (p=0.522)	-0.005 (p=0.951)	-0.080 (p=0.301)	**0.659 (p<0.001)**	**0.683 (p<0.001)**	**0.667 (p<0.001)**	**0.665 (p<0.001)**
	10-18	-0.085 (p=0.255)	-0.065 (p=0.207)	0.016 (p=0.834)	0.130 (p=0.079)	**0.658 (p<0.001)**	**0.711 (p<0.001)**	**0.714 (p<0.001)**	**0.670 (p<0.001)**
VO_2 Max (ml/kg/min)	5-10	**0.575 (p<0.001)**	**0.518 (p<0.001)**	**0.569 (p<0.001)**	**0.438 (p<0.001)**	**0.419 (p=0.004)**	**0.442 (p<0.001)**	**0.303 (p<0.001)**	**0.280 (p<0.001)**
	10-18	**0.571 (p<0.001)**	**0.477 (p<0.001)**	**0.517 (p<0.001)**	**0.502 (p<0.001)**	**0.503 (p<0.001)**	**0.439 (p<0.001)**	**0.419 (p<0.001)**	**0.419 (p<0.001)**
20 mSRT (pc)	5-10	**0.563 (p<0.001)**	**0.509 (p<0.001)**	**0.532 (p<0.001)**	**0.485 (p<0.001)**	0.291 (p=0.053)	**0.436 (p<0.001)**	**0.330 (p<0.001)**	**0.271 (p<0.001)**
	10-18	**0.516 (p<0.001)**	**0.430 (p<0.001)**	**0.533 (p<0.001)**	**0.502 (p<0.001)**	**0.440 (p<0.001)**	**0.415 (p<0.001)**	**0.403 (p<0.001)**	**0.393 (p<0.001)**
Vertical jump (cm)	5-10	No data available	**0.486 (p<0.001)**	**0.553 (p<0.001)**	**0.333 (p<0.001)**	No data available	**0.487 (p<0.001)**	**0.376 (p<0.001)**	**0.347 (p<0.001)**
	10-18		**0.524 (p<0.001)**	**0.448 (p<0.001)**	**0.487 (p<0.001)**		**0.448 (p<0.001)**	**0.452 (p<0.001)**	**0.528 (p<0.001)**
Vertical jump (pc)	5-10		**0.479 (p<0.001)**	**0.531 (p<0.001)**	**0.319 (p<0.001)**		**0.440 (p<0.001)**	**0.329 (p<0.001)**	**0.316 (p<0.001)**
	10-18		**0.458 (p<0.001)**	**0.371 (p<0.001)**	**0.411 (p<0.001)**		**0.407 (p<0.001)**	**0.359 (p<0.001)**	**0.427 (p<0.001)**

		Girls							
		Muscle-fat-ratio				Grip strength-to-BMI			
		2018	2019	2020	2021	2018	2019	2020	2021
Handgrip strength (kg)	5-10	0.437 (p=0.118)	-0.061 (p=0.481)	0.200 (p=0.068)	-0.149 (p=0.103)	**0.860 (p<0.001)**	**0.736 (p<0.001)**	**0.841 (p<0.001)**	**0.726 (p<0.001)**
	10-18	-0.002 (p=0.987)	**-0.283 (p=0.002)**	-0.171 (p=0.153)	**-0.231 (p=0.020)**	**0.712 (p<0.001)**	**0.560 (p<0.001**	**0.698 (p<0.001)**	**0.670 (p<0.001)**
Handgrip strength (pc)	5-10	**0.655 (p=0.011)**	-0.075 (p=0.383)	-0.010 (p=0.930)	-0.138 (p=0.131)	**0.756 (p=0.002)**	**0.666 (p<0.001)**	**0.664 (p<0.001)**	**0.555 (p<0.001)**
	10-18	-0.043 (p=0.772)	**-0.248 (p=0.007)**	-0.116 (p=0.337)	**-0.235 (p=0.018)**	**0.574 (p<0.001)**	**0.510 (p<0.001)**	**0.608 (p<0.001)**	**0.534 (p<0.001)**
VO_2max (ml/kg/min)	5-10	0.045 (p=0.879)	**0.235 (p=0.006)**	**0.488 (p<0.001)**	**0.286 (p=0.001)**	-0.206 (p=0.479)	0.142 (p=0.155)	**0.520 (p<0.001)**	**0.374 (p<0.001)**
	10-18	**0.599 (p<0.001)**	**0.430 (p<0.001)**	**0.444 (p<0.001)**	**0.449 (p<0.001)**	**0.583 (p<0.001)**	**0.281 (p=0.013)**	0.178 (p=0.143)	**0.415 (p<0.001)**
20 mSRT (pc)	5-10	0.269 (p=0.352)	**0.215 (p=0.012)**	**0.401 (p<0.001)**	**0.234 (p=0.010)**	-0.004 (p=0.990)	0.181 (p=0.071)	**0.443 (p<0.001)**	**0.296 (p=0.001)**
	10-18	**0.622 (p<0.001)**	**0.387 (p<0.001)**	**0.461 (p<0.001)**	**0.418 (p<0.001)**	**0.452 (p<0.001)**	**0.218 (p=0.013)**	0.136 (p=0.265)	**0.372 (p<0.001)**
Vertical jump (cm)	5-10	No data available	**0.393 (p<0.001)**	**0.439 (p<0.001)**	**0.292 (p=0.001)**	No data available	**0.514 (p<0.001)**	**0.500 (p<0.001)**	**0.411 (p<0.001)**
	10-18		**0.598 (p<0.001)**	**0.349 (p<0.001)**	**0.501 (p<0.001)**		**0.455 (p<0.001)**	0.316 (p=0.083)	**0.482 (p<0.001)**
Vertical jump (pc)	5-10		**0.388 (p<0.001)**	**0.437 (p<0.001)**	**0.268 (p=0.003)**		**0.429 (p<0.001)**	**0.446 (p<0.001)**	**0.308 (p=0.001)**
	10-18		**0.645 (p<0.001)**	**0.326 (p<0.001)**	**0.434 (p<0.001)**		**0.428 (p<0.001)**	0.223 (p=0.066)	**0.340 (p=0.001)**

Values marked in bold are significant

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

6

DISCUSIÓN
[DISCUSSION]

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

El objetivo general de la presente Tesis Doctoral fue analizar y relacionar la práctica de actividad física y deportiva con la condición física, composición corporal y hábitos nutricionales en niños y adolescentes activos. Para ello, se han llevado a cabo cinco estudios, cuyos objetivos fueron: **(I)** Analizar la relación y diferencias en la composición corporal y condición física en base al estado de peso (normopeso, sobrepeso y obesidad) y el nivel de adherencia a la DM (baja, media y alta) en niños y adolescentes activos; **(II)** Examinar la asociación entre la adherencia a la DM, composición corporal y condición física de una población infantil y juvenil activa; **(III)** Investigar cómo influye el estado madurativo, la edad cronológica y el sexo en la condición física y composición corporal de niños y jóvenes activos; **(IV)** Estudiar las diferencias en la condición física, composición corporal y adherencia a la DM en base a la capacidad cardiorrespiratoria y estado madurativo en niños y adolescentes que juegan al fútbol; **(V)** Determinar la relación existente entre el IMC, la relación músculo-grasa (MFR) y la relación fuerza de prensión manual-IMC con los parámetros de condición física en una población joven activa en función del sexo y en cuatro años diferentes. En este capítulo se resumen los principales hallazgos de los estudios que componen esta Tesis Doctoral.

Los principales hallazgos del **estudio I** fueron que los niños y adolescentes activos con un estado de peso normal mostraron mejores valores de composición corporal y condición física. Del mismo modo, aquellos que tenían una adherencia alta a la DM presentaron un mejor rendimiento en los diferentes parámetros de la condición física, especialmente en los chicos.

A pesar de que los participantes eran físicamente activos, el 43,5% de la muestra presentó sobrepeso u obesidad, coincidiendo con otros estudios (Delgado-Floody et al., 2020; Grosso et al., 2013). Esto podría deberse a la influencia y combinación de varios factores, como pueden ser los comportamientos sedentarios (Iannotti et al., 2009), inactividad física (Organization, 2010), o sueño insuficiente, el cual puede afectar negativamente al peso corporal (Fatima et al., 2015). Las chicas mostraron un mayor porcentaje de masa grasa corporal en comparación con los chicos, lo que también puede deberse a un mayor nivel de sedentarismo y, por tanto, a la menor práctica de actividad física de las chicas, ambos factores determinantes de las enfermedades crónicas (Biddle et al., 2017). Por el contrario, los chicos presentaron un mayor porcentaje de masa magra, lo que les atribuye una mayor capacidad para alcanzar mayores niveles de aptitud cardiorrespiratoria y de fuerza (Manzano-Carrasco, Felipe, et al., 2020a). De esta manera, el grupo con un peso normal mostró valores más altos en el test de carrera de ida y vuelta de 20m y salto vertical con respecto a los grupos de sobrepeso y obesidad, mientras que, en dinamometría manual, los grupos con sobrepeso y obesidad tuvieron un valor más alto en ambos sexos. Esto podría justificarse por el diferente desarrollo óseo y muscular correspondiente a los distintos ritmos de crecimiento de los adolescentes (Marcovecchio & Chiarelli, 2013).

Los resultados sobre la adherencia a la DM fueron similares a otros estudios realizados en países Mediterráneos (Grao-Cruces et al., 2013; Mariscal-Arcas et al., 2009). Así, una mayor puntuación en el cuestionario KIDMED se asocia a un estilo de vida más activo (Shi et al., 2013). Por otro lado, los resultados revelaron cómo una alta adherencia a la DM está relacionada con un mayor fitness cardiorrespiratorio, tal y como se ha demostrado en estudios anteriores (Agostinis-Sobrinho et al., 2018; Manzano-Carrasco, Felipe, Sanchez-Sanchez, Hernandez-Martin, Clavel, et al., 2020). Este hecho podría explicarse por un mejor perfil corporal y nivel cardiorrespiratorio provocado por la actividad física que practican los participantes (Archero et al., 2018; Estruch et al., 2018), ya que la mayor práctica de actividad física, como resultado de un estilo de vida activo, podría aumentar el nivel físico (Arriscado et al., 2015). De forma similar ocurre con los resultados del test de dinamometría manual, con una asociación positiva entre la fuerza muscular del tren superior y una alta adherencia a la DM en niños pre-púberes. Sin embargo, los resultados mostraron una relación muy poco clara entre la composición corporal y la condición física con el índice KIDMED.

En el **estudio II** se evidenció que el patrón alimentario Mediterráneo (índice KIDMED) de los niños y jóvenes activos presentó una relación positiva y significativa con el test de carrera de ida y vuelta de 20m, siendo un buen predictor de la capacidad cardiorrespiratoria. Además, a mayor IMC, existía una asociación mayor en la fuerza de prensión manual, una mayor FVC, pero un menor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Por último, un mayor porcentaje de masa grasa supuso un peor rendimiento en todas las variables de condición física estudiadas.

Los resultados del índice KIDMED mostraron una tendencia positiva a mantener y mejorar los patrones asociados a este tipo de dieta, ya que el 92,2% de la muestra presentó una adherencia moderada u óptima a la DM, no presentando diferencias en función del sexo, debido al contexto y al estilo de vida similar en ambos sexos (Grosso et al., 2013; Martínez et al., 2010), pero sí entre ambos grupos de madurez. Esto podría deberse a que los niños pre-púberes muestran un perfil metabólico distinto al de los niños púberes, respondiendo de forma diferente a los retos metabólicos (Leal-Witt et al., 2018). Al analizar los resultados de la composición corporal en base a los grupos de adherencia a la DM, se detectó un mayor porcentaje de grasa corporal en las chicas de cada grupo. Estos resultados son similares a los que han sido reportados previamente (Barker et al., 2018; Galan-Lopez et al., 2018), atribuyéndose a un estilo de vida más sedentario y a un nivel superior de inactividad física en las chicas (Biddle et al., 2017). En cambio, los niños presentaron un mayor porcentaje de masa muscular en cada grupo de DM.

Por otro lado, los participantes con alta adherencia a la DM presentaron mejores parámetros de capacidad respiratoria. Este hallazgo corrobora que dicho patrón alimentario, junto con la práctica deportiva realizada, ayuda a mantener un buen estado corporal y de niveles cardiorrespiratorios (Archero et al., 2018; Estruch et al., 2018). Sin embargo, los resultados obtenidos en dinamometría manual mostraron diferencias significativas en los niños que presentaban una baja y media adherencia a la DM. Estos valores mayores de fuerza podrían deberse al aumento del IMC, porcentaje de grasa y masa muscular que puede provocar este patrón alimentario (Galan-Lopez et al., 2019; Garcia-Pastor et al., 2016). Asimismo, una de las fortalezas de este estudio es que permite predecir un mejor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m a medida que aumenta la puntuación del test KIDMED. La influencia de los buenos hábitos alimentarios en la condición física especialmente en la infancia, ha sido demostrada

previamente (Garcia-Hermoso et al., 2019; Muros et al., 2017) y podría explicarse por los factores del estilo de vida, que podrían interactuar entre sí de forma sinérgica para influir en el nivel de actividad física (Idelson et al., 2017; Tambalis et al., 2019). En cualquier caso, la adherencia temprana a la DM es clave para prevenir un mayor riesgo de enfermedad cardiovascular, síndrome metabólico, sobrepeso u obesidad durante la edad adulta (Gotsis et al., 2014; Serra-Majem et al., 2006).

El principal hallazgo del **estudio III** fue que los valores absolutos de los parámetros de composición corporal y de la condición física mejoraron con la etapa puberal, pero el análisis de los percentiles mostró que la condición física disminuyó desde la pre-pubertad hasta la pubertad, independientemente del sexo. Además, las variables de condición física se correlacionaron positivamente con la edad cronológica y el porcentaje de masa muscular.

Con el aumento de la edad cronológica y la madurez, se produce un aumento significativo de la altura y la masa corporal (Lesinski et al., 2020). Sin embargo, la práctica de actividad física regular, así como de los deportes extracurriculares, podrían influir positivamente en las variables de composición corporal durante la infancia y adolescencia (Westerterp, 2018). Esto se justifica con los resultados obtenidos en este estudio con las diferencias encontradas en el IMC, la masa grasa y la masa muscular en ambos sexos y que practican regularmente deportes extracurriculares. Las chicas presentaron una mayor masa grasa y una menor masa muscular que los chicos en ambas etapas de madurez. Esto puede deberse a que las chicas suelen ser menos activas que los chicos a lo largo del día (López-Fernández et al., 2021). Además, durante la pubertad las chicas suelen acumular una mayor cantidad de masa corporal (Albaladejo-Saura et al., 2021) mientras que los chicos tienden a mejorar la masa muscular debido a un aumento de la testosterona (Handelsman et al., 2018). No obstante, a pesar de estos cambios en la composición corporal durante la pubertad, los resultados no revelaron diferencias significativas en el IMC entre chicos y chicas, lo que sugiere que este indicador podría no ser suficientemente preciso para determinar la composición corporal.

En relación a la condición física, el grupo de púberes mostró un mejor rendimiento en todas las pruebas y test en comparación con el grupo de pre-púberes. Estos resultados concuerdan con recientes estudios (Lesinski et al., 2020) demostrando que esta relación de mejora en diferentes componentes de la condición física y la fuerza muscular puede ser debido a las consecuencias de la maduración (Goswami et

al., 2014). Entender cómo los hábitos de actividad física influyen en los cambios de la condición física en la transición de la pre-pubertad a la pubertad, es primordial para mejorar la salud de los adolescentes y los adultos. Cuando se analizó el percentil del test de carrera de ida y vuelta de 20m, el grupo pre-puberal de ambos sexos presentó mejores valores que el grupo puberal, a pesar de que los chicos púberes mostraban resultados más altos en valores absolutos. Esto se debe a que los niveles de actividad física parecen disminuir con la edad, realizando menos actividad física los adolescentes que los niños, tendiendo a acumular más tiempo diario sentado que los niños pre-púberes (Kontostoli et al., 2021). Además, los resultados afirmaron que, a pesar de la realización de deportes extracurriculares, la población estudiada de la actualidad se encuentra con unos valores de condición física peores que los estudiados en 2014 (Gulías González et al., 2014). Por lo tanto, aunque se necesitan más investigaciones, este estudio proporciona evidencia de que las actividades deportivas extracurriculares y las clases de Educación Física podrían no ser suficientes para mantener los niveles de condición física de los niños durante la adolescencia.

Finalmente, a medida que se aumenta el estado madurativo en los niños, existe una mejora en el rendimiento de las pruebas de condición física en comparación con las niñas, a pesar de que en la etapa pre-puberal mostraron unos valores similares. Además, en base al estudio de Mora-Gonzalez et al. (2019), los resultados de este estudio sugieren que la condición física podría estandarizarse y combinarse para formar un indicador global de salud que podría servir de guía para los docentes de Educación Física y/o entrenadores en la toma de decisiones de los niños y adolescentes.

Los aspectos más relevantes del **estudio IV** fueron que los jugadoresque practicaban regularmente fútbol recreativo y que tenían una baja capacidad cardiorrespiratoria, presentaron un mayor porcentaje de masa grasa y menor masa muscular que los que tenían una alta capacidad cardiorrespiratoria. Además, tanto en las variables respiratorias como en dinamometría manual, los jugadores pre-púberes mostraron valores significativamente más bajos, especialmente, los que presentaban una baja capacidad cardiorrespiratoria. También, se demostró que, a mayor edad, porcentaje de masa muscular y FVC, existía un mejor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Por el contrario, un mayor IMC, significó un peor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. No se encontraron diferencias significativas en el índice KIDMED.

La literatura científica ha demostrado que el fitness cardiorrespiratorio cambia con el desarrollo, la edad, la madurez y el sexo, encontrándose muy relacionado con el tamaño y la composición corporal (Rowland, 1990). En los últimos años, se ha evidenciado que la composición corporal es uno de los indicadores más importantes del estado físico de un jugador, siendo la masa libre de grasa, la masa ósea y la grasa corporal las variables más importantes (Kocahan & Akınoğlu, 2019). Además, cada vez existen más estudios que justifican la importancia de la actividad física para reducir la obesidad infantil (McGuigan et al., 2009; Mirwald et al., 2002). Los resultados de este estudio indicaron que los grupos con niveles más bajos de fitness cardiorrespiratorio tenían valores más altos de IMC y grasa corporal. Un estudio de Ubago-Guisado et al. (2017) indicaron que la práctica del fútbol en niñas ayuda a reducir los niveles de grasa corporal y el IMC, siendo estos resultados contradictorios a los hallazgos revelados. Generalmente, valores elevados de IMC y porcentaje de grasa corporal durante las etapas pre-puberal y puberal, implica importantes problemas de salud en la edad adulta (Onis et al., 2007), significando un mayor coste económico para el sistema sanitario (Hamilton et al., 2018). Por lo tanto, mejorar la salud y la condición física en esta población debe convertirse en la principal estrategia para reducir el riesgo de mortalidad futura, buscando un peso corporal saludable (Duncan, 2010). Así, la promoción de la práctica del fútbol recreativo durante las etapas de desarrollo podría ser una estrategia muy potente para combatir la obesidad y sus problemas inmediatos y futuros (Cvetković et al., 2018).

En cuanto a las variables de condición física, se detectó una mejora en los valores respiratorios una vez alcanzado el estado puberal, existiendo mejoras cuando se aumentó el fitness cardiorrespiratorio. La edad, el peso, la altura y el sexo son algunos de los factores que afectan a la capacidad pulmonar (Kim et al., 2003). Esto explica las diferencias a favor del grupo puberal frente al grupo pre-puberal. Concretamente, los resultados mostraron que los futbolistas que se encontraban en la etapa puberal presentaban mejores valores de FVC que los jugadores de la etapa pre-puberal. Esto se debe, sin duda, a un mayor progreso y mejor capacidad cardiorrespiratoria en esta población gracias a su desarrollo y a su práctica de ejercicio (Khosravi et al., 2013). Por el contrario, los jugadores de la etapa pre-puberal que tienen una baja capacidad cardiorrespiratoria obtuvieron valores significativamente más altos de FVC. Esto puede deberse a los altos valores antropométricos del grupo de edad (especialmente el

peso y la grasa corporal), que afectan positivamente a la capacidad cardiorrespiratoria. Además, se detectaron valores más altos en dinamometría manual de los jugadores pre-púberes con bajo fitness cardiorrespiratorio. Este hecho podría explicarse dado que este grupo pre-puberal presentó unos valores antropométricos más elevados y, por tanto, un mayor IMC y volumen de grasa corporal, afectando positivamente a la fuerza de prensión manual a una edad temprana (Moura et al., 2014). En cuanto a la adherencia a la DM, los jugadores pre-púberes y púberes de ambos grupos presentaron un buen patrón alimentario Mediterráneo en concordancia a estudios similares (Estruch et al., 2018; Serra-Majem et al., 2004).

Por último, en el **estudio V** se evidenció que el estado de peso a partir del IMC, así como la relación músculo-grasa (MFR) y la relación fuerza de prensión manual-IMC, tienen una relación positiva y significativa con diferentes parámetros de condición física y podrían utilizarse como indicadores de salud para esta población. Concretamente, el MFR y la fuerza de prensión manual-IMC mostraron una correlación positiva con el fitness cardiorrespiratorio y el salto vertical en ambos sexos, mientras que la fuerza de prensión manual-IMC también mostró una correlación significativa con la dinamometría manual, tendiendo a ser representativos a lo largo de los cuatro años estudiados.

Un 40% de los participantes que practicaban regularmente una actividad deportiva extracurricular, presentaron un valor de IMC elevado. La incidencia sobre la obesidad en la población joven rural aumenta de forma descriptiva durante los cuatro años consecutivos estudiados, siendo el año 2020 en el que el 20% de la muestra total era obesa. Esto puede deberse al periodo de confinamiento provocado por la COVID-19 así como a su disminución de la actividad física y a los posibles peores hábitos alimentarios durante este periodo según otros estudios (Ramos-Álvarez et al., 2021). Un estado de sobrepeso y obesidad puede llevar a tener una mayor prevalencia de padecer síndrome metabólico en comparación con el estado de peso normal en niños y adolescentes (Friend et al., 2013). Además, esto puede repercutir en la condición física, que se ha considerado un importante marcador de salud (Ortega et al., 2008). Los resultados indicaron que la asociación entre el IMC basado en el estado de peso y la condición física es significativa, lo que amplía los hallazgos anteriores en la población joven (Dumith et al., 2010; Manzano-Carrasco, Felipe, et al., 2020b; Valenzuela et al., 2022). Además, la asociación entre una mayor fuerza muscular con un estado de sobrepeso y obesidad fue más pronunciada especialmente en los chicos. Estos hallazgos están

en concordancia con el estudio de Fernández et al. (2017) en el que se ha informado sistemáticamente de que una mayor fuerza en dinamometría manual está fuertemente asociada con un IMC elevado. En cambio, un estado de peso normal se asoció de manera positiva y significativa con un mejor rendimiento en la aptitud cardiorrespiratoria y el salto vertical.

Por otro lado, el IMC sigue siendo una de las medidas más utilizadas para medir la adiposidad y el estado de peso en la población joven (Cole, 2000; Dietz & Bellizzi, 1999). Sin embargo, este indicador no discrimina entre la masa grasa y la masa libre de grasa (Kyle et al., 2003) y tampoco refleja la distribución y la acumulación de grasa (McCarthy, 2006). Por estos motivos, la relación entre el MFR y la fuerza de prensión manual-IMC podrían ser dos indicadores más fiables al abordar varias de las limitaciones del IMC. Aunque la evidencia es escasa en población joven, Steffl et al. (2017) han sugerido que la relación fuerza de prensión manual-IMC puede utilizarse para identificar a los niños que están en riesgo de obesidad sarcopénica. Del mismo modo, en niños preescolares demostraron que una mayor relación entre la fuerza de prensión manual-IMC se asociaba con una menor masa grasa y porcentaje de grasa corporal (Reisberg et al., 2021). Nuestros hallazgos evidencian que el MFR y la relación fuerza de prensión manual-IMC en ambos sexos se correlacionan positivamente con la aptitud cardiorrespiratoria y el salto vertical, mientras que la relación fuerza de prensión manual-IMC también mostró una correlación positiva con la dinamometría manual. Además, una disminución del MFR se relacionó con una reducción excesiva de la fuerza y la potencia muscular del tren inferior (Ushio et al., 2021). Por el contrario, la grasa corporal está fuerte e inversamente asociada con el rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m en niños (Henriksson et al., 2022; Joensuu et al., 2018). Estos resultados apoyan el importante rol de otros parámetros antropométricos no contemplados por el IMC, que deberían tenerse en cuenta para evaluar el rendimiento de las pruebas de condición física, así como para la salud de los niños y adolescentes.

DISCUSSION

The general objective of this Doctoral Thesis was to analyse and relate the practice of physical activity and sport with physical fitness, body composition and nutritional habits in active children and adolescents. For this, five studies were carried out, whose aims were: **(I)** To analyse the relationship and differences in body composition and physical fitness according to the weight status and level of adherence to the MD in physically active children and adolescents; **(II)** To examine the relationship between adherence to the MD, body composition and physical fitness in a young active population; **(III)** To investigate the influence of maturity status, chronological age and sex on physical fitness and body composition in a young population participating in extracurricular sports; **(IV)** To study the differences in physical fitness, body composition and adherence to the MD according to the cardiorespiratory fitness and maturational status in young football players; **(V)** To determine the relationship of body mass index (BMI), muscle-fat ratio (MFR) and handgrip strength-to-BMI ratio to physical fitness parameters in an active young Spanish population according to sex across four consecutive years. This chapter summarizes the main findings of the studies that comprises this Doctoral Thesis.

The main findings of **Paper I** were that those active children and adolescents with a normoweight status showed better body composition and physical fitness values. Similarly, those with high adherence to the MD demonstrated better performance in different parameters of physical fitness, especially in boys.

Although participants were physically active, 43,5% of the sample were overweight or obese, in line with other studies (Delgado-Floody et al., 2020; Grosso et al., 2013). This could be due to the influence and combination of several factors, such as sedentary behaviours (Iannotti et al., 2009), physical inactivity (Organization, 2010), or insufficient sleep, which can negatively affect body weight (Fatima et al., 2015). Girls showed a higher percentage of body fat mass compared to boys, which may also be due to a higher level of sedentary lifestyles and thus, less physical activity among girls, both of which are determinants of chronic diseases (Biddle et al., 2017). In contrast, boys had a higher percentage of lean mass, which attributes to their greater capacity to achieve higher levels of cardiorespiratory fitness and strength (Manzano-Carrasco, Felipe, et al., 2020a). Thus, the normoweight group showed higher values in the 20 mSRT test and vertical jump than the overweight and obese groups, while in handgrip strength test, the overweight and obese groups had a higher value in both sexes. This could be justified by the different bone and muscle development corresponding to the different growth rates of adolescents (Marcovecchio & Chiarelli, 2013).

The results on adherence to MD were similar to other studies conducted in Mediterranean countries (Grao-Cruces et al., 2013; Mariscal-Arcas et al., 2009). Accordingly, a higher score on the KIDMED questionnaire was associated with a more active lifestyle (Shi et al., 2013). On the other hand, the results revealed how high adherence to MD was related to higher cardiorespiratory fitness, as demonstrated in previous studies (Agostinis-Sobrinho et al., 2018; Manzano-Carrasco, Felipe, Sanchez-Sanchez, Hernandez-Martin, Clavel, et al., 2020). This fact could be explained by a better body profile and cardiorespiratory fitness level caused by the physical activity practiced by the participants (Archero et al., 2018; Estruch et al., 2018), as increased physical activity, as a result of an active lifestyle, could increase fitness level (Arriscado et al., 2015). Similarly, the results of the handgrip strength test showed a positive association between upper body muscle strength and high adherence to MD in pre-pubertal children. However, the results showed a very unclear relationship between body composition and physical fitness with the KIDMED index.

Paper II evidenced that the Mediterranean dietary pattern (KIDMED index) of active children and young population had a positive and significant relationship with the 20 mSRT test, being a good predictor of cardiorespiratory fitness. Furthermore, the higher BMI, the greater the association between muscular strength in handgrip strength,

greater forced expiratory volume, but the lower performance in the 20 mSRT test. Finally, a higher percentage of fat mass meant a worse performance in all the physical fitness variables studied.

The results of the KIDMED index showed a positive tendency to maintain and improve the patterns associated with this type of diet, as 92,2% of the sample presented moderate or optimal adherence to the MD, with no differences according to sex, due to the similar context and lifestyle in both sexes (Grosso et al., 2013; Martínez et al., 2010), but there were differences between both maturity groups. This could be because pre-pubertal children show a different metabolic profile than pubertal children, responding differently to metabolic challenges (Leal-Witt et al., 2018). When analysing body composition results based on MD adherence groups, a higher percentage of body fat was detected in girls in each group. These results are similar to those previously reported (Barker et al., 2018; Galan-Lopez et al., 2018), being attributed to a more sedentary lifestyle and a higher level of physical inactivity in girls (Biddle et al., 2017). In contrast, boys had a higher percentage of muscle mass in each MD group.

On the other hand, participants with high adherence to MD had better respiratory capacity parameters. This finding corroborates that this dietary pattern, together with the sport practice carried out, helps to maintain a good anthropometric status and cardiorespiratory levels (Archero et al., 2018; Estruch et al., 2018). However, the results obtained in handgrip strength showed significant differences in children with low and medium adherence to MD. These higher strength values could be due to the increase in BMI, fat percentage and muscle mass that this dietary pattern may cause (Galan-Lopez et al., 2019; Garcia-Pastor et al., 2016). Furthermore, one of the strengths of this study is that it predicts better performance in the 20 mSRT test as the KIDMED test score increases. The influence of good dietary habits on physical fitness, especially in childhood, has been previously demonstrated (Garcia-Hermoso et al., 2019; Muros et al., 2017) and could be explained by lifestyle factors, which could interact with each other synergistically to influence physical activity level (Idelson et al., 2017; Tambalis et al., 2019). In any case, early adherence to MD is key to prevent an increased risk of cardiovascular disease, metabolic syndrome, overweight or obesity during adulthood (Gotsis et al., 2014; Serra-Majem et al., 2006).

The main finding of **Paper III** was that absolute values of body composition and fitness parameters improved with pubertal stage, but percentile analysis showed that fitness declined from pre-puberty to puberty, regardless of sex. In addition, fitness variables were positively correlated with chronological age and percentage of muscle mass.

With increasing chronological age and maturity, there is a significant increase in height and body mass (Lesinski et al., 2020). However, regular physical activity as well as extracurricular sports could positively influence body composition variables during childhood and adolescence (Westerterp, 2018). This is justified by the results obtained in this study with the differences found in BMI, fat mass and muscle mass in both sexes and who practice extracurricular sports. Girls had higher fat mass and lower muscle mass than boys at both stages of maturity. This may be due to the fact that girls tend to be less active than boys throughout the day (López-Fernández et al., 2021), as well as during puberty girls tend to accumulate a greater amount of body mass (Albaladejo-Saura et al., 2021) while boys tend to improve muscle mass due to an increase in testosterone (Handelsman et al., 2018). However, despite these changes in body composition during puberty, the results revealed no significant differences in BMI between boys and girls, suggesting that this indicator may not be sufficiently accurate in determining body composition.

In relation to physical fitness, the pubertal group showed better performance in all tests compared to both pre-pubertal groups. These results are consistent with recent studies (Lesinski et al., 2020) demonstrating that this relationship of improvement in different components of fitness and muscle strength may be due to maturational consequences (Goswami et al., 2014). Understanding how physical activity habits influence changes in physical fitness in the transition from pre-puberty to puberty is paramount to improving adolescent and adult health. When analysing the percentile of the 20 mSRT test, the pre-pubertal group of both sexes presented better values than the pubertal group, even though pubertal boys showed higher results. This is because physical activity levels seem to decrease with age, with adolescents performing less physical activity than children, tending to accumulate more daily sitting time than pre-pubertal children (Kontostoli et al., 2021). Furthermore, the results affirmed that, despite the performance of extracurricular sports, the current studied population is found to have worse physical fitness values than those studied in 2014 (Gulías-González et al., 2014). Therefore, although more research is needed, this study provides evidence that

extracurricular sports activities and physical education classes may not be sufficient to maintain children's fitness levels during childhood and adolescence.

As the maturational stage increases in boys, there is an improvement in performance in physical fitness tests compared to girls, despite the fact that they show similar values in the pre-pubertal stage. Furthermore, based on the study by Mora-Gonzalez et al. (2019), the results of this study suggest that physical fitness could be standardized and combined to form a global health indicator that could serve as a guide for physical education teachers and/or coaches in decision-making for children and adolescents.

The most relevant aspects of **Paper IV** were that players who regularly played recreational football and who had a low cardiorespiratory capacity presented a higher percentage of fat mass and lower muscle mass than those with a high cardiorespiratory capacity. Moreover, in both respiratory variables and handgrip strength, pre-pubertal players showed significantly lower values, especially those with low cardiorespiratory fitness. It was also shown that a higher age, percentage of muscle mass and FVC, better performance in the 20 mSRT test. Conversely, a higher BMI will mean a worse performance in the 20 mSRT test. No significant differences were found in the KIDMED index.

The scientific literature has shown that cardiorespiratory fitness changes with development, age, maturity and sex, and that it is strongly related to body size and composition (Rowland, 1990). In recent years, it has become evident that body composition is one of the most important indicators of a player's fitness, with fat-free mass, bone mass and body fat being the most important variables (Kocahan & Akınoğlu, 2019). In addition, there is an increase body of research justifying the importance of physical activity in reducing childhood obesity (McGuigan et al., 2009; Mirwald et al., 2002). The results of this study indicated that groups with lower levels of cardiorespiratory fitness had higher BMI and body fat values. A study by Ubago-Guisado et al. (2017) indicated that football practice in girls helps to reduce body fat levels and BMI, with these results being contradictory to the findings revealed. Generally, high values of BMI and body fat percentage during pre-pubertal and pubertal ages imply important health problems in adulthood (Onis et al., 2007), meaning a higher economic cost for the healthcare system (Hamilton et al., 2018). Therefore, improving health and fitness in this population should become the main strategy to reduce the risk of future mortality, aiming for a healthy body weight (Duncan, 2010). Thus, promoting recreational football practice during

developmental stages could be a very powerful strategy to combat obesity and its immediate and future problems (Cvetković et al., 2018).

In terms of physical fitness variables, an improvement in respiratory values was detected once the pubertal stage was reached, with improvements existing when cardiorespiratory fitness was increased. Age, weight, height and sex are some of the factors affecting lung capacity (Kim et al., 2003). This explains the differences in favour of the pubertal group compared to the pre-pubertal group. Specifically, the results showed that football players in the pubertal stage have better FVC values than players in the pre-pubertal stage. This is undoubtedly due to greater progress and better cardiorespiratory capacity in this population thanks to their development and exercise practice (Khosravi et al., 2013). In contrast, pre-pubertal players with low cardiorespiratory fitness had significantly higher FVC values. This may occur due to the high anthropometric values of the age group (especially weight and body fat), which positively affect cardiorespiratory fitness. In addition, higher values were detected in handgrip strength of pre-pubertal players with low cardiorespiratory fitness. This could be explained by the fact that this pre-pubertal group had higher anthropometric values and, therefore, a higher BMI and a higher body fat volume could positively affect handgrip strength at an early age (Moura et al., 2014). Lastly, regarding adherence to the MD, pre-pubertal and pubertal players in both groups presented a good Mediterranean dietary pattern as in similar studies (Estruch et al., 2018; Serra-Majem et al., 2004).

Finally, **Paper V** showed that weight status based on BMI, as well as muscle-fat ratio (MFR) and handgrip strength-to-BMI ratio, had a positive and significant relationship with different physical fitness parameters and could be used as health indicators for this population. Specifically, MFR and handgrip strength-to-BMI showed a positive correlation with cardiorespiratory fitness and vertical jump in both sexes, while handgrip strength-to-BMI also showed a significant correlation with handgrip strength, tending to be representative over the four years studied.

Forty percent of the participants who regularly practiced a sporting activity had a high BMI value. The incidence of obesity in the young rural population increased descriptively over the four consecutive years studied, with 20% of the total sample being obese in 2020. This may be due to the period of isolation caused by COVID-19 as well as their decreased physical activity and possible worse eating habits during this period according to other studies (Ramos-Álvarez et al., 2021). A

state of overweight and obesity may lead to a higher prevalence of metabolic syndrome compared to normal weight status in children and adolescents (Friend et al., 2013). Furthermore, this may have an impact on physical fitness, which has been considered an important marker of health (Ortega et al., 2008). The results indicated that the association between BMI based on weight status and physical fitness are significant, extending previous findings in the young population (Dumith et al., 2010; Manzano-Carrasco, Felipe, et al., 2020b; Valenzuela et al., 2022). Furthermore, the association of greater muscle strength with overweight and obesity status was more pronounced especially in boys. These findings are in agreement with the study by Fernandez et al. (2017) in which it has been consistently reported that higher strength in handgrip strength is strongly associated with elevated BMI. In contrast, a normal weight status was significantly associated with higher performance in cardiorespiratory fitness and vertical jump.

On the other hand, BMI remains one of the most widely used measures of adiposity and weight status in the young population (Cole, 2000; Dietz & Bellizzi, 1999). However, this indicator does not discriminate between fat mass and fat-free mass (Kyle et al., 2003) and does not reflect fat distribution and fat accumulation (McCarthy, 2006). For these reasons, the relationship between MFR and handgrip strength-to-BMI could be two more reliable indicators when addressing several of the limitations of BMI. Although evidence is scarce in young populations, Steffl et al. (2017) have suggested that the handgrip strength-to-BMI ratio can be used to identify children who are at risk of sarcopenic obesity. Similarly, in preschool children they demonstrated that a higher handgrip strength-to-BMI ratio was associated with lower fat mass and body fat percentage (Reisberg et al., 2021). Our findings showed that MFR and handgrip strength-to-BMI ratio in both sexes correlate positively with cardiorespiratory fitness and vertical jump, while handgrip strength-to-BMI ratio also shows a positive correlation with handgrip strength. Furthermore, a decrease in MFR was associated with an excessive reduction in lower body muscle strength and power (Ushio et al., 2021). In contrast, body fat is strongly and inversely associated with performance in the 20 mSRT test in children (Henriksson et al., 2022; Joensuu et al., 2018). These results support the important role of other anthropometric parameters not covered by BMI, which should be taken into account for assessing fitness test performance as well as for the health of children and adolescents.

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN GENERAL

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

REFERENCIAS

ANEXOS

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

APÉNDICE

SOBRE EL AUTOR

7

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

[CONCLUSIONS AND MAIN CONTRIBUTIONS]

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

A continuación, en la Tabla 4 se enumeran las principales conclusiones y aportaciones de cada estudio que constituyen la presente Tesis Doctoral:

Tabla 4

Tabla resumen de las principales conclusiones y aportaciones de los artículos publicados

Artículo	Conclusión y aportaciones
I. Weight Status, Adherence to the Mediterranean Diet, and Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents: The Active Health Study.	Los niños y adolescentes activos que presentaron un estado de peso normal mostraron mejores valores de composición corporal y condición física. Del mismo modo, una adherencia alta u óptima a la DM mostró un mejor rendimiento en los diferentes parámetros de la condición física, especialmente en los chicos. Además, la masa grasa se asoció negativamente con la condición física. Por tanto, este estudio sugiere que el estado de peso, así como llevar un buen patrón alimentario Mediterráneo son dos factores fundamentales para la salud, siendo significativo en las variables de composición corporal y en la condición física. Estos resultados pueden ser útiles para el desarrollo de propuestas e iniciativas sobre futuras estrategias de programas educativos y de salud asociados a una mejora de los hábitos nutricionales y de estilo de vida activo-saludable en los niños y adolescentes.
II. Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population.	En este estudio se evidenció que el patrón alimentario Mediterráneo (índice KIDMED) de los niños y jóvenes activos presenta una relación positiva y significativa con el test de carrera de ida y vuelta de 20m, siendo un buen predictor de la capacidad cardiorrespiratoria. Además, cuanto mayor era el IMC, existía una asociación mayor en la fuerza en dinamometría manual, un mayor volumen espiratorio forzado, pero un menor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Por último, un mayor porcentaje de masa grasa supuso un peor rendimiento en todas las variables de condición física estudiadas. Por tanto, unos buenos hábitos alimentarios, en especial, los relacionados con el patrón alimentario Mediterráneo junto con la práctica deportiva, pueden ayudar a mantener un buen estado físico y de salud. Desde edades tempranas, y a través de las familias, centros educativos y estamentos políticos-deportivos, se debe promover los hábitos activos y saludables, con una alimentación equilibrada y la práctica diaria de actividad física.

III. Differences in Body Composition and Physical Fitness Parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: The Active Health Study.	Los valores absolutos de los parámetros de composición corporal y de la condición física mejoraron con la etapa puberal, pero el análisis de los percentiles mostró que la condición física disminuyó desde la pre-pubertad hasta la pubertad, independientemente del sexo. Además, las variables de condición física se correlacionaron positivamente con la edad cronológica y el porcentaje de masa muscular, independientemente del sexo. Por este motivo, existe la posibilidad de estandarizar las variables de la condición física e integrarlas en un indicador de salud general o global. Este trabajo proporciona mayor evidencia para ayudar a los responsables políticos, investigadores y profesionales que trabajan con los jóvenes a promover comportamientos más activos y saludables entre los niños y adolescentes de las zonas rurales, no solo teniendo en cuenta la edad cronológica o el sexo, sino también factores como el estado madurativo.
IV. Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage.	Los jugadores que practicaban regularmente fútbol recreativo y que poseían una baja capacidad cardiorrespiratoria, presentaron mayor porcentaje de masa grasa y menor masa muscular que los que tenían una alta capacidad cardiorrespiratoria. Además, tanto en las variables respiratorias como en la dinamometría manual los jugadores pre-púberes mostraron valores significativamente más bajos, especialmente, los que presentaban una baja capacidad cardiorrespiratoria. No se encontraron diferencias significativas en el índice KIDMED. Finalmente, se demostró que, a mayor edad, porcentaje de masa muscular y FVC, mejor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Por el contrario, a mayor IMC, menor rendimiento en el test de carrera de ida y vuelta de 20m. Este estudio evidencia que la práctica regular del fútbol recreativo desde la etapa pre-puberal puede ayudar a la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, en gran medida por el desarrollo madurativo siendo un factor relacionado con el tamaño y la composición corporal, no teniendo repercusión la adherencia a la dieta Mediterránea.
V. Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021.	Este estudio evidenció que el estado de peso a partir del IMC, así como la relación músculo-grasa (MFR) y la fuerza de prensión manual-IMC, presentaron una relación positiva y significativa con diferentes parámetros de condición física y podrían utilizarse como indicadores de salud para esta población. El MFR y la fuerza de prensión manual-IMC mostraron una correlación positiva con el fitness cardiorrespiratorio y el salto vertical en ambos sexos, mientras que la fuerza de prensión manual-IMC también mostró una correlación significativa con la dinamometría manual. Además, los niños y adolescentes con un estado de peso normal, independientemente del sexo, tenían un mayor fitness cardiorrespiratorio y salto vertical que los que tenían sobrepeso y obesidad. Por el contrario, los niños con sobrepeso, pero sobre todo con obesidad, presentaron una fuerza de prensión manual significativamente mayor que los que tenían un peso normal. Por lo tanto, el uso de otras medidas más específicas obtenidas a través de diferentes parámetros de la composición corporal y de la condición física pueden servir como herramienta para identificar las relaciones de la población pediátrica con la condición física.

Table 4

Summary table of the main conclusions and contributions of the published papers

Paper	Conclusion and contributions
I. Weight Status, Adherence to the Mediterranean Diet, and Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents: The Active Health Study.	Active children and adolescents with a normoweight status showed better body composition and physical fitness values. Similarly, high or optimal adherence to MD showed better performance in different fitness parameters, especially in boys. Furthermore, fat mass was negatively associated with physical fitness. Therefore, this study suggests that weight status as well as a good Mediterranean dietary pattern are two fundamental factors for health, being significant in body composition and physical fitness variables. These results may be useful for the development of proposals and initiatives on future educational and health programs and strategies associated with improved nutritional habits and active-healthy lifestyles in children and adolescents.
II. Relationship between Adherence to the Mediterranean Diet and Body Composition with Physical Fitness Parameters in a Young Active Population.	This study showed that the Mediterranean dietary pattern (KIDMED index) of active children and young population had a positive and significant relationship with the 20 mSRT test, being a good predictor of cardiorespiratory fitness. Furthermore, a higher BMI, the greater the association between strength in handgrip strength, greater forced expiratory volume, but the lower performance in the 20 mSRT test. Finally, a higher percentage of fat mass means a worse performance in all the physical fitness variables studied. Therefore, good eating habits, especially those related to the Mediterranean dietary pattern, together with the practice of sport, can help to maintain a good physical fitness and health. From an early age, families, educational centres, policy makers and sport organizations should promote active and healthy habits, with a good diet based on MD and the daily practice of physical activity.
III. Differences in Body Composition and Physical Fitness Parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: The Active Health Study.	Absolute values of body composition and fitness parameters improved with pubertal stage, but percentile analysis showed that fitness decreased from pre-pubertal to pubertal stage, regardless of sex. In addition, fitness variables were positively correlated with chronological age and percentage of muscle mass, regardless of sex. For this reason, there is potential to standardize fitness variables and integrate them into a general or global health indicator. This work provides further evidence to help policy makers, researchers and practitioners working with young people to promote more active and healthy behaviours among rural children and adolescents, not only taking into account chronological age or sex, but also factors such as maturational status.
IV. Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage.	Players who regularly played recreational football and who had a low cardiorespiratory fitness presented a higher percentage of fat mass and lower muscle mass than those with high cardiorespiratory fitness. Moreover, in both respiratory variables and handgrip strength, pre-pubertal players showed significantly lower values, especially those with low cardiorespiratory fitness. No significant differences were found in the KIDMED index. Finally, it was shown that a higher age, percentage of muscle mass and FVC, better performance in the 20 mSRT test. Conversely, a higher BMI, lower performance in the 20 mSRT test. This study shows that regular practice of recreational football from the pre-pubertal stage can help to improve cardiorespiratory capacity, largely due to maturational development being a factor related to body size and composition, with no impact of the MD.
V. Relationships of BMI, muscle-to-fat ratio, and handgrip strength-to-BMI ratio to Physical Fitness in Spanish Children and Adolescents in 2018-2021.	This study evidenced that weight status from BMI, as well as muscle-fat ratio (MFR) and handgrip strength-to-BMI, have a positive and significant relationship with different fitness parameters and could be used as health indicators for this population. MFR and handgrip strength-to-BMI show a positive correlation with cardiorespiratory fitness and vertical jump in both sexes, while handgrip strength-to-BMI also shows a significant correlation with handgrip strength. Furthermore, children and adolescents with a normal weight status, regardless of sex, have higher cardiorespiratory fitness and vertical jump than those who are overweight and obese. In contrast, children who are overweight, but especially obese, have significantly higher handgrip strength than those who were of normal weight. Therefore, the use of other more specific measures obtained through different parameters of body composition and physical fitness can serve as a tool to identify the relationships of the paediatric population with physical fitness.

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

8

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

[LIMITATIONS AND FUTURE RESEARCH]

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

La presente Tesis Doctoral en su formato de compendio de artículos no está exenta de diversas limitaciones que deben ser tenidas en consideración por el lector a la hora de la interpretación de los resultados y conclusiones presentados en capítulos anteriores. Por este motivo, a continuación, se presentan las limitaciones más relevantes:

- Al tratarse de una investigación con un diseño de los estudios transversales, no permite establecer relaciones de causalidad ni analizar por completo la causa-efecto.
- A pesar de que la n de la muestra es amplia, las muestras por conveniencia limitan la generalización de los resultados.
- Para estimar la edad biológica o estado madurativo de los participantes, se utilizó el método de evaluación de la maduración sexual a través del Test de Tanner. Aunque este método ha sido validado y es fiable, los resultados deben interpretarse con precaución, ya que puede ser menos precisos que otros métodos, proporcionando una estimación de la edad madurativa en el momento de la observación o medida.

- La interpretación y generalización de los resultados obtenidos de las respuestas de los cuestionarios utilizados (sociodemográfico, test Tanner y test KIDMED) debe ser cautelosa y prudente, ya que se realizaron de forma autoinformada. Esto supone la posibilidad de que los participantes hayan respondido de manera que preserve su imagen más positiva de sí mismos, así como hayan podido responder erróneamente de forma deliberada o sin mala intención.

- Aunque por medio del cuestionario sociodemográfico autoinformado se tuvo en cuenta como variable descriptiva la modalidad deportiva junto con las horas diarias y semanales practicadas, no se registró el tipo ni intensidad de la actividad físico-deportiva diaria realizada. Esto no podría representar con totalidad ni fiabilidad la práctica diaria de actividad física de los participantes. El uso de métodos más objetivos como puede ser la utilización de acelerómetros u otros dispositivos pueden ayudar a ofrecer más información sobre esta variable.

- En la misma dirección, factores como el nivel o estatus socioeconómico o socioeducativo de los participantes, así como de sus familiares, no se registraron ni se tuvieron en cuenta. Este factor podría influir a la hora de la adquisición y adherencia a unos hábitos de vida activos y saludables, como, por ejemplo, tener mayores oportunidades de participación en más de una actividad deportiva extracurricular u otras actividades, pasar menos tiempo de comportamiento sedentario ante pantallas, llevar una dieta equilibrada, etc.

- En relación a la condición física, no se ha incluido otro tipo de test y pruebas validadas que midan otros parámetros, como puede ser el salto longitudinal, push-up o la velocidad-agilidad. Además, en el test de carrera de ida y vuelta de 20m, a pesar de la constante motivación por parte de los investigadores, es posible que alguno de los participantes no se haya esforzado lo suficiente y de esta manera, no haber alcanzado el máximo de su capacidad aeróbica

- Por último, en cuanto a la composición corporal, se utilizó la bioimpedancia eléctrica como método de campo, en vez de la utilización de otros equipos o evaluaciones más avanzados o de alta precisión en laboratorio. No obstante, aunque la fiabilidad de los datos es cuestionable, al tratarse de una muestra amplia, la bioimpedancia eléctrica puede ser una buena herramienta para la evaluación rutinaria de composición corporal en esta población y para estudios de campo.

Una vez conocidas las limitaciones que se tendrán en cuenta en futuras investigaciones y a raíz de la elaboración de esta Tesis Doctoral, se plantean algunas perspectivas que pueden a ayudar a definir nuevos trabajos de investigación en esta línea de investigación.

- La presente Tesis Doctoral ha sido la primera investigación rigurosa que recoge y muestra de manera oficial los resultados recogidos y analizados a lo largo de estos últimos años a través del proyecto Active Health Sportec. Este trabajo, sirve como punto de partida para llevar a cabo diferentes investigaciones en población activa y de entornos rurales, con el objetivo de seguir estudiando y analizando las variables que han formado parte de esta investigación, así como la propuesta de nuevas políticas deportivas públicas, programas e iniciativas para la adherencia a la práctica de actividad física y mejora de las variables estudiadas.

- A pesar de que la presente Tesis Doctoral sólo ha recogido estudios de diseño transversal, en futuros y próximos estudios, se pretende analizar las diferentes variables mostradas con investigaciones de carácter longitudinal y experimental. De esta manera, se podrá discutir los hallazgos mostrados y establecer nuevas conclusiones. En esta línea, el doctorando ya se encuentra trabajando en el análisis para estudiar la evolución y cambios ocurridos en la condición física, composición corporal y nivel de adherencia a la DM de los mismos participantes de un mismo municipio rural a lo largo de los diferentes años estudiados. Asimismo, se pretende llevar a cabo diferentes intervenciones con la población estudiada, tanto en el ámbito escolar como extracurricular, donde también se pueda controlar y monitorizar a través del uso de wearables y acelerómetros, el nivel diario de práctica e intensidad de actividad física y tiempo sedentario. Esto ayudará a conocer los efectos tanto agudo como crónico de las diferentes variables en ambos sexos, con el objetivo de optimizar y realizar nuevos programas de ejercicio o tareas específicas en disciplinas deportivas concretas.

- Entre otras ideas de investigaciones futuras, no sólo se busca acometer las principales variables estudiadas de condición física, composición corporal y adherencia al patrón Mediterráneo, sino que también se pretende estudiar y dar respuesta a nuevas preguntas que giran en torno a otras variables tan importantes en la población infantil y juvenil, como puede ser, el bienestar, la salud mental y el rendimiento académico o cognitivo, entre otras. Una de las disciplinas que le promueve interés al doctorando, es la

neurociencia, y en especial, la neuroeducación. En esta dirección, se podrá explicar los efectos diferenciales de los diferentes parámetros de la condición física, composición corporal y patrón alimentario Mediterráneo en las nuevas variables de estudio, aportando mayor evidencia y clarificando las diferencias entre sexo, estado madurativo o edad cronológica. Esto contribuirá a determinar nuevos puntos de corte en la práctica diaria objetiva de actividad física necesaria, los niveles de condición física y composición corporal adecuados, así como la predicción de un mejor y mayor rendimiento en las nuevas variables.

- Por otro lado, en cuanto al desarrollo, innovación y transferencia, una de las principales prioridades a corto plazo del doctorando será dotar e incorporar contenido específico y recursos didácticos en la reciente plataforma digital EFITGOID. Además, se tiene previsto la realización y puesta en marcha de un proyecto piloto tanto en un centro educativo (una clase o cursos concretos) como en una escuela deportiva o club deportivo (una categoría de alguna modalidad deportiva). Con ello y a través del feedback proporcionado tanto por parte de los profesionales como alumnado y deportistas, se podrá realizar los correspondientes cambios y mejoras de dicha plataforma y aplicación. De esta manera, y a corto-medio plazo esta herramienta digital estará a disposición de aquellas instituciones u organizaciones educativas y deportivas, así como de sus profesionales para complementar y realizar su trabajo diario de una manera más interactiva, fácil y eficaz. Gracias al uso responsable de la tecnología, se podrá motivar y fomentar estilos de vida saludables a través de la práctica diaria de actividad física, una alimentación equilibrada, el bienestar emocional y el descanso.

- Para finalizar, en relación al proyecto Active Health Sportec, será primordial proceder a la validación del protocolo que se lleva a cabo, teniendo en cuenta las limitaciones anteriormente comentadas. Así, se podrá reestructurar y mejorar dicho protocolo, dándole una mayor validez y fiabilidad al proyecto. Además, junto con el informe individualizado, tanto en formato papel como digital, los participantes de los deportes extracurriculares con la orientación y supervisión de sus entrenadores o monitores, podrán llevar un registro de los parámetros analizados gracias a la aplicación EFITGOID, entre otras funcionalidades. Con todo ello, el proyecto en su conjunto muestra ser ambicioso, con una proyección a corto

y medio plazo de una mayor adhesión de nuevos municipios e incluso centros educativos pertenecientes a entornos rurales.

Además, este proyecto se encuentra acorde al cumplimiento de algunas de las acciones propuestas dentro del "Plan de Acción Mundial sobre la Actividad Física 2018-2030" (Organization, 2018), con el que se pretende apoyar la implementación de diferentes acciones multisectoriales de actividad física con el fin de reducir la prevalencia de inactividad física de las poblaciones menos activas. Dicho plan, se encuentra alineado con los ODS de las Naciones Unidas (Nations, 2015), y está estructurado en cuatro bloques de acción en materia de políticas (creación de sociedades, entornos y sistemas activos y la promoción de poblaciones activas) así como de recomendaciones y medidas de política concretas. Por este motivo, los órganos políticos encargados de la educación, el deporte y la salud, en base al cumplimiento de los ODS a través de la Agenda 2030, deben de trabajar de manera colaborativa y apostar por el desarrollo de acciones globales y específicas que propicien la práctica diaria de actividad física, el juego y el movimiento, el desplazamiento activo, el deporte o el entretenimiento activo. De esta manera, ayudarán a que los niños y adolescentes se desarrollen plenamente con bienestar y calidad de vida en un ecosistema promotor de estilos de vida saludables (ver Figura 17).

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Figura 17

Medidas normativas que propician que la actividad física esté interconectada con los 13 Objetivos de Desarrollo Sostenibles

Nota. Fuente: Organización Mundial de la Salud (2018).

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

9

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

[OTHER RELEVANT CONTRIBUTIONS]

9.1. PUBLICACIONES CIENTÍFICAS NO INCLUIDAS EN LA PRESENTE TESIS DOCTORAL

Martín-Sánchez, M. L., **Manzano-Carrasco, S.**, López-Fernández, J., García-Unanue, J., Hernández-Martin, A., Marín-Farrona, M. J., ... & Felipe, J. L. (2021). Effects of extracurricular sports in prepubertal and pubertal girls. *Applied Sciences*, *11*(24), 11795.

Hernandez-Martin, A., Garcia-Unanue, J., Martínez-Rodríguez, A., **Manzano-Carrasco, S.**, Felipe, J. L., Carvalho, M. J., ... & Sanchez-Sanchez, J. (2021). The effects of football practice on nutritional status and body composition in children: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, *13*(8), 2562.

Garcia-Unanue, J., Gallardo, L., **Manzano-Carrasco, S**., Hernandez-Martín, A., Colino, E., Sanchez-Sanchez, J., & Felipe, J.L. (2021). Nuevas tecnologías en el rendimiento físico. *Salud y rendimiento en el arbitraje femenino* (pp. 161-172).

Manzano-Carrasco, S., & Garcia-Unanue, J. (2020). Evaluación y promoción de hábitos activos-saludables a través de la tecnología: propuesta de proyecto. *Trances: Transmisión del conocimiento educativo y de la salud, 12*(2), 97-104.

Hernandez-Martin, A., Sanchez-Sanchez, J., Felipe, J. L., **Manzano-Carrasco, S.,** Majano, C., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Physical Demands of U10 Players in a 7-a-Side Soccer Tournament Depending on the Playing Position and Level of Opponents in Consecutive Matches Using Global Positioning Systems (GPS). *Sensors, 20*(23), 6968.

Garcia-Unanue, J., Fernandez-Luna, A., Burillo, P., Gallardo, L., Sanchez-Sanchez, J., **Manzano-Carrasco, S.,** & Felipe, J. L. (2020). Key performance indicators at FIFA Women's World Cup in different playing surfaces. *Plos one, 15*(10), e0241385.

Manzano-Carrasco, S., López-Serrano, S., Suárez-Manzano, S., & Ruiz-Ariza, A. (2018). Análisis descriptivo y de relación entre la actividad física y el rendimiento académico en jóvenes estudiantes del centro de España. *Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology*., *2*(1), 223-228.

9.2. APORTACIONES A CONGRESOS

(Únicamente se citan algunos ejemplos de comunicación oral relacionados con la presente Tesis Doctoral)

Manzano-Carrasco, S., López-Fernández, J., Majano, C., León-Jimenez, M., & Alonso-Callejo, A. (2022). Are Maturity Status and Sex determinants in a Physically Active Young Population? Influence on body composition and physical fitness. *27th Annual Congress of the European College of Sport Science,* 30 agosto-2 septiembre de 2022 (Sevilla, España).

Manzano-Carrasco, S. (2021). Are weight status and adherence to the Mediterranean diet in the active young population relevant? Relationship with physical fitness. *Pediatric Work Physiology XXXII,* 14-17 de septiembre de 2021 (Swansea, Reino Unido).

Manzano-Carrasco, S., Felipe, J.L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2021). Is Adherence to the Mediterranean Diet and Weight Status in the active young population relevant? Relationship with physical fitness. *26th Annual Congress of the European College of Sport Science,* 8-10 septiembre de 2021 (Online).

Manzano-Carrasco, S., Martin, M., León-Jiménez, M., Hernández-Martin, A., Colino, E., & Felipe, J.L. (2020). Physical fitness in young football players: influence of maturational stage and maximal oxygen uptake. *25th Virtual Congress of the European College of Sport Science,* 28-30 octubre de 2020 (Online).

Manzano-Carrasco, S., & Felipe, J.L. (2019). Efecto del fútbol extraescolar en variables antropométricas en niños en edad escolar. *V Congreso Internacional de Educación a través del Deporte,* 27-29 de noviembre de 2019 (Jaén, España).

Manzano-Carrasco, S., León-Jiménez, M., Hernández-Martin, A., & Colino, E. (2021). Políticas de promoción deportiva y de hábitos activos-saludables en escuelas deportivas: propuesta de proyecto. *X Congreso Iberoamericano de Economía del Deporte,* 12-14 de junio de 2019 (Barcelona, España).

Manzano-Carrasco, S., Ruiz-Ariza, A., Cristi-Montero, C., & Martínez-Lopez, E. (2018). Análisis descriptivo y de relación de la actividad física y composición corporal, con la creatividad en jóvenes estudiantes de Castilla-La Mancha (España). *7th International Congress of Physical Activity and Sport,* 26 de mayo de 2018 (Beja, Portugal).

Manzano-Carrasco, S., Mezcua-Hidalgo, A., Vivo-Plaza, J., & de la Torre-Cruz, M.J. (2018). Augmented Reality as a resource for Physical Education Classes. A practical proposal through the game. *7th International Congress of Physical Activity and Sport,* 26 de mayo de 2018 (Beja, Portugal).

Manzano-Carrasco, S. (2018). Estudio piloto para la mejora de la memoria y cálculo matemático a través de la actividad física enriquecida. *IV Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa (INNOVAGOGIA 2018),* 20-22 de marzo de 2018 (Sevilla, España).

9.3. PROYECTO DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA

Como resultado y aportación final de esta Tesis Doctoral, y dado el gran interés y motivación del doctorando por la apuesta, promoción y motivación de la práctica diaria de actividad física y hábitos saludables en la población infantil-juvenil, tanto a nivel escolar, extraescolar como extracurricular, surge **EFITGOID** (ver Figura 18).

Este proyecto de innovación que ya es una realidad, aparece en la actualidad ante la necesidad creciente de proporcionar una herramienta digital que incluya una metodología acorde a la evolución tecnológica, promueva un incremento y motivación de la práctica diaria de actividad física y permita la gestión, monitorización y vigilancia de dicha práctica.

Por estos motivos, EFITGOID se ha diseñado para dar respuesta a varias preguntas:

- ¿Puede una plataforma digital/aplicación ser el medio para motivar y aumentar el número de horas de práctica diaria de actividad física a nivel escolar, extraescolar y extracurricular?
- Se podría cuantificar y gestionar desde una misma plataforma, toda la actividad física realizada a través de la sincronización de *wearables* y/o acelerómetros?
- ¿Puede una plataforma digital/aplicación ser la herramienta diaria y complementaria para la enseñanza-aprendizaje de la Educación Física? ¿Existiría un mayor y mejor aprovechamiento de las escasas horas lectivas semanales de Educación Física?
- En el ámbito extracurricular: ¿podría una plataforma digital/aplicación ser la herramienta complementaria para la enseñanza-aprendizaje de las diferentes modalidades deportivas del deporte en edad escolar? ¿Podría existir un mayor y mejor aprovechamiento de las limitadas horas de entrenamiento semanales de estas modalidades deportivas?

EFITGOID es un proyecto desarrollado durante los años 2021-2022 a través de las ayudas del programa de apoyo a la innovación, INNOVA-ADELANTE en Castilla-La Mancha, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (45/20/IN/002). Este proyecto se ha realizado a través de IGOID-SPORTEC, *spin-off* de la Universidad de Castilla-La Mancha dentro de una de sus principales líneas, que engloba las políticas deportivas públicas, la promoción de hábitos activos-saludables, la evaluación de la condición física en diferentes poblaciones especiales, así como el desarrollo de herramientas tecnológicas específicas basadas en la digitalización de servicios.

Este proyecto con base tecnológica ha permitido el desarrollo de una plataforma digital sincronizada con su propia aplicación, enfocada a la gestión, promoción y motivación de la práctica diaria de actividad física y hábitos saludables en la población infantil y juvenil, contando con dos versiones diferenciadas:

1. **EFITGOID (Educación Física & Fitness):** versión dirigida a nivel escolar y extraescolar, específicamente al área de Educación Física.
2. **EFITGOID (Deporte en Edad Escolar):** versión dirigida a nivel extracurricular, concretamente, para Escuelas Deportivas o clubes deportivos.

Figura 18
Logo e icono identificativo del proyecto

9.3.1. EFITGOID: Educación Física & Fitness

El principal objetivo de esta herramienta es el de la gestión, control, motivación y promoción de la actividad física y hábitos saludables en el ámbito escolar a través del área de Educación Física (ve Figura 19). Además, es una herramienta ideada para establecer una gestión integral de la programación virtual de la asignatura de Educación Física, así como de la actividad del alumnado dentro y fuera del aula. De esta manera, el docente podrá gestionar la programación de los diferentes cursos y grupos, así como establecer una comunicación directa con el alumnado. También, podrá enviar diferentes actividades o ejercicios para complementar e interiorizar lo trabajado en clase vinculados a los contenidos de la unidad didáctica en la que se está trabajando, con el objetivo de fomentar e incrementar la actividad física fuera del aula. Esto podría realizarse bien por medio de retos o a través de actividades evaluables individuales o grupales gestionadas por *Google Classroom*. En esta dirección, y dada las escasas horas lectivas destinadas a Educación Física, con esta herramienta, el docente podrá dedicar de forma íntegra su horario a realizar actividades de carácter práctico y activo, pudiendo enviar y gestionar otro tipo de tareas de un perfil más teórico mediante esta herramienta siguiendo la metodología *Flipped Classroom*.

Por tanto, EFITGOID es una herramienta multidisciplinar de gestión y promoción para todos los niveles organizativos de la educación, desde el alumnado hasta la propia administración con competencias educativas, ofreciendo diferentes funcionalidades y sin perder el foco principal de esta herramienta.

Figura 19
Plataforma digital y aplicación dirigida al ámbito escolar

9.3.2. EFITGOID: Deporte en Edad Escolar

Esta herramienta dirigida al deporte en edad escolar, concretamente, al deporte extracurricular, tiene como objetivo principal la gestión, control, optimización y promoción de la práctica deportiva y hábitos saludables de la población infantil y juvenil (ver Figura 20).

Se trata de una herramienta ideada para establecer una gestión integral por parte del Área de deportes de los diferentes municipios o bien organizaciones deportivas, para la incorporación dentro de sus Escuelas Deportivas en sus diferentes disciplinas deportivas. Dicha plataforma, dirigida tanto para los gestores deportivos, así como para sus entrenadores y/o monitores y especialmente, al deportista en edad escolar, pretende ser una herramienta complementaria a las sesiones de entrenamiento establecidas. Entre otras funcionalidades, se podrá enviar diferentes ejercicios o movimientos específicos para su interiorización o mejora; incrementar el tiempo de práctica deportiva fuera del horario a través de retos; gestionar toda la planificación deportiva desde la plataforma; e incluso, mantener un contacto directo deportista-entrenador-gestor, entre otras funcionalidades.

Esta herramienta multidisciplinar de gestión para todos los niveles organizativos del deporte municipal o club deportivo, desde el deportista en edad escolar hasta la propia concejalía de deportes o dirección deportiva, ofrece distintas funcionalidades con el fin de utilizar la tecnología de una manera responsable y complementaria, así como el de incrementar y motivar la práctica diaria de ejercicio físico y unos hábitos saludables de los niños y adolescentes.

Figura 20

Plataforma digital y aplicación dirigida al ámbito extracurricular

9.4. PREMIO ESTRATEGIA NAOS 2020

Los Premios Estrategia NAOS, organizados por el Ministerio de Consumo y la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), se iniciaron en el 2007 y se convocan anualmente en el Boletín Oficial del Estado. Estos premios tienen el fin de reconocer e identificar específicamente los programas o iniciativas que promocionan la práctica de actividad física en diferentes ámbitos, así como a personas o instituciones que han destacado por su trayectoria o por su vinculación y desarrollo profesional en la nutrición, en la alimentación o en la promoción de la actividad física o el deporte.

El jurado de la XIV edición (2020) de los Premios Estrategia NAOS reconoció y otorgó el primer premio en la categoría de ámbito familiar y comunitario, al proyecto "MOEVAP Program. Monitorización, evaluación y prescripción del ejercicio físico" presentado por el grupo IGOID de la Universidad de Castilla-La Mancha junto con el Ayuntamiento de Villacañas. Este proyecto, está enfocado a la promoción de actividad física, ejercicio físico y hábitos saludables, así como su monitorización y vigilancia a lo largo de los años en el municipio de Villacañas, haciendo énfasis en la necesidad de seguir potenciando la práctica de actividad físico-deportiva en la población infantil, juvenil y adulta-mayor.

El 24 de noviembre 2021, se realizó el acto de entrega de premios en Madrid, presidida por el ministro D. Alberto Garzón, asistiendo en representación del municipio de Villacañas, su alcalde D. Javier Martínez y su jefe de prensa, así como en representación del grupo IGOID y la UCLM, el doctorando Samuel Manzano Carrasco y la Vicerrectora de Coordinación, Comunicación y Promoción y directora del grupo IGOID, la Dra. Leonor Gallardo.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
Núm. 156 Jueves 1 de julio de 2021 Sec. III. Pág. 78512

III. OTRAS DISPOSICIONES

MINISTERIO DE CONSUMO

10954 *Resolución de 30 de junio de 2021, de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, por la que se conceden los XIV Premios Estrategia NAOS, edición 2020.*

Convocados por Resolución de 15 de septiembre de 2020, de la Dirección Ejecutiva de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, la edición 2020 de los Premios Estrategia NAOS («Boletín Oficial del Estado» de 18 de septiembre) y cumplidos los trámites establecidos en los apartados decimotercero, decimosexto y decimoctavo de dicha convocatoria, de acuerdo con el fallo del Jurado calificador emitido con fecha 22 de abril de 2021 y a propuesta del órgano instructor del procedimiento.

Esta Presidencia de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición ha resuelto:

Único.

Conceder los premios y accésits a los proyectos que se relacionan en el anexo a la presente Resolución, con indicación de cada una de las modalidades, la denominación del proyecto y la institución que lo representa.

Contra la presente Resolución, que pone fin a la vía administrativa, podrá interponerse recurso potestativo de reposición ante el mismo órgano, de conformidad con lo establecido en el artículo 123 de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas o ser impugnados directamente ante los Juzgados Centrales de lo Contencioso-Administrativo, según establece el artículo 9.c) de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa, en el plazo de dos meses a partir del día siguiente a su publicación en el «Boletín Oficial del Estado», de conformidad con lo dispuesto en el artículo 90 y demás preceptos concordantes de la Ley Orgánica 6/1985, de 1 de julio, del Poder Judicial, y en la forma que previene el artículo 45 de la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Madrid, 30 de junio de 2021.–El Presidente de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Rafael Escudero Alday.

cve: BOE-A-2021-10954
Verificable en https://www.boe.es

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

9.5. MEMBRESÍA RED EUROPEA HEPA

En la línea temática de la presente Tesis Doctoral, el doctorando apoyó y colaboró con la iniciativa propuesta por el Dr. Jorge López Fernández para la adhesión del grupo de investigación IGOID, así como de la Universidad de Castilla-La Mancha, a la Red Europea para la promoción de la actividad física beneficiosa para la salud perteneciente a la Organización Mundial de la Salud, siendo favorable en diciembre del 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ
WELTGESUNDHEITSORGANISATION
ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

REGIONAL OFFICE FOR EUROPE
BUREAU RÉGIONAL DE L'EUROPE
REGIONALBÜRO FÜR EUROPA
ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ БЮРО

Head office:
UN City, Marmorvej 51,
DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark
Tel.: +45 45 33 70 00; Fax: +45 45 33 70 01
Email: contact@euro.who.int
Website: http://www.euro.who.int

Date: 15 December 2021

Dr Jorge López Fernández
Researcher
University of Castilla-La Mancha
Campus de Fábrica de Armas
Avenida Carlos III s/n,
45071, Toledo, Castilla-La Mancha
Spain

E-mail: jorge.lopez@uclm.es

Our reference: HEPA/KW/lv
Notre référence:
Unser Zeichen:
См. наш номер:

Your reference:
Votre référence:
Ihr Zeichen:
На Ваш номер:

Dear Dr López Fernández,

Membership confirmation - European network for the promotion of health-enhancing physical activity (HEPA Europe Network)

The WHO Regional Office of Europe confirms to have received the application of your institution for membership in the HEPA Europe Network. After thorough review and assessment, the Regional Office together with the HEPA Steering Committee are pleased to inform that IGOID Research Group (University of Castilla-La Mancha) is officially a member of the Network as of 18 November 2021.

We look forward to collaborating with your institution as a new member of HEPA Europe in accordance with the roles and responsibilities as defined in the enclosed Terms of Reference of the Network. The Network relies on the initiative of its members and observers and the opportunities for contributing.

We would like to thank you again for your interest in joining the network.

Yours sincerely,

Dr Kremlin Wickramasinghe
Head, a.i.
WHO European Office for the Prevention and
Control of Noncommunicable Diseases (NCDs)
Division of Country Health Programmes

Enclosure:
Terms of reference

Marmorvej 51
DK-2100 Copenhagen Ø
Denmark

Telephone: +45 45 3370 00
Fax: +45 45 3370 01

E-mail: hepaeurope@who.int
Web site: http://www.euro.who.int

9.6. TRANSFERENCIA DE INVESTIGACIÓN Y MARCA EIBT

En este año 2022, la *spin-off* de la Universidad de Castilla-La Mancha IGOID SPORTEC, ha obtenido la marca de Empresa Innovadora de Base Tecnológica (EIBT) distinción otorgada por la Asociación Nacional de Centros Europeos de Empresas e Innovación (ANCES). Esta marca, que justifica la base tecnológica de la *spin-off* y su compromiso con la I+D+i, ha sido gracias al resultado de transferencia de los últimos años en proyectos de innovación y desarrollo llevada al ámbito de la promoción de la actividad física y la salud, así como el deporte y las instalaciones deportivas.

Entre los principales proyectos, el doctorando ha participado y colaborado activamente, llevando a cabo funciones de coordinación, desarrollo y supervisión. En primer lugar, junto con la colaboración de una *spin-off* de Zaragoza, se desarrolló un *software* digital para el proyecto *Active Health Sportec* dirigido a población infantil y juvenil *(https://activehealth-sportec.com/login/?next=/y)* y el proyecto *Healthy Elderly Sportec*, dirigido a población adulta-mayor (*https://apptivados.com/login/?next=/)*. Estos *softwares* permiten una mayor y mejor organización interna de datos e informes, así como la visualización y comparativa de manera digital de los resultados por parte de los participantes.

Por otro lado, junto con una *spin-off* de la Universidad de Sevilla, se ha creado una plataforma digital, llamada IGOID-FITBE y la aplicación “Apptivados”. Dicha plataforma permite la gestión y desarrollo de sesiones de entrenamientos semi-supervisados dirigidos a la población adulta-mayor. Además, facilita el proceso de digitalización de los servicios deportivos. Finalmente, dentro de la Red de Investigación en Arbitraje Femenino del CSD liderada por el Dr. Javier Sánchez Sánchez, el doctorando ha ayudado a la realización de la aplicación “Refereenet”, con el objetivo de la prevención de lesiones, así como una óptima rehabilitación y readaptación de árbitros y árbitras de fútbol y fútbol sala.

En la actualidad, junto con una empresa de Pamplona, se ha finalizado la plataforma digital y aplicación EFITGOID. En este proyecto de innovación, ha consistido en el desarrollo de una plataforma digital sincronizada con su propia aplicación, enfocada a la gestión y promoción de la actividad física y hábitos saludables en la población infantil y juvenil desde el ámbito escolar y extraescolar (Educación Física) y ámbito extracurricular (Deporte en Edad Escolar).

Gracias al desarrollo de todas estas herramientas digitales que facilitan el trabajo interno y que ofrecen un servicio complementario a la sociedad, IGOID-SPORTEC sigue avanzando en materia de digitalización y transferencia, contando con este reconocimiento nacional como EIBT.

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN GENERAL
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

10

REFERENCIAS

[REFERENCES]

A

Acharya, A. B. (2011). Accuracy of predicting 18 years of age from mandibular third molar development in an Indian sample using Demirjian's ten-stage criteria. *International Journal of Legal Medicine*, *125*(2), 227-233.

Adam, C. C. o. E. C. f. t. D. o. S. C. o. E. C. o. E. o. S. R. (1988). *Eurofit : handbook for the Eurofit tests of physical fitness*. Italian National Olympic Committee, Central Direction for Sport's Technical Activities Documentation and Information Division.

Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Rosário, R., Moreira, C., Lopes, L., Mota, J., . . . Ramírez-Vélez, R. (2018). Optimal Adherence to a Mediterranean Diet May Not Overcome the Deleterious Effects of Low Physical Fitness on Cardiovascular Disease Risk in Adolescents: A Cross-Sectional Pooled Analysis. *Nutrients*, *10*(7), 815.

Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R., Tudor-Locke, C., . . . Leon, A. S. (2011). 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports Exercise*, *43*(8), 1575-1581.

Albaladejo-Saura, M., Vaquero-Cristóbal, R., González-Gálvez, N., & Esparza-Ros, F. (2021). Relationship between Biological Maturation, Physical Fitness, and Kinanthropometric Variables of Young Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(1), 328.

Andrade Ramiro, F., Previnaire, J., & Sturbois, X. (1990). Crecimiento y ejercicio físico. *Archivos de Medicina del Deporte*, *7*(27), 293.

Archero, F., Ricotti, R., Solito, A., Carrera, D., Civello, F., Di Bella, R., . . . Prodam, F. (2018). Adherence to the Mediterranean Diet among School Children and Adolescents Living in Northern Italy and Unhealthy Food Behaviors Associated to Overweight. *Nutrients*, *10* (9), 1322.

Arenaza, L., Huybrechts, I., Ortega, F. B., Ruiz, J. R., De Henauw, S., Manios, Y., . . . Bueno, G. (2019). Adherence to the Mediterranean diet in metabolically healthy and

unhealthy overweight and obese European adolescents: the HELENA study. *European Journal of Nutrition*, *58*(7), 2615-2623.

Armstrong, N., & Van Mechelen, W. (2017). *Oxford textbook of children's sport and exercise medicine*. Oxford University Press.

Arriscado, D., Muros, J. J., Zabala, M., & Dalmau, J. M. (2015). Hábitos de práctica física en escolares: factores influyentes y relaciones con la condición física. *Nutrición Hospitalaria*, *31*(3), 1232-1239.

Artero, E. G., España-Romero, V., Castro-Piñero, J., Ortega, F. B., Suni, J., Castillo-Garzon, M. J., & Ruiz, J. R. (2011). Reliability of Field-Based Fitness Tests in Youth. *International Journal of Sports Medicine*, *32*(03), 159-169.

B

Barker, A. R., Gracia-Marco, L., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., Aparicio-Ugarriza, R., González-Gross, M., . . . Molnar, D. (2018). Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *International Journal of Cardiology*, *254*, 303-309.

Baxter-Jones, A. D., Eisenmann, J. C., & Sherar, L. B. (2005). Controlling for maturation in pediatric exercise science. *Pediatric Exercise Science*, *17*(1), 18-30.

Biddle, S. J., & Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(11), 886-895.

Biddle, S. J. H., García Bengoechea, E., & Wiesner, G. (2017). Sedentary behaviour and adiposity in youth: a systematic review of reviews and analysis of causality. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *14*(1), 43.

Börnhorst, C., Wijnhoven, T., Kunešová, M., Yngve, A., Rito, A. I., Lissner, L., . . . Breda, J. (2015). WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative: associations between sleep duration, screen time and food consumption frequencies. *BMC Public Health*, *15*(1), 1-11.

C

Cabezuelo, G., & Frontera, P. (2016). *El desarrollo psicomotor: Desde la infancia hasta la adolescencia* (Vol. 187). Narcea Ediciones.

Cameron, N. (2022). Assessment of maturation. In *Human growth and development* (pp. 347-369). Elsevier.

Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J.-P., . . . Connor Gorber, S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *41*(6), S240-S265.

Caspersen, C. J., Pereira, M. A., & Curran, K. M. (2000). Changes in physical activity patterns in the United States, by sex and cross-sectional age. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(9), 1601-1609.

Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, *100*(2), 126.

Castro-Piñero, J., González-Montesinos, J. L., Mora, J., Keating, X. D., Girela-Rejón, M. J., Sjöström, M., & Ruiz, J. R. (2009). Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: influence of weight status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(8), 2295-2310.

Chacón-Cuberos, R., Zurita-Ortega, F., Martínez-Martínez, A., Olmedo-Moreno, E. M., & Castro-Sánchez, M. (2018). Adherence to the Mediterranean diet is related to healthy habits, learning processes, and academic achievement in adolescents: a cross-sectional study. *Nutrients*, *10*(11), 1566.

Chicharro, J. L., Mulas, A. L., Ruiz, M. P., & Mojares, L. M. L. (2002). *El desarrollo y el rendimiento deportivo*.

Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiologa del ejercicio/ Physiology of Exercise*. Ed. Médica Panamericana.

Chillón, P., Ortega, F. B., Ferrando, J. A., & Casajus, J. A. (2011). Physical fitness in rural and urban children and adolescents from Spain. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(5), 417-423.

Clarke, H. H. (1976). Application of measurement to health and physical education.

Cole, T. J. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *British Medial Journal*, *320*(7244), 1240-1240.

Coulston, A., Boushey, C., & Ferruzzi, M. (2013). Nutrition in the treatment and prevention of disease. In: Academic Press.

Couoh, L. R. (2017). Differences between biological and chronological age-at-death in human skeletal remains: A change of perspective. *American Journal of Physical Anthropology*, *163*(4), 671-695.

Craigie, A. M., Lake, A. A., Kelly, S. A., Adamson, A. J., & Mathers, J. C. (2011). Tracking of obesity-related behaviours from childhood to adulthood: A systematic review. *Maturitas*, *70*(3), 266-284.

Crain, W. (2015). *Theories of development: Concepts and applications*. Routledge.

Cvetković, N., Stojanović, E., Stojiljković, N., Nikolić, D., Scanlan, A., & Milanović, Z. (2018). Exercise training in overweight and obese children: Recreational

football and high-intensity interval training provide similar benefits to physical fitness. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *28*, 18-32.

D

Darling, R. C., Eichna, L. W., Heath, C. W., & Wolff, H. G. (1948). Physical fitness: report of the Subcommittee of the Baruch Committee on Physical Medicine. *Journal of the American Medical Association*, *136*(11), 764-767.

de Castro, J. A. C., de Lima, T. R., & Silva, D. A. S. (2018). Body composition estimation in children and adolescents by bioelectrical impedance analysis: A systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *22*(1), 134-146.

De la Montaña, J., Castro, L., Cobas, N., Rodríguez, M., & Míguez, M. (2012). Adherencia a la dieta mediterránea y su relación con el índice de masa corporal en universitarios de Galicia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, *32*(3), 72-80.

De Meester, A., Aelterman, N., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., & Haerens, L. (2014). Extracurricular school-based sports as a motivating vehicle for sports participation in youth: a cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *11*(1), 1-15.

del Deporte, C. S. (2022). *Deporte en Edad Escolar*. Retrieved 16/07/2022 from http://www.csd.gob.es/es/promocion-del-deporte/deporte-en-edad-escolar

del Mar Bibiloni, M., Martínez, E., Llull, R., Pons, A., & Tur, J. A. (2012). Western and Mediterranean dietary patterns among Balearic Islands' adolescents: socio-economic and lifestyle determinants. *Public Health Nutrition*, *15*(4), 683-692.

Delgado-Floody, P., Alvarez, C., Caamaño-Navarrete, F., Jerez-Mayorga, D., & Latorre-Román, P. (2020). Influence of Mediterranean diet adherence, physical activity patterns, and weight status on cardiovascular response to cardiorespiratory fitness test in Chilean school children. *Nutrition*, *71*, 110621.

Demirjian, A. (1986). Dentition. In *Postnatal growth neurobiology* (pp. 269-298). Springer.

Dietz, W. H., & Bellizzi, M. C. (1999). Introduction: the use of body mass index to assess obesity in children. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *70*(1), 123S-125S.

Duke, P. M., Litt, I. F., & Gross, R. T. (1980). Adolescents' self-assessment of sexual maturation. *Pediatrics*, *66*(6), 918-920.

Dumith, S. C., Ramires, V. V., Souza, M. A., Moraes, D. S., Petry, F. G., Oliveira, E. S., . . . Hallal, P. C. (2010). Overweight/obesity and physical fitness among children and adolescents. *Journal of Physical Activity and Health*, *7*(5), 641-648.

Duncan, G. E. (2010). The "fit but fat" concept revisited: population-based estimates using NHANES. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *7*(1), 47.

E

Edwards, L. C., Bryant, A. S., Keegan, R. J., Morgan, K., & Jones, A. M. (2017). Definitions, foundations and associations of physical literacy: a systematic review. *Sports Medicine*, *47*(1), 113-126.

España, G. d. (2022). *Plan Estratégico Nacional para la Reducción de la Obesidad Infantil*.

España-Romero, V., Ortega, F. B., Vicente-Rodríguez, G., Artero, E. G., Rey, J. P., & Ruiz, J. R. (2010). Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(1), 272-277.

Española, R. A., & Madrid, E. (2001). *Diccionario de la lengua española* (Vol. 22). Real academia española Madrid.

Esteban-Cornejo, I., Tejero-González, C. M., Martinez-Gomez, D., del-Campo, J., González-Galo, A., Padilla-Moledo, C., . . . Group, D. S. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *The Journal of Pediatrics*, *165*(2), 306-312. e302.

Esteban-Gonzalo, L., Turner, A. I., Torres, S. J., Esteban-Cornejo, I., Castro-Piñero, J., Delgado-Alfonso, Á., . . . Veiga, Ó. L. (2019). Diet quality and well-being in children and adolescents: the UP&DOWN longitudinal study. *British Journal of Nutrition*, *121*(2), 221-231.

Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.-I., Corella, D., Arós, F., . . . Lapetra, J. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *New England Journal of Medicine*, *378*(25), e34.

F

Faigenbaum, A. D., Best, T. M., MacDonald, J., Myer, G. D., & Stracciolini, A. (2014). Top 10 research questions related to exercise deficit disorder (EDD) in youth. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *85*(3), 297-307.

Faigenbaum, A. D., & MacDonald, J. P. (2017). Dynapenia: it's not just for grown-ups anymore. *Acta Paediatrica*, *106*(5), 696-697.

Faigenbaum, A. D., Rebullido, T. R., & MacDonald, J. P. (2018). Pediatric inactivity triad: a risky PIT. *Current Sports Medicine Reports*, *17*(2), 45-47.

Fang, K., Mu, M., Liu, K., & He, Y. (2019). Screen time and childhood overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis. *Child: Care, Health and Development*, *45*(5), 744-753.

Farajian, P., Risvas, G., Karasouli, K., Pounis, G. D., Kastorini, C. M., Panagiotakos, D. B., & Zampelas, A. (2011). Very high childhood obesity prevalence and low adherence rates to the Mediterranean diet in Greek children: the GRECO study. *Atherosclerosis*, *217*(2), 525-530.

Fatima, Y., Doi, S., & Mamun, A. (2015). Longitudinal impact of sleep on overweight and obesity in children and adolescents: a systematic review and bias-adjusted meta-analysis. *Obesity Reviews*, *16*(2), 137-149.

Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L., & Castro-Piñero, J. (2015). Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(8), 2277-2285.

Fernández, I., Canet, O., & Giné-Garriga, M. (2017). Assessment of physical activity levels, fitness and perceived barriers to physical activity practice in adolescents: cross-sectional study. *European Journal of Pediatrics*, *176*(1), 57-65.

Fontana, L., & Partridge, L. (2015). Promoting health and longevity through diet: from model organisms to humans. *Cell*, *161*(1), 106-118.

Franco Hidalgo-Chacon, J. P., Rodríguez Arteche, Í., & Martínez Aznar, M. M. (2022). ¿ Qué hacen los estudiantes de educación primaria españoles fuera del horario académico?: actividades extraescolares. *Revista Complutense de Educación*.

Fraser, B. J., Schmidt, M. D., Huynh, Q. L., Dwyer, T., Venn, A. J., & Magnussen, C. G. (2017). Tracking of muscular strength and power from youth to young adulthood: Longitudinal findings from the Childhood Determinants of Adult Health Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(10), 927-931.

Freedman, D. S., Mei, Z., Srinivasan, S. R., Berenson, G. S., & Dietz, W. H. (2007). Cardiovascular Risk Factors and Excess Adiposity Among Overweight Children and Adolescents: The Bogalusa Heart Study. *The Journal of Pediatrics*, *150*(1), 12-17.e12.

Friend, A., Craig, L., & Turner, S. (2013). The prevalence of metabolic syndrome in children: a systematic review of the literature. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, *11*(2), 71-80.

G

Galan-Lopez, P., Domínguez, R., Pihu, M., Gísladóttir, T., Sánchez-Oliver, A. J., & Ries, F. (2019). Evaluation of physical fitness, body composition, and adherence to mediterranean diet in adolescents from Estonia: The AdolesHealth study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(22), 4479.

Galan-Lopez, P., Ries, F., Gisladottir, T., Domínguez, R., & Sánchez-Oliver, A. J. (2018). Healthy Lifestyle: Relationship between Mediterranean Diet, Body Composition and Physical Fitness in 13 to 16-Years Old Icelandic Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(12), 2632.

Garcia-Hermoso, A., Vegas-Heredia, E. D., Fernández-Vergara, O., Ceballos-Ceballos, R., Andrade-Schnettler, R., Arellano-Ruiz, P., & Ramírez-Vélez, R. (2019). Independent and combined effects of handgrip strength and adherence to a Mediterranean diet on blood pressure in Chilean children. *Nutrition*, *60*, 170-174.

Garcia-Pastor, T., Salinero, J. J., Sanz-Frias, D., Pertusa, G., & Del Coso, J. (2016). Body fat percentage is more associated with low physical fitness than with sedentarism and diet in male and female adolescents. *Physiology & Behavior*, *165*, 166-172.

García Cabrera, S., Herrera Fernández, N., Rodríguez Hernández, C., Nissensohn, M., Román-Viñas, B., & Serra-Majem, L. (2015). Test KIDMED; prevalencia de la baja adhesión a la dieta mediterránea en niños y adolescentes: revisión sistemática. *Nutricion Hospitalaria*, *32*(6), 2390-2399.

García-Fernández, E., Rico-Cabanas, L., Rosgaard, N., Estruch, R., & Bach-Faig, A. (2014). Mediterranean Diet and Cardiodiabesity: A Review. *Nutrients*, *6*(9), 3474-3500.

Garrido-Miguel, M., Cavero-Redondo, I., Álvarez-Bueno, C., Rodríguez-Artalejo, F., Moreno, L. A., Ruiz, J. R., . . . Martínez-Vizcaíno, V. (2019). Prevalence and trends of overweight and obesity in European children from 1999 to 2016: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatrics*, *173*(10), e192430-e192430.

Goswami, B., Roy, A. S., Dalui, R., & Bandyopadhyay, A. (2014). Impact of pubertal growth on physical fitness. *American Journal of Sports Science and Medicine*, *2*(5A), 34-39.

Gotsis, E., Anagnostis, P., Mariolis, A., Vlachou, A., Katsiki, N., & Karagiannis, A. (2014). Health Benefits of the Mediterranean Diet: An Update of Research Over the Last 5 Years. *Angiology*, *66*(4), 304-318.

Grao-Cruces, A., Fernández-Martínez, A., & Nuviala, A. (2014). Association of Fitness With Life Satisfaction, Health Risk Behaviors, and Adherence to the Mediterranean Diet in Spanish Adolescents. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(8).

Grao-Cruces, A., Nuviala, A., Fernández-Martínez, A., & Martínez-López, E.-J. (2015). Relationship of physical activity and sedentarism with tobacco and alcohol consumption, and Mediterranean diet in Spanish teenagers. *Nutrición Hospitalaria*, *31*(4), 1693-1700.

Grao-Cruces, A., Nuviala, A., Fernández-Martínez, A., Porcel-

Gálvez, A.-M., Moral-García, J.-E., & Martínez-López, E. J. (2013). Adherencia a la dieta mediterránea en adolescentes rurales y urbanos del sur de España, satisfacción con la vida, antropometría y actividades físicas y sedentarias. *Nutrición Hospitalaria*, *28*(4), 1129-1135.

Grosso, G., Marventano, S., Buscemi, S., Scuderi, A., Matalone, M., Platania, A., . . . Mistretta, A. (2013). Factors Associated with Adherence to the Mediterranean Diet among Adolescents Living in Sicily, Southern Italy. *Nutrients*, *5*(12), 4908-4923.

Gulías-González, R., Sánchez-López, M., Olivas-Bravo, Á., Solera-Martínez, M., & Martínez-Vizcaíno, V. (2014). Physical fitness in Spanish schoolchildren aged 6–12 years: reference values of the battery EUROFIT and associated cardiovascular risk. *Journal of School Health*, *84*(10), 625-635.

Guthold, R., Stevens, G. A., Riley, L. M., & Bull, F. C. (2020). Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1· 6 million participants. *The Lancet Child & Adolescent Health*, *4*(1), 23-35.

H

Hamilton, D., Dee, A., & Perry, I. (2018). The lifetime costs of overweight and obesity in childhood and adolescence: a systematic review. *Obesity reviews*, *19*(4), 452-463.

Handelsman, D. J., Hirschberg, A. L., & Bermon, S. (2018). Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocrine Reviews*, *39*(5), 803-829.

Henriksson, P., Sandborg, J., Henström, M., Delisle Nyström, C., Ek, E., Ortega, F. B., & Löf, M. (2022). Body composition, physical fitness and cardiovascular risk factors in 9-year-old children. *Scientific Reports*, *12*(1), 2665.

Hulteen, R. M., Morgan, P. J., Barnett, L. M., Stodden, D. F., & Lubans, D. R. (2018). Development of Foundational Movement Skills: A Conceptual Model for Physical Activity Across the Lifespan. *Sports Medicine*, *48*(7), 1533-1540.

I

Iannotti, R. J., Kogan, M. D., Janssen, I., & Boyce, W. F. (2009). Patterns of adolescent physical activity, screen-based media use, and positive and negative health indicators in the US and Canada. *Journal of Adolescent Health*, *44*(5), 493-499.

Idelson, P. I., Scalfi, L., & Valerio, G. (2017). Adherence to the Mediterranean Diet in children and adolescents: A systematic review. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *27*(4), 283-299.

Inchley, J., & Currie, D. (2016). *Growing up unequal: gender and socioeconomic differences in young people's health and well-being. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2013/2014 survey*. World Health Organization.

Izquierdo, M., & Ibañez, J. (2017). Crecimiento y maduración del deportista joven. Aplicación para el desarrollo de la fuerza. *Revista de Educación Física: Renovar la teoría y practica*(145), 47-47.

J

Janssen, I., & LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *7*(1), 1-16.

Javed, A., Jumean, M., Murad, M. H., Okorodudu, D., Kumar, S., Somers, V., . . . Lopez-Jimenez, F. (2015). Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric Obesity*, *10*(3), 234-244.

Joensuu, L., Syväoja, H., Kallio, J., Kulmala, J., Kujala, U. M., & Tammelin, T. H. (2018). Objectively measured physical activity, body composition and physical fitness: Cross-sectional associations in 9-to 15-year-old children. *European Journal of Sport Science*, *18*(6), 882-892.

K

Khosravi, M., Tayebi, S. M., & Safari, H. (2013). Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, *16*(4), 628.

Kim, S. R., Choi, U. S., Choi, J. H., & Koh, H. J. (2003). Association of Body Fat and Body Mass Index with Pulmonary Function in Women in Their Forties. *Journal of the Korean Academy of Family Medicine*, *24*(9), 827-832.

Kim, T. V., Pham, T. N., Nguyen, C. L., Nguyen, T. T., Okely, A. D., & Tang, H. K. (2022). Prevalence of Physical Activity, Screen Time, and Sleep, and Associations with Adiposity and Motor Development among Preschool-Age Children in Vietnam: The SUNRISE Vietnam Pilot Study. *Indian Journal of Pediatrics*, *89*(2), 148-153.

Klug, D. P., & de Fonseca, P. H. S. (2006). Análise da maturação feminina: um enfoque na idade de ocorrência da menarca. *Journal of Physical Education*, *17*(2), 139-147.

Kocahan, T., & Akınoğlu, B. (2019). The effect of body composition on pulmonary function in elite athletes. *Progress in Nutrition*, *21*(3), 542-551.

Kontostoli, E., Jones, A. P., Pearson, N., Foley, L., Biddle, S. J., & Atkin, A. J. (2021). Age-related change in sedentary behavior during childhood and adolescence: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*.

Kristensen, P. L., Møller, N., Korsholm, L., Wedderkopp, N., Andersen, L. B., & Froberg, K. (2008). Tracking of objectively measured physical activity from childhood to adolescence: the European youth heart study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, *18*(2), 171-178.

Kvaal, S. I., Kolltveit, K. M., Thomsen, I. O., & Solheim, T. (1995). Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic Science International*, *74*(3), 175-185.

Kyle, U., Earthman, C., Pichard, C., & Coss-Bu, J. (2015). Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, *69*(12), 1298-1305.

Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y. M., & Pichard, C. (2003). Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, *19*(7-8), 597-604.

L

Leal-Witt, M. J., Ramon-Krauel, M., Samino, S., Llobet, M., Cuadras, D., Jimenez-Chillaron, J. C., . . . Lerin, C. (2018). Untargeted metabolomics identifies a plasma sphingolipid-related signature associated with lifestyle intervention in prepubertal children with obesity. *International Journal of Obesity*, *42*(1), 72-78.

Lee, S. M., Burgeson, C. R., Fulton, J. E., & Spain, C. G. (2007). Physical education and physical activity: results from the School Health Policies and Programs Study 2006. *Journal of School Health*, *77*(8), 435-463.

Lee, S. Y., & Gallagher, D. (2008). Assessment methods in human body composition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, *11*(5), 566.

Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, *6*(2), 93-101.

Lesinski, M., Schmelcher, A., Herz, M., Puta, C., Gabriel, H., Arampatzis, A., . . . Granacher, U. (2020). Maturation-, age-, and sex-specific anthropometric and physical fitness percentiles of German elite young athletes. *Plos One*, *15*(8), e0237423.

Limdiwala, P. G., & Shah, J. (2013). Age estimation by using dental radiographs. *Journal of Forensic Dental Sciences*, *5*(2), 118.

Lobstein, T., Baur, L., & Uauy, R. (2004). Obesity in children and young people: a crisis in public health. *Obesity Reviews*, *5*, 4-85.

Luque-Casado, A., Mayo, X., Lavín-Pérez, A. M., Jiménez, A., & Del Villar, F. (2021). Understanding Behavioral Regulation Towards Physical Activity Participation: Do We Need a Paradigm Shift to Close the Gender Gap? *Sustainability*, *13*(4), 1683.

López-Fernández, J., López-Valenciano, A., Mayo, X., Liguori, G., Lamb, M., Copeland, R., & Jiménez, A. (2021). No changes in adolescent's sedentary behaviour across Europe between 2002 and 2017. *BMC Public Health*, *21*(1), 1-8.

M

Machado, D. R. L., & Barbanti, V. J. (2007). Maturação esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*, *9*(1), 12-20.

Malina, R. M. (2014). Top 10 research questions related to growth and maturation of relevance to physical activity, performance, and fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *85*(2), 157-173.

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.

Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., e Silva, M. J. C., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(13), 852-859.

Manzano-Carrasco, S., Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Clavel, I., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020). Relationship between adherence to the Mediterranean diet and body composition with physical fitness parameters in a young active population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(9), 3337.

Manzano-Carrasco, S., Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020a). Physical Fitness, Body Composition, and Adherence to the Mediterranean Diet in Young Football Players: Influence of the 20 mSRT Score and Maturational Stage. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(9), 3257.

Manzano-Carrasco, S., Felipe, J. L., Sanchez-Sanchez, J., Hernandez-Martin, A., Gallardo, L., & Garcia-Unanue, J. (2020b). Weight status, adherence to the Mediterranean diet, and physical fitness in Spanish children and adolescents: The Active Health Study. *Nutrients*, *12*(6), 1680.

Manzano-Carrasco, S., Garcia-Unanue, J., Lopez-Fernandez, J., Hernandez-Martin, A., Sanchez-Sanchez, J., Gallardo, L., & Felipe, J. L. (2022). Differences in body composition and physical fitness parameters among prepubertal and pubertal children engaged in extracurricular sports: the active health study. *European Journal of*

Public Health, *32*(Supplement_1), 67-72.

Marcovecchio, M. L., & Chiarelli, F. (2013). Obesity and growth during childhood and puberty. *Nutrition and Growth*, *106*, 135-141.

Mariscal-Arcas, M., Rivas, A., Velasco, J., Ortega, M., Caballero, A. M., & Olea-Serrano, F. (2009). Evaluation of the Mediterranean Diet Quality Index (KIDMED) in children and adolescents in Southern Spain. *Public Health Nutrition*, *12*(9), 1408-1412.

Mariscal-Arcas, M., Romaguera, D., Rivas, A., Feriche, B., Pons, A., Tur, J. A., & Olea-Serrano, F. (2007). Diet quality of young people in southern Spain evaluated by a Mediterranean adaptation of the Diet Quality Index-International (DQI-I). *British Journal of Nutrition*, *98*(6), 1267-1273.

Marker, C., Gnambs, T., & Appel, M. (2019). Exploring the myth of the chubby gamer: A meta-analysis on sedentary video gaming and body mass. *Social Science & Medicine*, 112325.

Marques, A., Henriques-Neto, D., Peralta, M., Martins, J., Gomes, F., Popovic, S., . . . Ihle, A. (2021). Field-based health-related physical fitness tests in children and adolescents: a systematic review. *Frontiers in Pediatrics*, *9*, 155.

Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1969). Variations in pattern of pubertal changes in girls. *Archives of Disease in Childhood*, *44*(235), 291.

Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1970). Variations in the Pattern of Pubertal Changes in Boys. *Archives of Disease in Childhood*, *45*(239), 13-23.

Martinez-Gonzalez, M. A., Bes-Rastrollo, M., Serra-Majem, L., Lairon, D., Estruch, R., & Trichopoulou, A. (2009). Mediterranean food pattern and the primary prevention of chronic disease: recent developments. *Nutrition reviews*, *67*(suppl_1), 111-116.

Martínez Baena, A. C., Chillón, P., Martín-Matillas, M., Pérez López, I., Castillo, R., Zapatera, B., . . . Romero Cerezo, C. (2012). Motivos de abandono y no práctica de actividad físico-deportiva en adolescentes españoles: estudio Avena. *Cuadernos de Psicología del deporte*, *12*(1), 45-54.

Martínez, E., Llull, R., del Mar Bibiloni, M., Pons, A., & Tur, J. A. (2010). Adherence to the Mediterranean dietary pattern among Balearic Islands adolescents. *British Journal of Nutrition*, *103*(11), 1657-1664.

Martínez-Gómez, D., Ruiz, J. R., Gómez-Martínez, S., Chillón, P., Rey-López, J. P., Díaz, L. E., . . . Group, A. S. (2011). Active commuting to school and cognitive performance in adolescents: the AVENA study. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, *165*(4), 300-305.

Martínez-Vizcaíno, V., Garrido-Miguel, M., Redondo-Tébar, A., Notario-Pacheco, B., Rodríguez-Martín, B., & Sánchez-López, M. (2021). The "Fat but Fit" Paradigm from a Children's Health-Related Quality of Life Perspective. *Childhood Obesity*, *17*(7), 449-456.

Matsudo, S. M. M., & Matsudo, V. K. R. (1994). Self assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls: Concordance and reproducibility. *American Journal of Human Biology*, *6*(4), 451-455.

McCarthy, H. D. (2006). Body fat measurements in children as predictors for the metabolic syndrome: focus on waist circumference. *Proceedings of the Nutrition Society*, *65*(04), 385-392.

McCloy, C. H. (1932). *The Measurement of Athletic Power: Some Achievement Standards in Track and Field Athletic Events for Boys from Ten to Twenty Yers of Age*. Barnes.

McGuigan, M. R., Tatasciore, M., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2009). Eight Weeks of Resistance Training Can Significantly Alter Body Composition in Children Who Are Overweight or Obese. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(1).

McKeag, D. B. (1991). The role of exercise in children and adolescents. *Clinics in Sports Medicine*, *10*(1), 117-130.

Meredith, M. D., & Welk, G. (2010). *Fitnessgram and Activitygram Test Administration Manual-Updated 4th Edition*. Human Kinetics.

Mielgo-Ayuso, J., Aparicio-Ugarriza, R., Castillo, A., Ruiz, E., Ávila, J. M., Aranceta-Batrina, J., . . . Varela-Moreiras, G. (2016). Physical activity patterns of the Spanish population are mostly determined by sex and age: findings in the ANIBES study. *PloS One*, *11*(2), e0149969.

Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., . . . Gustafsson, P. (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, *26*(2), 319-338.

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*(4), 689-694.

Mora-Gonzalez, J., Esteban-Cornejo, I., Cadenas-Sanchez, C., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., Rodriguez-Ayllon, M., . . . Ortega, F. B. (2019). Physical fitness, physical activity, and the executive function in children with overweight and obesity. *The Journal of Pediatrics*, *208*, 50-56. e51.

Moreno, A. (2007). *La primera infancia y La adolescencia* (Vol. 8). Editorial UOC.

Moreno, C., Ramos, P., Rivera, F., Sánchez-Queija, I., Jiménez-Iglesias, A., García-Moya, I., . . . Ciria-Barreiro, E. (2018). La adolescencia en España: salud,

bienestar, familia, vida académica y social. *Resultados del estudio HBSC*.

Moura, T., Costa, M., Oliveira, S., Júnior, M. B., Ritti-Dias, R., & Santos, M. (2014). Height and Body Composition Determine Arm Propulsive Force in Youth Swimmers Independent of a Maturation Stage. *Journal of Human Kinetics*, *42*(1), 277-284.

Muros, J. J., Cofre-Bolados, C., Arriscado, D., Zurita, F., & Knox, E. (2017). Mediterranean diet adherence is associated with lifestyle, physical fitness, and mental wellness among 10-y-olds in Chile. *Nutrition*, *35*, 87-92.

N

Naji, S., Colard, T., Blondiaux, J., Bertrand, B., d'Incau, E., & Bocquet-Appel, J.-P. (2016). Cementochronology, to cut or not to cut? *International Journal of Paleopathology*, *15*, 113-119.

Nations, U. (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. *New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs*.

Norris, E., Hamer, M., & Stamatakis, E. (2016). Active video games in schools and effects on physical activity and health: a systematic review. *The Journal of Pediatrics*, *172*, 40-46. e45.

O

Ogodescu, A. E., Bratu, E., Tudor, A., & Ogodescu, A. (2011). Estimation of child's biological age based on tooth development. *Romanian Journal of Legal Medicine*, *19*(2), 115-124.

Omorou, Y. A., Erpelding, M.-L., Escalon, H., & Vuillemin, A. (2013). Contribution of taking part in sport to the association between physical activity and quality of life. *Quality of Life Research*, *22*(8), 2021-2029.

Onis, M. d., Onyango, A. W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C., & Siekmann, J. (2007). Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World health Organization*, *85*(9), 660-667.

Organization, W. H. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic.

Organization, W. H. (2009). *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. World Health Organization.

Organization, W. H. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud.

Organization, W. H. (2018). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization.

Organization, W. H. (2020). WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: web annex: evidence profiles.

Organization, W. H. (2021). *WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) Report on the fourth round of data collection, 2015–2017*.

Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, *32*(1), 1-11.

Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Labayen, I., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2018). The Fat but Fit paradox: what we know and don't know about it. In (Vol. 52, pp. 151-153): BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine.

Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *British Medical Journal*, *345*, e7279.

P

PASOS, E. (2019). Resultados principales del estudio 2019 sobre actividad física, los estilos de vida y la obesidad de la población española de 8 a 16 años. *Gasol Foundation*.

Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M., & Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, *17*(2), 117-133.

Pietrobelli, A., Faith, M. S., Allison, D. B., Gallagher, D., Chiumello, G., & Heymsfield, S. B. (1998). Body mass index as a measure of adiposity among children and adolescents: A validation study. *The Journal of Pediatrics*, *132*(2), 204-210.

Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I., . . . Kho, M. E. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *41*(6), S197-S239.

Pozuelo-Carrascosa, D. P., Martínez-Vizcaíno, V., Torres-Costoso, A., Martinez, M. S., Rodríguez-Gutiérrez, E., & Garrido-Miguel, M. (2022). "Fat but Fit" Paradox and Cardiometabolic Risk in Children: The Role of Physical Activity. *Childhood Obesity*.

Prieto, J. L., Barbería, E., Ortega, R., & Magaña, C. (2005). Evaluation of chronological age based on third molar development in the Spanish population. *International Journal of Legal Medicine*, *119*(6), 349-354.

Pérez-Farinós, N., López-Sobaler, A. M., Dal Re, M. Á., Villar, C., Labrado, E., Robledo, T., & Ortega, R. M. (2013). The ALADINO Study: A National Study of Prevalence of Overweight and Obesity in Spanish Children

in 2011. *BioMed Research International*, 1-7.

R

Rai, B., Kaur, J., & Jafarzadeh, H. (2010). Dental age estimation from the developmental stage of the third molars in Iranian population. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, *17*(6), 309-311.

Ramos-Álvarez, O., Arufe-Giráldez, V., Cantarero-Prieto, D., & Ibáñez-García, A. (2021). Impact of SARS-CoV-2 Lockdown on Anthropometric Parameters in Children 11/12 Years Old. *Nutrients*, *13*(11), 4174.

Reisberg, K., Riso, E.-M., & Jürimäe, J. (2021). Physical fitness in preschool children in relation to later body composition at first grade in school. *Plos One*, *16*(1), e0244603.

Roche, A. F. (1992). *Growth, maturation, and body composition: the Fels Longitudinal Study 1929-1991*. Cambridge University Press.

Romero-Robles, M. A., Ccami-Bernal, F., Ortiz-Benique, Z. N., Pinto-Ruiz, D. F., Benites-Zapata, V. A., & Casas Patiño, D. (2022). Adherence to Mediterranean diet associated with health-related quality of life in children and adolescents: a systematic review. *BMC Nutrition*, *8*(1), 1-17.

Román-Viñas, B., Serra-Majem, L., Ribas-Barba, L., Ngo, J., García-Álvarez, A., Wijnhoven, T. M. A., . . . De Groot, L. C. P. G. M. (2009). Overview of methods used to evaluate the adequacy of nutrient intakes for individuals and populations. *British Journal of Nutrition*, *101*(S2), S6-S11.

Rowland, T. W. (1990). Developmental Aspects of Physiological Function Relating to Aerobic Exercise in Children. *Sports Medicine*, *10*(4), 255-266.

Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., Artero, E. G., Ortega, F. B., Sjöström, M., Suni, J., & Castillo, M. J. (2009). Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, *43*(12), 909-923.

Ruiz, J. R., Castro-Piñero, J., España-Romero, V., Artero, E. G., Ortega, F. B., Cuenca, M. M., . . . Mora, J. (2011). Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine*, *45*(6), 518-524.

Ruiz, J. R., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2006). Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. *The Journal of Hand Surgery*, *31*(8), 1367-1372.

Ruiz-Ariza, A., Grao-Cruces, A., de Loureiro, N. E. M., & Martinez-Lopez, E. J. (2017). Influence of physical fitness on cognitive and academic performance in adolescents: A systematic review from 2005–2015. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *10*(1), 108-133.

Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S., & Martínez-López, E. J. (2017). The effect of cooperative high-intensity interval training on creativity and emotional intelligence in secondary school: A randomised controlled trial. *European Physical Education Review*, *25*(2), 355-373.

S

Sawyer, S. M., Azzopardi, P. S., Wickremarathne, D., & Patton, G. C. (2018). The age of adolescence. *The Lancet Child & Adolescent Health*, *2*(3), 223-228.

Schröder, H., Mendez, M. A., RIBAS-BARBA, L., COVAS, M. I., & SERRA-MAJEM, L. (2010). Mediterranean diet and waist circumference in a representative national sample of young Spaniards. *International Journal of Pediatric Obesity*, *5*(6), 516-519.

Sclosserberger, N., Turner, R., & Irwin, C. (1992). Validity of self-report pubertal maturation in early adolescence. *Journal of Adolescent Health*, *13*, 109-113.

Serra-Majem, L., García-Closas, R., Ribas, L., Pérez-Rodrigo, C., & Aranceta, J. (2001). Food patterns of Spanish schoolchildren and adolescents: The enKid Study. *Public Health Nutrition*, *4*(6a), 1433-1438.

Serra-Majem, L., Ribas, L., Ngo, J., Ortega, R. M., García, A., Pérez-Rodrigo, C., & Aranceta, J. (2004). Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutrition*, *7*(7), 931-935.

Serra-Majem, L., Roman, B., & Estruch, R. (2006). Scientific evidence of interventions using the Mediterranean diet: a systematic review. *Nutrition Reviews*, *64*(suppl_1), S27-S47.

Shi, X., Tubb, L., Fingers, S. T., Chen, S., & Caffrey, J. L. (2013). Associations of physical activity and dietary behaviors with children's health and academic problems. *Journal of School Health*, *83*(1), 1-7.

Silva, A. M., Fields, D. A., & Sardinha, L. B. (2013). A PRISMA-driven systematic review of predictive equations for assessing fat and fat-free mass in healthy children and adolescents using multicomponent molecular models as the reference method. *Journal of Obesity*, *2013*.

Sofi, F., Abbate, R., Gensini, G. F., & Casini, A. (2010). Accruing evidence on benefits of adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *92*(5), 1189-1196.

Sofi, F., Cesari, F., Abbate, R., Gensini, G. F., & Casini, A. (2008). Adherence to Mediterranean diet and health status: meta-analysis.

British Medical Journal, *337*(sep11 2), a1344-a1344.

Soltani, S., Jayedi, A., Shab-Bidar, S., Becerra-Tomás, N., & Salas-Salvadó, J. (2019). Adherence to the Mediterranean diet in relation to all-cause mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *Advances in Nutrition*, *10*(6), 1029-1039.

St-Louis-Deschênes, M., & Ellemberg, D. (2013). Acute exercise and cognitive performance in children and adolescents. *Science & Sports*, *28*(2), 57-64.

Steffl, M., Chrudimsky, J., & Tufano, J. J. (2017). Using relative handgrip strength to identify children at risk of sarcopenic obesity. *PloS One*, *12*(5), e0177006.

Sureda, A., Bibiloni, M. D. M., Julibert, A., Bouzas, C., Argelich, E., Llompart, I., . . . Tur, J. A. (2018). Adherence to the mediterranean diet and inflammatory markers. *Nutrients*, *10*(1), 62.

T

Tambalis, K. D., Panagiotakos, D. B., Psarra, G., & Sidossis, L. S. (2019). Concomitant Associations between Lifestyle Characteristics and Physical Activity Status in Children and Adolescents. *Journal of Research in Health Sciences, 19*(1), e00439.

Tanner, J. M. (1962). Growth at adolescence.

Tanner, J. M. (1981). *A history of the study of human growth*. Cambridge university press.

Thivel, D., Verney, J., Miguet, M., Masurier, J., Cardenoux, C., Lambert, C., . . . Pereira, B. (2018). The accuracy of bioelectrical impedance to track body composition changes depends on the degree of obesity in adolescents with obesity. *Nutrition Research*, *54*, 60-68.

Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., . . . Léger, L. (2017). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*, *51*(21), 1545-1554.

Tremblay, M. S., Barnes, J. D., González, S. A., Katzmarzyk, P. T., Onywera, V. O., Reilly, J. J., & Tomkinson, G. R. (2016). Global matrix 2.0: report card grades on the physical activity of children and youth comparing 38 countries. *Journal of Physical Activity and Health*, *13*(s2), S343-S366.

U

Ubago-Guisado, E., Mata, E., Sánchez-Sánchez, J., Plaza-Carmona, M., Martín-García, M., & Gallardo, L. (2017). Influence of different sports on fat mass and lean mass in growing girls. *Journal of Sport and Health Science*, *6*(2), 213-218.

Ushio, K., Mikami, Y., Obayashi, H., Fujishita, H., Fukuhara, K., Sakamitsu, T., . . . Adachi, N. (2021). Decreased Muscle-to-Fat Mass Ratio Is Associated with Low Muscular Fitness and High Alanine Aminotransferase in Children and Adolescent Boys in Organized Sports Clubs. *Journal of Clinical Medicine*, *10*(11), 2272.

V

Valenzuela, P. L., Pinto-Escalona, T., Lucia, A., & Martínez de Quel, Ó. (2022). Academic performance and psychosocial functioning in European schoolchildren: The role of cardiorespiratory fitness and weight status. *Pediatric Obesity*, *17*(2), e12850.

Vicente-Rodríguez, G., Ara, I., Perez-Gomez, J., Dorado, C., & Calbet, J. (2005). Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *British Journal of Sports Medicine*, *39*(9), 611-616.

Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Martín-Matillas, M., Moreno, L. A., Wärnberg, J., Redondo, C., . . . Bueno, M. (2008). Television watching, videogames, and excess of body fat in Spanish adolescents: The AVENA study. *Nutrition*, *24*(7), 654-662.

W

Wacharasindhu, S., Pri-Ngam, P., & Kongchonrak, T. (2002). Self-assessment of sexual maturation in Thai children by Tanner photograph. *Journal of the Medical Association of Thailand= Chotmaihet Thangphaet*, *85*(3), 308-319.

Wang, Z.-M., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *56*(1), 19-28.

Westerterp, K. (2018). Changes in physical activity over the lifespan: impact on body composition and sarcopenic obesity. *Obesity Reviews*, *19*, 8-13.

Williams, R. L., Cheyne, K. L., Houtkooper, L. K., & Lohman, T. G. (1988). Adolescent self-assessment of sexual maturation: effects of fatness classification and actual sexual maturation stage. *Journal of Adolescent Health Care*, *9*(6), 480-482.

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN GENERAL

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

REFERENCIAS

ANEXOS

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

APÉNDICE

SOBRE EL AUTOR

ANEXOS

[ANNEXS]

Anexo 1.

Consentimiento informado para los participantes y familias

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN

Título del Proyecto: PROTOCOLO ACTIVE HEALTH SPORTEC

D./Dña_____mayor de edad, con domicilio en_____ C/_____con fecha de nacimiento_____ y con DNI nº _____,como madre, padre, tutor legal o representante legal del menor, responsable de la patria potestad única o compartida, por medio del presente escrito,

Consiente la participación de _____,de_____años de edad, en las actividades, pruebas y test relacionadas con el protocolo *Active Health Sportec*, que se llevarán a cabo en el proyecto de evaluación físico-nutricional infantil de los alumnos y las alumnas de escuelas deportivas de _____, descrito en el anexo a este consentimiento.

Manifiesta que ha sido convenientemente informado por los responsables del Área de Deportes de _____, siendo éste el responsable y promotor de este proyecto, sobre las actividades que se van a realizar y ha resuelto todas sus dudas. Manifiesta ser conocedor de que el riesgo de llevar a cabo estas actividades es similar al riesgo de desarrollar ejercicio o actividades deportivas habituales. Durante todo el desarrollo de las pruebas que componen el protocolo se le pedirá que realicen los ejercicios dentro de su zona de confort. Si, como consecuencia de la realización de las pruebas se sufriera cualquier problema o lesión, el personal técnico e investigador de IGOID únicamente está autorizado a solicitar atención médica. Posteriormente, será usted mismo quien deberá buscar tratamiento a su propio médico si lo necesitara.

Además, de forma extraordinaria y debido a la situación actual de alarma con por el coronavirus SARS-CoV2 (CVOID-19), declara que el participante:

- No está diagnosticado de infección por coronavirus SARS-CoV2.
- No haber tenido en las últimas semanas síntomas relacionados con la infección de coronavirus SARS-CoV-2, incluyendo temperatura corporal por encima de 37 grados, tos, disnea, somnolencia, mialgias, dolor de cabeza, alteraciones del olfato y gusto (anosmia, ageusia) ni alteraciones dermatológicas.
- No haber tenido en la última semana contactos de riesgo con personas susceptibles de padecer infección por coronavirus SARS-CoV-2.

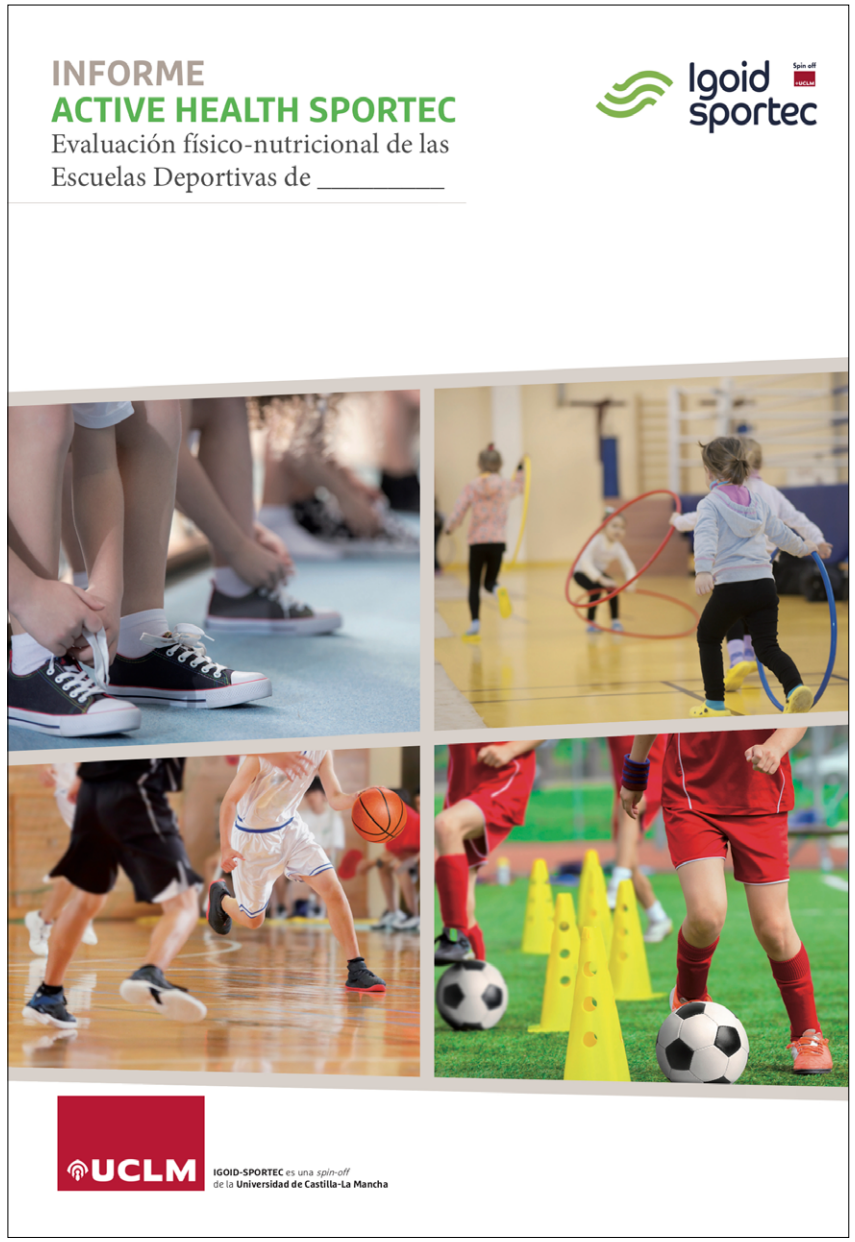
Igualmente, afirma que ha sido también informado de que los datos personales serán protegidos e incluidos en un fichero que deberá estar de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 de 27 de abril (GDPR) y la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre (LOPDGDD) (Datos de contacto para ejercer sus derechos: info@igoidsportec.com). Además, consiente que se puedan realizar fotos o vídeos generales durante el desarrollo de las pruebas, con el único fin de promocionar la actividad. Por último, también afirma que consiente que los resultados de las actividades y pruebas sean incluidos en un informe individual que será entregado a cada participante a título personal, a través del área de Deportes del Ayuntamiento _____, así como el uso de los resultados de forma agrupada y anónima con fines de investigación y para el informe sobre condición física y hábitos nutricionales de las escuelas deportivas.

_____, a____ de_____de 202__

Fdo. D/Dña_____

Anexo 2.

Portada del informe individualizado del proyecto Active Health Sportec



Anexo 3.

Instrucciones para acceder al software

Anexo 4.

Comité de Ética de Investigación

COMPLEJO HOSPITALARIO DE TOLEDO
HOSPITAL VIRGEN DE LA SALUD
Avda. Barber, 30. 45004. Toledo. Teléfono 925 269200 ext.: 48560
e-mail.: docenciamir@sescam.jccm.es

C.E.I.C. SALIDsescam
FECHA: 17/4/2020
N.º 508

DICTAMEN DEL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA CON MEDICAMENTOS

Dña Alica Hanzeliková Pogrányivá Secretaria técnica del Comité Ético de Investigación Clínica con Medicamentos del "Complejo Hospitalario de Toledo"

CERTIFICA:

Que en este Comité, en su reunión de fecha 30 de enero de 2020, ha evaluado el proyecto:

ANÁLISIS Y RELACIÓN ENTRE CONDICIÓN FÍSICA, ESTADO ANTROPOMÉTRICO Y HÁBITOS ALIMENTICIOSY POSTURALES EN LA POBLACIÓN INFANTIL Y JUVENIL DE CASTILLA-LA MANCHA

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Samuel Manzano Carrasco

Dictamen favorable.

Presidente: Dr Rafael Cuena Boy
Vicepresidente: D. Pedro Beneyto Martín
Secretaria: Dña Alica Hanzelíková Pogrányivá
Vocales: Dr. Fernando Jiménez Torres
Dña. Manuela Martínez Camacho
Dña. María Antonia Mareque Ortega
Dr. Juan Carvajal Alonso
D. Jesús Santos del Cerro
D. Adrian Nodal de la Fuente
Dña. Inés Martínez Galán
D. Luis Fernando Viejo Lorente
Dña. Elena Carrascoso Sánchez
D David García Marco
D. Pedro Beneyto Martín
D. Antonio Martín Gimeno
D. Gonzalo Hernández Martínez
D. Antonio Dorado Colmenar

Que en dicha reunión del Comité Ético de Investigación Clínica con Medicamentos cumplió el quórum perceptivo legalmente.

Lo que firmo en Toledo, 16 de abril de 2020

Fdo: Dña Alica Hanzelíková Pogrányivá
Secretaria técnica del C.E.I.m.

COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS

Anexo 5.

Cuestionario sociodemográfico

Universidad de Castilla-La Mancha · GRUPO IGOID · Igoid sportec

Cuestionario SOCIODEMOGRÁFICO

CÓDIGO			
Nombre y apellidos			
Fecha Nacimiento		Edad	
Género	Masculino	Femenino	
Deporte principal practicado			
Deportes secundarios practicados			
Años práctica deportiva			
Horas práctica deportiva (semana)			
Horas práctica deportiva (día)			
Superficie Deportiva			
Calzado Deportivo			
¿Alguna enfermedad o lesión?	Si:	No	
Peso		**Talla**	
Dinamometría	Dominante		No dominante	
Periodos *Course Navette*			
Salto Vertical			

***¿Cuántas horas ves la televisión o juegas a videojuegos diariamente de promedio?**

0 horas 1 hora 2 horas 3 horas 4 o más horas

¿Cuántas hora dedicas a actividades deportivas fuera del colegio semanalmente?

0 horas 1 hora 2 horas 3 horas 4 o más horas

*Viñas, B., Serra, L., Ribas, L., Pérez, C., & Aranceta, J. (2003). Crecimiento y desarrollo: Actividad física. Estimación del nivel de actividad física, mediante el test corto KRECE PLUS. Resultados en la población española. *Crecimiento y desarrollo. Estudio enKid. Krece Plus. Masson, Barcelona*, 57-74.

Anexo 6.

Cuestionario adherencia a la dieta Mediterránea (test KIDMED)

Universidad de Castilla-La Mancha | GRUPO IGOID | Igoid sportec

Cuestionario Adherencia a la Dieta Mediterránea

(Test *KIDMED*)

Adherencia a la dieta mediterránea en la infancia	Puntos
Toma una fruta o un zumo natural todos los días	1
Toma una 2ª pieza de fruta todos los días	1
Toma verduras frescas (ensaladas) o cocinadas regularmente una vez al día	1
Toma verduras frescas o cocinadas de forma regular más de una vez al día	1
Consume pescado con regularidad (por lo menos 2-3 veces a la semana)	1
Acude una vez o mas a la semana a un centro de comida rápida (fast food) tipo hamburguesería	-1
Le gustan las legumbres y las toma más de 1 vez a la semana	1
Toma pasta o arroz casi a diario (5 dias o más a la semana)	1
Desayuna un cereal o derivado (pan, etc)	1
Toma frutos secos con regularidad (al menos 2-3 veces a la semana)	1
Se utiliza aceite de oliva en casa	1
No desayuna	-1
Desayuna un lácteo (yogurt, leche, etc)	1
Desayuna bollería industrial, galletas o pastelitos	-1
Toma 2 yogures y/o 40 g queso cada día	1
Toma golosinas y/o caramelos varias veces al día	-1
RESULTADO	

< 3: Dieta de muy baja calidad
4 a 7: Necesidad de mejorar el patrón alimentario para ajustarlo al modelo mediterráneo
> 8: Dieta mediterránea óptima

*Las preguntas que representan un aspecto positivo en relación con la dieta Mediterránea valen +1 puntos (en color verde claro).

*Las respuestas afirmativas en las preguntas que representan una connotación negativa en relación con la dieta Mediterránea, valen -1 punto. (en color naranja claro)

*Las respuestas negativas no puntúan (0 puntos).

Serra-Majem, L., Ribas, L., Ngo, J., Ortega, R. M., García, A., Pérez-Rodrigo, C., & Aranceta, J. (2004). Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutrition*, *7*(7), 931-935.

https://www.uclm.es/grupos/igoid info@igoidsportec.com

Anexo 7.

Tesis Doctoral en formato digital.

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN GENERAL

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

REFERENCIAS

ANEXOS

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

APÉNDICE

SOBRE EL AUTOR

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

[GRANTS, CONTRACTS AND RESEARCH STAYS]

El doctorando Samuel Manzano Carrasco, durante el comienzo de su etapa doctoral, obtuvo un contrato como *Tecnólogo en empresas y centros tecnológicos, dentro de las medidas para la retención y el retorno del talento, para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil, cofinanciadas con el Fondo Social Europeo y la Iniciativa de Empleo Juvenil, en el marco del Programa Operativo de Empleo Juvenil* [2018/5721]

Diario Oficial de Castilla-La Mancha
AÑO XXXVII Núm. 93 14 de mayo de 2018 13553

III.- OTRAS DISPOSICIONES Y ACTOS

Consejería de Educación, Cultura y Deportes

Resolución de 03/05/2018, de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, por la que se convocan ayudas para la contratación de tecnólogos en empresas y centros tecnológicos, para el año 2018, dentro de las medidas para la retención y el retorno del talento, para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantia Juvenil, cofinanciadas con el Fondo Social Europeo y la Iniciativa de Empleo Juvenil, en el marco del Programa Operativo de Empleo Juvenil (en línea con los objetivos de la RIS3). Extracto BDNS (Identif.): 397882. [2018/5721]

Extracto de la Resolución de 03/05/2018, por la que se convocan ayudas para la contratación de tecnólogos en empresas y centros tecnológicos, para el año 2018, dentro de las medidas para la retención y el retorno del talento, para jóvenes incluidos en el S.N. de Garantía Juvenil, cofinanciadas con el F.S.E. y la I.E.J., en el marco del Programa Operativo de Empleo Juvenil (en línea con los objetivos de la RIS3)

BDNS (Identif.): 397882

De conformidad con lo previsto en los artículos 17.3.b) y 20.8.a) de la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, se publica el extracto de la convocatoria cuyo texto completo puede consultarse en la Base de Datos Nacional de Subvenciones en la dirección http://www.pap.minhap.gob.es/bdnstrans/index y en el presente DOCM:

Primero. Beneficiarios

a) Empresas
b) Centros tecnológicos
c) Otras entidades públicas y privadas sin fin de lucro, con actividad acreditada en Investigación, Desarrollo e Innovación

Segundo. Objeto

Financiar la contratación de tecnólogos para conseguir un colectivo de titulados universitarios, jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil, especialmente capacitados para gestionar la I+D+I mediante una formación adecuada.

Tercero. Bases reguladoras

Orden de 09/11/2016, de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de ayudas para la contratación de tecnólogos en empresas y centros tecnológicos, dentro de las medidas para la retención y el retorno del talento, para jóvenes incluidos en el Sistema Nacional de Garantía Juvenil, cofinanciadas con el Fondo Social Europeo y la Iniciativa de Empleo Juvenil (en línea con los objetivos de la RIS3). (Publicada en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha nº 228, de 23/11/2016).

Las bases anteriores, han sido objeto de modificación mediante Orden 52/2017, de 16 de marzo (publicada en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha nº 62, de 29/03/2017)

Cuarto. Financiación

El importe máximo de la ayuda anual del contrato será de 24.514,77 euros y se destinará necesariamente a cofinanciar el salario y la cuota empresarial de la Seguridad Social de los tecnólogos contratados.

La ayuda para la formación obligatoria no podrá exceder de un importe máximo de 1.000 euros, no llegando nunca a exceder del coste real de la actuación formativa.

La entidad beneficiaria deberá asumir cualquier coste de contratación que exceda de la ayuda concedida, derivado de incrementos retributivos de los salarios de los investigadores contratados, de incrementos de la cuota empresarial de la Seguridad Social y de incrementos en las tablas salariales de los correspondientes convenios colectivos de aplicación.

El doctorando Samuel Manzano Carrasco durante este periodo de formación doctoral, ha sido beneficiario de un *Contrato predoctoral para personal investigador en formación en el marco del Plan Propio de I+D+i de la Universidad de Castilla-La Mancha, cofinanciados por el Fondo Social Europeo [2019/5964, 2019-PREDUCLM-10735]* para el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

Diario Oficial de Castilla-La Mancha
AÑO XXXVIII Núm. 119 19 de junio de 2019 23483

III.- OTRAS DISPOSICIONES Y ACTOS

Universidad de Castilla-La Mancha

Resolución de 03/06/2019, de la Universidad de Castilla-La Mancha, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria de contratos predoctorales para personal investigador en formación en el marco del Plan Propio de I+D+i, cofinanciada por el Fondo Social Europeo. [2019/5964]

La Universidad de Castilla-La Mancha (en adelante UCLM) como mayor organismo de Investigación de la Región, tiene encomendada la formación en investigación del personal titulado universitario y, por ello, fomenta la realización de tesis doctorales, haciendo pública la presente convocatoria para la selección de beneficiarios de contratos predoctorales para la formación de personal investigador.

Como recoge la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, en la sociedad actual los doctores son imprescindibles en el tejido productivo y social. La Universidad debe formar doctores y debe hacer el esfuerzo de adecuar esa formación a una sociedad que avanza en el conocimiento y la innovación, integrando en ella el saber de mujeres y hombres y la igualdad de derechos, responsabilidades y oportunidades de unas y otros. Los estudios de doctorado son un proceso de formación de la persona que le permiten adquirir y generar conocimientos y métodos de trabajo que serán imprescindibles tanto para su desarrollo personal como para realizar una contribución al tejido productivo y social. Además, la Universidad debe formar personal investigador y ha de hacerlo atendiendo tanto a las necesidades de una sociedad que demanda conocimiento e innovación para una mejora de su bienestar, como para la preparación de futuros líderes y emprendedores.

Los Estatutos de la UCLM establecen en el capítulo segundo de su Título III, la necesidad de coordinar los estudios de doctorado entre las distintas estructuras específicas que tienen encomendadas la organización de tales estudios. La resolución de 04/04/2016, de la UCLM, por la que se delega competencias en diferentes materias y órganos de la UCLM, atribuye al Vicerrectorado de Investigación y Política Científica las competencias relativas al desarrollo de la política científica, la promoción y divulgación de la investigación; en relación con el personal investigador y personal investigador en formación de la Universidad de Castilla-La Mancha y las competencias en materia de doctorado. Al amparo de dichas competencias y de la planificación de los objetivos perseguidos por esta Universidad, se establecen las bases reguladoras para la selección de beneficiarios de contratos predoctorales para la formación de personal investigador.

Esta convocatoria forma parte de las medidas incluidas en la actuación: Plan Propio de Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha 2014-2020.

Por consiguiente, es necesario convocar procedimiento, en régimen de concurrencia competitiva, para la selección de beneficiarios de contratos predoctorales para personal investigador en formación en el marco del Plan Propio de Investigación de la UCLM 2014-2020, de acuerdo a las siguientes bases.

El Fondo Social Europeo cofinancia la presente acción, en los términos previstos en el programa operativo regional contribuyendo a las prioridades de la Unión en materia de cohesión económica, social y territorial a través de la mejora de las oportunidades de empleo, la promoción de la inclusión social y la lucha contra la pobreza, la promoción de la educación, la adquisición de capacidades y el aprendizaje permanente, y la puesta en marcha de políticas de inclusión activas, sostenibles y exhaustivas.

La presente acción es cofinanciada por el Programa Operativo FSE 2014-2020 de Castilla-La Mancha a través del Eje 3 "Inversión en educación y mejora de las competencias profesionales y en el aprendizaje permanente" Prioridad de Inversión 10.2 "la mejora de la calidad, la eficacia y la accesibilidad de la educación superior, y dentro la ficha 30b a establecer para la Universidad de Castilla-La Mancha denominada Ayudas para la contratación de personal investigador (PI) en formación de carácter predoctoral".

Albacete, 3 de junio de 2019

El Rector
P.D. (Resolución de 04/04/2016,
DOCM de 08/04/2016)
El Vicerrector de Investigación y Política Científica
JOSÉ JULIÁN GARDE LÓPEZ-BREA

Además, durante el desarrollo de esta Tesis Doctoral, el doctorando ha obtenido 2 ayudas para la realización de estancias en universidades o centros de investigación en el extranjero. En 2021, se le concedió una estancia en la Universidad de Swansea (Gales, Reino Unido) en la Facultad de Ciencias e Ingeniería dentro del departamento *Sport and Exercise Sciences* así como en el *Welsh Institute of Physical Activity, Health & Sport* durante el periodo de 4 meses.

UCLM

Una manera de hacer Europa — Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Unión Europea

Resolución de 3 de febrero de 2021, de la Universidad de Castilla-La Mancha, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria de estancias en universidades y centros de investigación en el extranjero para el año 2021 en el ámbito del Plan Propio de Investigación, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) mediante expresiones de interés entre beneficiarios pertenecientes a los grupos de investigación.

La Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), como mayor organismo de Investigación de la Región, contempla en el marco de la Estrategia UCLM 2020 la mejora de su posicionamiento en el panorama internacional a través del establecimiento de redes de investigadores mediante acciones de movilidad.

Esta convocatoria forma parte de las medidas incluidas en el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha. A tal efecto, y dentro del mismo, la Universidad periódicamente publica convocatorias de ayudas para el fomento de una investigación de calidad en el seno de los grupos de investigación consolidados o emergentes que se han constituido según los criterios aprobados por la Comisión de Investigación y registrados en el Vicerrectorado de Política Científica.

La concesión de estas ayudas de apoyo a la investigación estará sujeta al cumplimiento por parte de los grupos de ciertos requisitos en cuanto a su composición y al nivel de su actividad investigadora acreditado mediante una evaluación científica.

Los grupos de investigación de la UCLM, que abarcan líneas de investigación diferentes, requieren que se les dote de financiación complementaria que permita la movilidad de sus miembros y favorezca la formación o consolidación de redes de investigación internacionales que, sin duda, repercutirán en la calidad de su investigación.

La presente acción es susceptible de cofinanciación dentro del Programa Operativo Regional Feder 2014-2020 de Castilla-La Mancha a través del Eje 1 "Potenciar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación" Objetivo Especifico 1.2.3 "Fomento y generación del conocimiento frontera y de conocimiento orientado a los retos de la sociedad, desarrollo de tecnológicas emergente" y dentro la actuación 010b3ES499002 establecida para la Universidad de Castilla-La Mancha "Fomento y generación del conocimiento frontera, desarrollo de tecnologías emergentes y de conocimiento orientado a los retos de la sociedad, en particular mediante el desarrollo de un programa de fortalecimiento de la investigación a partir de la Estrategia UCLM 2020" en un porcentaje máximo del 80% sobre los costes de la misma, conforme a la actuación FD0116000021 "Plan de fortalecimiento de la investigación a partir de la Estrategia UCLM2020, bajo la operación a establecer FD0116000021PIE003 "Plan Internacionalización y excelencia Estrategia UCLM 2020: Convocatoria ayudas PDI Estancias investigación".

No obstante lo anterior, de no incorporarse mediante su selección en la operación señalada, las actuaciones previstas en la presente Resolución son susceptibles de cofinanciación a través del programa Operativo Fondo Europeo de Desarrollo Regional 2021-2027 Castilla-La Mancha de acuerdo con el documento COM(2018)_375_2018_0196 "Propuesta de Reglamento No 2018/0196 de 29 de mayo de 2018 por el que se establecen las disposiciones comunes relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo Plus, al Fondo de Cohesión y al Fondo Europeo Marítimo y de Pesca, así como las normas financieras para dichos Fondos y para el Fondo de Asilo y Migración, el Fondo de Seguridad Interior y el Instrumento de Gestión de las Fronteras y Visados", que establece la elegibilidad de los gastos en su art. 57 a partir del 1 de enero de 2021 si el gasto se ha incurrido en una fecha anterior a la presentación del Programa Operativo, siempre y cuando las actuaciones previstas en esta convocatoria se incorporen como actuación en dicho programa y cumplan con los criterios de selección y procedimientos conforme al art. 67 del citado documento y que deberá ser aprobado por el Comité de Seguimiento.

ID. DOCUMENTO	1SXJoKru7K	Página: 1 / 9
FIRMADO POR	FECHA FIRMA	ID. FIRMA
BRIONES PEREZ ANA ISABEL	03-02-2021 14:21:11	1612358473230

1SXJoKru7K

Calle Altagracia número 50 - Ciudad Real - 13071. Tfno.: 902204100 Fax.: 902204130 - https://www.sede.uclm.es - Soporte a usuarios: https://cau.uclm.es

Copia de documento electrónico. Para verificar su autenticidad y la validez de su firma, acceda a https://www.sede.uclm.es/verificadorfirmas/uclm

Swansea University
Prifysgol Abertawe

School of Sport and Exercise Sciences
Ysgol Chwaraeon a Gwyddorau Ymarfer Corff

Sefydliad Cymru
Gwerthgredd Corfforol, Iechyd a Chwaraeon
Welsh Institute of Physical Activity, Health and Sport

Professor **Kelly Mackintosh** (PhD) director of Research Staff, chair of the Welsh Institute of Physical Activity, Health and Sport (WIPAHS) and Exercise, Medicine and Health (EMH) Research Group Lead

Certifies that,

Mr. **Samuel Manzano Carrasco** (70584856-R) from University of Castilla-La Mancha has successfully completed a University stay at Swansea University, specifically at the School of Sport and Exercise Sciences (Applied Sports, Technology, Exercise and Medicine Research Centre (A-STEM) and the Welsh Institute of Physical Activity, Health & Sport (WIPAHS) in the period from **June 01 to September 30, 2021.**

In addition, it is certified that this stay has been used successfully by Mr. Samuel Manzano-Carrasco, establishing new relationships and future collaborations both at an academic and scientific level.

For the record and have the appropriate effects, I sign this certificate in Swansea (Wales, UK) on September 30, 2021.

Faculty of Science and Engineering — Swansea University Prifysgol Abertawe — Executive Office

Kelly Mackintosh (PhD)
Director of Research Staff
Chair of the Welsh Institute of Physical Activity, Health and Sport (WIPAHS)
Exercise, Medicine and Health (EMH) Research Group Lead

Applied Sports, Technology, Exercise and Medicine Research Centre | Canolfan Ymchwil Technoleg Chwaraeon Cymhwysol, Ymarfer a Meddygaeth (A-STEM)
College of Engineering | Coleg Peirianneg
A110 Engineering East | A110 Perianneg Dwyrain
Bay Campus| Campws y Bae
Swansea University | Prifysgol Abertawe
Fabian Way | Ffordd Fabian
Swansea | Abertawe
Wales | Cymru
SA1 8EN

En 2022, se le concedió una estancia en la Universidad de Jyväskylä (Finlandia), en la Facultad de Ciencias del Deporte y la Salud, durante el periodo de 3 meses.

Universidad de Castilla-La Mancha

Resolución de 18 noviembre de 2021, de la Universidad de Castilla-La Mancha, por la que se establecen las bases reguladoras y la convocatoria de estancias en universidades y centros de investigación en el extranjero para el año 2022

La Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), como mayor organismo de investigación de la región, contempla la mejora de su posicionamiento en el panorama internacional a través del establecimiento de redes de investigadores mediante acciones de movilidad.

Esta convocatoria forma parte de las medidas incluidas en el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Castilla-La Mancha. A tal efecto, y dentro del mismo, la Universidad periódicamente publica convocatorias de ayudas para el fomento de una investigación de calidad.

Por consiguiente, es necesario convocar procedimiento, en régimen de concurrencia competitiva, para la selección de beneficiarios pertenecientes a los grupos de investigación consolidados y emergentes de la UCLM que potencien la investigación científica conforme a la Estrategia de Especialización RIS3 de Castilla-La Mancha para sus diferentes líneas de investigación que afectan al funcionamiento del servicio público de la educación superior que tiene encomendado la Universidad, para la realización de estancias en universidades y centros de investigación extranjeros. La convocatoria se efectúa para el 2022, con sujeción a las siguientes bases.

BASES DE LA CONVOCATORIA

Primera.- Objeto y ámbito de aplicación de estas ayudas

1.- El objeto de estas ayudas es la de fortalecer los grupos de investigación consolidados y emergentes conforme a la Estrategia de Especialización RIS3 de Castilla-La Mancha para las diferentes líneas de investigación.

2. El ámbito de aplicación se materializa en una financiación complementaria que permita la formación de redes internacionales de investigadores para el fomento de una investigación de excelencia realizando estancias en otros centros de investigación.

Segunda.- Requisitos de los solicitantes

1.- A las ayudas de esta convocatoria puede optar el personal docente e investigador (PDI) con dedicación a tiempo completo en la Universidad de Castilla-La Mancha (funcionarios, contratados doctores, contratados doctores interinos, colaboradores, profesores ayudantes doctores y ayudantes); personal investigador (PI) con dedicación a tiempo completo en la Universidad de Castilla-La Mancha; personal investigador en formación (FPI, FPU, JCCM y UCLM) a partir del segundo año de contrato laboral en la Universidad de Castilla-La Mancha e investigador postdoctoral (Beatriz Galindo, Ramón&Cajal, Marie Curie, Juan de la Cierva, Investigador distinguido e investigador del Plan Propio de la UCLM y de acceso al SECTI).

Tercera.- Plazo de presentación de las solicitudes

Se contemplan dos periodos para la presentación de solicitudes:

1.- Para las estancias cuya fecha de inicio esté comprendida entre el 15 de enero de 2022 y el 30 de junio de 2022, el plazo de presentación de solicitudes será de 10 días hábiles desde la publicación del extracto de esta convocatoria en el *Diario Oficial de Castilla-La Mancha*.

2.- El segundo plazo incluirá estancias entre el 1 de julio y el 31 de diciembre de 2022. Para estas últimas, el plazo de presentación de solicitudes será del 19 al 30 de abril de 2022.

Cuarta.- Formalización de las solicitudes

1.- La presentación de la solicitud se realizará exclusivamente a través de la aplicación de convocatorias de la UCLM disponible en la siguiente dirección:

ID. DOCUMENTO	RVPZXN9xxd		Página: 1 / 6
FIRMADO POR		FECHA FIRMA	ID. FIRMA
BRIONES PEREZ ANA ISABEL		18-11-2021 12:08:16	1637233698502

RVPZXN9xxd

Calle Altagracia número 50 - Ciudad Real - 13071. Tfno.: 926295300 Fax.: 926295301 - https://www.sede.uclm.es - Soporte a usuarios: https://cau.uclm.es

Copia de documento electrónico. Para verificar su autenticidad y la validez de su firma, acceda a https://www.sede.uclm.es/verificadorfirmas/uclm

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

FACULTY OF SPORT AND HEALTH SCIENCES

30.6.2022

TO CERTIFICATE SAMUEL MANZANO CARRRASCO (PHD STUDENT) RESEARCH STAY AT UNIVERSITY OF JYVÄSKYLA

Dr. Eero A. Haapala, PhD certifies that **Samuel Manzano Carrasco** (70584586R) has successfully completed his research visit as a visiting doctoral student at the University of Jyväskylä (Faculty of Sport and Health Sciences) from **03rd April 2022 to 03rd July 2022** (three months).

During this time at the University of Jyväskylä, Samuel had worked under my supervision. He had participated and collaborated in a data collection of an ongoing study on the effects of exercise on brain and vascular function in children and adolescents to develop research project skills. Furthermore, he had collaborated in the development of other projects that we are working on aiming to promoting the practice of physical activity, physical fitness and physical education in youth. In addition, Samuel had worked on two different manuscripts in relation to physical fitness, body composition and physical activity that will be published in JCR journals. Finally, he had learnt about the PETE system in Finland and was able to visit an educational centre.

Samuel has been very productive during these three months at the University of Jyväskylä, developing his skills as a researcher, as well as advancing the progress of this international thesis doctoral.

It is certified that this stay has been used successfully by Samuel, establishing new relationships and future collaborations both at an academic and scientific level.

I sign this certificate in Jyväskylä (Finland) on June 30, 2022, for the record and have the appropriate effects.

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO · AMICA VERITAS ·

Eero A. Haapala, PhD
Senior Lecturer in Sports & Exercise Medicine
Faculty of Sport and Health Sciences
University of Jyväskylä
PO Box 35 (VIV 247) 40014, Finland

E-mail: eero.a.haapala@jyu.fi
Tel: (014) 260 1211
Fax: (014) 260 1021
University of Jyväskylä
P.O.Box 35
FI-40014 University of Jyväskylä
www.jyu.fi

AGRADECIMIENTOS
RESUMEN
INTRODUCCIÓN GENERAL
JUSTIFICACIÓN
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS
METODOLOGÍA
RESULTADOS
DISCUSIÓN
CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES
LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
OTRAS APORTACIONES RELEVANTES
REFERENCIAS
ANEXOS
BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN
APÉNDICE
SOBRE EL AUTOR

APÉNDICE

[APPENDIX]

	REVISTA	FACTOR DE IMPACTO
Artículo I	Nutrients Ranking in 2021 ISI JCR: 15/90 (Nutrition & Dietetics)	6.706 (Q1)
Artículo II	International Journal of Environmental Research and Public Health Ranking in 2021 ISI JCR: 45/182 (Public, Environmental & Occupational Health)	4.614 (Q1)
Artículo III	European Journal of Public Health Ranking in 2021 ISI JCR: 49/182 (Public, Environmental & Occupational Health)	4.424 (Q2)
Artículo IV	International Journal of Environmental Research and Public Health Ranking in 2021 ISI JCR: 45/182 (Public, Environmental & Occupational Health)	4.614 (Q1)
Artículo V	Submitted	Pending

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

INTRODUCCIÓN GENERAL

JUSTIFICACIÓN

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

METODOLOGÍA

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIONES PRINCIPALES

LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

OTRAS APORTACIONES RELEVANTES

REFERENCIAS

ANEXOS

BECAS, CONTRATOS Y ESTANCIAS DE INVESTIGACIÓN

APÉNDICE

SOBRE EL AUTOR

SOBRE EL AUTOR

[ABOUT THE AUTHOR]

SOBRE EL AUTOR

[ABOUT THE AUTHOR]

Samuel Manzano Carrasco nació el 05 de mayo de 1994 en Alcázar de San Juan (Ciudad Real, España). Actualmente reside en *El Lugar de la Mancha*, Argamasilla de Alba, donde cursó su etapa de educación primaria (C.E.I.P. Divino Maestro) y educación secundaria obligatoria (I.E.S. Vicente Cano) finalizando en el curso académico 2011-2012.

Tras la realización con una nota favorable en las Pruebas de Acceso a Estudios de Grado (PAEG, antigua PAU y en la actualidad, EvAU), comenzó en el 2012 sus estudios universitarios en la Facultad de Educación de Ciudad Real de la Universidad de Castilla-La Mancha. Después de cuatro años, en el 2016, se graduó como Maestro de Educación Primaria con Mención en Educación Física, y tenía claro que tenía que seguir aprendiendo, formándose y creciendo. Por ello, decidió continuar sus estudios, realizando el Máster Universitario Oficial en Investigación y Docencia en Ciencias de la Actividad Física y Salud en la Universidad de Jaén (Andalucía, España). Allí siguió ampliando sus conocimientos en torno a la Educación, Educación Física, Ciencias de la actividad y el deporte, así como la salud. Es aquí, cuando tiene la oportunidad de entrar a formar parte del Grupo de investigación Actividad Física Aplicada a la Educación y Salud (Grupo AFAES) dirigido por el Dr. Emilio J. Martínez López, en el cual comienza a desarrollar su trabajo de investigación para el desarrollo de su Trabajo Fin de Máster. En el 2017, obtuvo su titulación oficial, siendo finalista a los mejores trabajos Fin de Máster en la Universidad de Jaén.

Tras la finalización con éxito de su etapa de Máster, en el curso 2017-2018 decidió comenzar una nueva etapa inscribiéndose al programa de doctorado en "Innovación Didáctica y Formación del Profesorado" de la Universidad de Jaén. Como miembro del Grupo AFAES, comienza su proyecto de investigación, participa y asiste presencialmente a congresos internacionales y continúa colaborando activamente en diferentes proyectos. Sin embargo, en septiembre del 2018, tras una decisión muy reflexionada, decide finalizar esta etapa comenzada en Jaén para volverse otra vez a su tierra, a Castilla-La Mancha. Esto se debe a la obtención de una de las ayudas para la contratación de tecnólogos en empresas y centros tecnológicos, convocadas por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, dentro de las medidas para la retención y el retorno del talento, cofinanciadas con el Fondo Social Europeo y la Iniciativa de Empleo Juvenil, en el marco del Programa Operativo de Empleo Juvenil.

Desde ese momento, comienza a formar parte de IGOID-SPORTEC (*spin-off* de la Universidad de Castilla-La Mancha) así como del Grupo de Investigación en la Gestión de Organizaciones e Instalaciones Deportivas (Grupo IGOID) de la Facultad de Ciencias de Toledo de la Universidad de Castilla-La Mancha, dirigido por la Dr. Leonor Gallardo. Además, quiere continuar con la investigación y se inscribe en el programa de Doctorado en Investigación Sociosanitaria y de la Actividad Física. Tras apenas un año y medio, en noviembre del 2019, renuncia a este contrato debido a la obtención de uno de los contratos predoctorales para personal investigador en formación (FPI) en el marco del Plan Propio de I+D+i, cofinanciada por el Fondo Social Europeo. A partir de ese momento, se adhiere al Departamento de Actividad Física y Ciencias del Deporte de la Facultad de Ciencias del Deporte de Toledo y comienza a desarrollar su Tesis Doctoral bajo la dirección de la Dra. Leonor Gallardo Guerrero, y los co-directores el Dr. Jorge Fernando Garcia Unanue y el Dr. Javier Sánchez Sánchez.

Durante este tiempo y gracias al contrato FPI, ha desarrollado labores docentes, ha participado en diferentes proyectos, y ha realizado dos estancias de movilidad internacional: (1) Universidad de Swansea (Gales, Reino Unido) en la Facultad de Ciencias e Ingeniería, dentro del *Sport and Exercise Sciences department* así como en el *Welsh Institute of Physical Activity, Health & Sport* en el año 2021; (2) Universidad de Jyväskylä (Finlandia), en la Facultad de Ciencias del Deporte y la Salud en el año 2022. Además, y dada su gran afición y pasión por el fútbol, en el año 2020, logró obtener la titulación de entrenador de fútbol Profesional (UEFA PRO) a través de la escuela de entrenadores de la Federación de Fútbol de Castilla-La Mancha, teniendo la oportunidad también de titularse como "Formador de Entrenadores de Fútbol" por la Escuela Nacional de Entrenadores de la Real Federación Española de Fútbol. Asimismo, fruto de su constancia e interés por conocer y aprender de otras áreas, en el año 2022, ha conseguido la acreditación otorgada por FIFA y World Rugby, como técnico para la evaluación de las propiedades mecánicas de las superficies deportivas de césped artificial.

También, en estos últimos años ha sido responsable y coordinador de diferentes proyectos relacionados con la promoción del fitness y la salud a través de la actividad física y las nuevas tecnologías. Gracias a estos proyectos, se ha conseguido ser reconocidos a nivel nacional en los XIV Premios Estrategia NAOS 2020, dentro de la categoría "A la promoción de la práctica de la actividad física en el ámbito familiar y comunitario". En esta línea, también ha colaborado en la entrada del Grupo IGOID y la Universidad de Castilla-La Mancha como miembros de la Red Europea para el fomento de la actividad física beneficiosa para la salud (HEPA) de la Organización Mundial de la Salud. En este año 2022, finaliza esta etapa, en la que la investigación y el trabajo desarrollado a lo largo de todo este periodo se encuentra reflejado en esta Tesis Doctoral con mención Internacional titulada "Análisis y relación de la actividad física y práctica deportiva con la condición física, composición corporal y hábitos nutricionales en niños y adolescentes".

...serás capaz de llegar tan lejos
como seas capaz de soñar que llegas.