



**Universitat**  
de les Illes Balears

**TESIS DOCTORAL**

**2016**

**LA PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO A  
TRAVÉS DE LAS APLICACIONES MÓVILES Y SU  
IMPACTO SOBRE LA SALUD EN PERSONAS DE  
EDAD AVANZADA**

Presentada por

**Adrià Muntaner Mas**





**Universitat**  
de les Illes Balears

**TESIS DOCTORAL**

**2016**

**LA PRESCRIPCIÓN DE EJERCICIO FÍSICO A  
TRAVÉS DE LAS APLICACIONES MÓVILES Y SU  
IMPACTO SOBRE LA SALUD EN PERSONAS DE  
EDAD AVANZADA**

Tesis doctoral para optar al grado de  
Doctor por la Universitat de les Illes Balears

Doctorado en Educación: Primera Infancia, Menores y Familia

Presentada por

**Adrià Muntaner Mas**

Directores de la Tesis

**Dr. Pere Palou Sampol**

**Dr. Josep Vidal Conti**



**A mi madre,**  
**A mi hermana,**



## **AGRADECIMIENTOS**

Esta Tesis se ha llevado a cabo a través de un proyecto de investigación diseñado por el Área de Educación Física y Deportiva, del Departamento de Pedagogía y Didácticas Específicas (Universidad de las Islas Baleares).

La realización de esta Tesis ha sido posible gracias a la participación de las personas de edad avanzada que han contribuido al desarrollo de este trabajo a través de su incondicional colaboración en la intervención.

Gracias a la inmensurable ayuda científica, laboral y sobre todo humana del grupo de investigación GICAFE, por acogerme y enseñarme *“que si camino solo iré más rápido, pero si camino acompañado llegaré más lejos”*. Y en especial, gracias a:

**Pere Palou**, por todo el soporte que me has brindado, aun sabiendo que mi deuda es imposible que quede saldada. Gracias por actuar en todo momento como un padre dentro del ámbito universitario. Mis futuros esfuerzos se encaminarán para saldar la inconmensurable deuda.

**Josep Vidal**, por enseñarme lo que significa el tesón, el rigor y la excelencia. Por dejarme seguir tus huellas y confiar ciegamente en mí, así como por tu absoluto e ilimitado apoyo en todos los pasos que he dado, actuando como si fueras mi hermano mayor. Esta Tesis lleva tu nombre gravado en cada una de sus páginas.

**Jaume Cantallops, Xavier Ponseti y Pere Antoni Borràs**, por sus acertados consejos y constantes sugerencias durante este proceso tan complejo. Por hacerme sentir orgulloso de pertenecer a este equipo.

**Francisco Ortega**, por darme la posibilidad de trabajar en tu equipo. Por ese derroche de información que nadie como tú es capaz de transmitir cuando habla, y sobre todo por tu humildad.

Al grupo de investigación **PROFITH** por acogerme con gran hospitalidad durante mis estancias y por enseñarme que la investigación puede ser muy divertida.

A nivel personal son muchos los agradecimientos que podría destacar, pero en especial me gustaría agradecer a:

Mi **madre**, porque esta Tesis es el reflejo de ella, de su voluntad y constancia. Por saber encauzar mi destino, llenándolo de alegrías y facilidades, afrontando con nota los retos que injustamente nos ha plantado la vida.

Mi **hermana**, por haberte convertido en uno de los puntales más cruciales en todos los ámbitos de mi vida. Por priorizar siempre mis intereses por delante de los tuyos. Mis logros siempre reflejarán tus virtudes.

Mi compañera de vida **Anuchi**, por enseñarme que “*la curiosidad vence al miedo más fácilmente que el valor*”. Por avivar sin aliento esa curiosidad, cada momento, cada viaje y cada experiencia.

## RESUMEN

El envejecimiento activo y saludable se ha convertido en una de las prioridades en la agenda de los organismos de salud pública. La actividad física juega un papel crucial en la mejora de la salud. En la última década, las capacidades técnicas de la telefonía móvil han evolucionado enormemente mostrando su aptitud para prescribir ejercicio físico. La escasa evidencia científica en este sentido muestra la necesidad de confirmar este potencial mediante ensayos controlados bien diseñados.

El objetivo de la presente Tesis es estudiar si la prescripción de ejercicio físico, a través de la telefonía móvil, es viable y efectiva para producir cambios sustancialmente positivos en la condición física, en los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares y en los niveles de adiposidad en personas  $\geq 55$  años.

Los principales componentes de la condición física, los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular y los niveles de adiposidad fueron medidos.

Los principales resultados y conclusiones fueron: I) La mayoría de trabajos publicados en la literatura científica, que han utilizado las aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio físico, son estudios pilotos o de viabilidad en los cuales se muestran metodologías a prueba y resultados preliminares. II) La prescripción de ejercicio físico a través de una aplicación móvil (WhatsApp) es viable. III) Un ensayo controlado basado en un programa de ejercicio físico y prescrito a través de una aplicación móvil aumenta de forma no significativa la fuerza muscular, la capacidad aeróbica y el equilibrio en personas  $\geq 55$  años. IV) Los efectos de un programa de ejercicio físico dirigido, sobre la condición física y los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, tienen un impacto más positivo sobre la salud que si el mismo programa se prescribe a través de una aplicación móvil en personas  $\geq 55$  años.

La prescripción de ejercicio físico a través de las aplicaciones móviles podría ser efectiva como parte de una intervención multicomponente, pero no de forma aislada.

**Palabras clave:** condición física, adiposidad, factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, aplicación móvil, ejercicio físico, adultos, personas de edad avanzada.



## RESUM

L'envelliment actiu i saludable s'ha convertit en una de les principals prioritats de l'agenda dels organismes de salut pública. L'activitat física juga un paper crucial en la millora de la salut. En la darrera dècada, les capacitats tècniques de la telefonia mòbil han evolucionat enormement mostrant la seva aptitud per prescriure exercici físic. L'escassa evidència científica en aquest sentit mostra la necessitat de confirmar aquest potencial a través d'assajos controlats ben dissenyats.

L'objectiu de la present Tesi és estudiar si la prescripció d'exercici físic, a través de la telefonia mòbil, es viable i efectiva per produir canvis substancialment positius en la condició física, en els factors de risc de les malalties cardiovasculars i en els nivells d'adipositat en persones  $\geq 55$  anys.

Els principals components de la condició física, els factors de risc de malaltia cardiovascular i els nivells d'adipositat varen ser mesurats.

Els principals resultats i conclusions han estat: I) La majoria de treballs publicats en la literatura científica, que han emprat les aplicacions mòbils per la prescripció d'exercici físic, són estudis pilots o de viabilitat en els quals es mostren metodologies a prova i resultats preliminars. II) La prescripció d'exercici físic a través d'una aplicació mòbil (WhatsApp) és viable. III) Un assaig controlat basat en un programa d'exercici físic i prescrit a través d'una aplicació mòbil augmenta de forma no significativa la força muscular, la capacitat aeròbica i l'equilibri en persones  $\geq 55$  anys. IV) Els efectes d'un programa d'exercici físic dirigit sobre la condició física i els factors de risc de malaltia cardiovascular tenen un impacte més positiu sobre la salut que si el mateix programa es prescriu a través d'una aplicació mòbil en persones  $\geq 55$  anys.

La prescripció d'exercici físic a través de les aplicacions mòbils podria ser efectiva com a part d'una intervenció multicomponent, però no de forma aïllada.

**Paraules clau:** condició física, adipositat, factors de risc de malaltia cardiovascular, aplicació mòbil, exercici físic, adults, persones de edat avançada.



## **ABSTRACT**

Healthy aging has become a priority in the agenda of public health. Physical activity play a crucial role in improving health. In the last decade, the technical capabilities of the mobile phone have evolved showing their ability to prescribe exercise. Previous research in this field shows the need to confirm this potential through well-designed controlled trials.

The overall objective of this Thesis is to examine whether the prescription of physical exercise through mobile phones is feasible and effective in producing positive changes in physical condition, cardiovascular disease risk factors and adiposity in people  $\geq 55$  years.

Physical fitness components, cardiovascular disease risk factors and adiposity levels were assessed.

The main findings and conclusions were: I) Mostly of the publish studies based on the prescription of physical exercise through mobile phone are pilots of feasibility studies in which are shown proof methods and preliminary results. II) The prescription of physical exercise through mobile application (WhatsApp) is feasible. III) A clinical controlled study based in physical exercise program and prescribed through mobile application increases no significantly strength levels, aerobic capacity and balance in adult's  $\geq 55$  years. IV) The effects of a physical exercise program on physical fitness and cardiovascular disease risk factors have better impact on health than if the same program is prescribed by mobile application in adult's  $\geq 55$  years.

The prescription of physical exercise via mobile phone could be effective as part of a multicomponent intervention but not in isolation.

**Keywords:** physical fitness, adiposity, cardiovascular disease risk factors, mobile application, physical exercise, adults, aged.



## LISTADO DE PUBLICACIONES

La presente memoria de Tesis está compuesta por los siguientes artículos científicos:

- I.** Muntaner-Mas A, Vidal-Conti J & Palou P. Increasing physical activity through mobile device interventions: A systematic review. *Health Informatics J.* February 2015. doi: 10.1177/1460458214567004.
  - JCR [IF: 0.565]
  
- II.** Muntaner-Mas A, Vidal-Conti J & Palou P. Whatsapp una herramienta para incrementar la salud en las personas mayores. *Trances.* 2015; 7(5):757-776.
  - CIRC [Grupo B]
  - Latindex [FI: 33]
  
- III.** Muntaner-Mas A, Palou P & Vidal-Conti J. Efectos de un programa de entrenamiento presencial vs prescripción a través de una aplicación móvil en personas mayores. *Retos.* 2016;(29):32-37.
  - CIRC [Grupo B]
  - Latindex [FI: 36]
  - IN-RESC [FI: 0.250]
  - ISI Web of Science de Thomson Reuters: ESCI (Emerging Sources Citation Index)
  
- IV.** Muntaner-Mas A, Vidal-Conti J, Borràs PA, Ortega FB & Palou P. Effects of a WhatsApp-delivered physical activity intervention to enhance health-related physical fitness components and cardiovascular disease risk factors in older adults. *J Sports Med Phys Fitness*, (in press).
  - JCR [IF: 0.972]



## CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	21
1.1 Condición física.....	22
1.1.1 Capacidad aeróbica.....	22
1.1.2 Fuerza muscular.....	24
1.1.3 Equilibrio.....	25
1.2 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular.....	26
1.3 Composición corporal.....	28
1.4 Actividad física y teléfonos inteligentes.....	30
1.5 Ejercicio físico en personas de edad avanzada.....	35
1.6 Justificación de la investigación.....	40
2. OBJETIVOS.....	41
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
3.1 Ética de los estudios.....	45
3.2 Muestra y diseño del estudio.....	45
3.3 Instrumentos de medición.....	46
3.3.1 Condición física.....	47
3.3.2 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular.....	48
3.3.3 Composición corporal.....	49
3.4 Procedimiento.....	50
3.5 Análisis estadístico.....	53
4. RESULTADOS.....	55
4.1 Artículo I.....	57
4.2 Artículo II.....	79
4.3 Artículo III.....	101
4.4 Artículo IV.....	109
5. DISCUSIÓN.....	151
5.1 Consideraciones metodológicas.....	151
5.1.1 Revisión sistemática.....	152
5.1.2 Condición física.....	152
5.1.3 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular.....	154
5.1.4 Composición corporal.....	155
5.1.5 Actividad física y teléfonos inteligentes.....	157
5.1.6 Ejercicio físico en personas de edad avanzada.....	158
5.2 Implicaciones para la salud pública.....	159
6. CONCLUSIONES.....	163
7. REFERENCIAS.....	165



## LISTADO DE ABREVIACIONES

ACSM	American College of Sports Medicine
AHA	American Heart Association
ANCOVA	Análisis de varianza
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
ECV	Enfermedad cardiovascular
eHealth	Tele-salud
EWGSOP	European Working Group on Sarcopenia in Older People
GC	Grupo control
GM	Grupo móvil
GP	Grupo presencial
GPS	Global positioning system
IMC	Índice de masa corporal
mHealth	Salud móvil
OMS	Organización Mundial de la Salud
PDA	Personal digital assistant
RM	Repetición máxima
SMS	Short message service
VO <sub>2</sub> máx	Consumo máximo de oxígeno



## 1. INTRODUCCIÓN

El gran aumento de la esperanza de vida es uno de los mayores logros de la humanidad. Por el contrario, el envejecimiento de la población mundial y los consiguientes aumentos en gasto público, salud y en atención social, son vistos como una amenaza para la estabilidad económica. Para convertir el envejecimiento saludable en una realidad, se requieren cambios en las políticas de salud pública, y éstos deben promover la realización de actividad física, entre otras medidas.<sup>1</sup> Estos motivos, nutren la necesidad de encontrar estrategias efectivas para dar respuesta a los nuevos requerimientos de las personas de edad avanzada.<sup>2</sup>

Es importante que las nuevas políticas presten atención a determinados elementos que serán cruciales para el desarrollo de intervenciones eficaces y consecuentemente para el logro de un envejecimiento más saludable. La prevalencia de sobrepeso y obesidad entre los españoles de edad avanzada es alta, observándose que la inactividad física es un factor determinante en el desarrollo de ésta.<sup>3,4</sup> Paralelamente, los niveles de condición física en los adultos mayores disminuyen con la edad,<sup>5</sup> siendo la capacidad aeróbica uno de los componentes más afectados por el proceso de envejecimiento.<sup>6</sup>

Por otro lado, la utilización de nuevos enfoques metodológicos para mejorar la salud en las personas de edad avanzada insuficientemente activas es prioritaria.<sup>7</sup> Teniendo en cuenta que los efectos directos y potenciadores de las intervenciones de actividad física realizadas a través de la telefonía móvil son similares al tamaño de los efectos encontrados en las intervenciones de actividad física planificadas en contextos clínicos,<sup>8</sup> es imprescindible la creación de políticas sinérgicas que utilicen la tecnología móvil para el incremento de la actividad física.

En esta Tesis, se examinará el impacto sobre la salud de un ensayo clínico controlado, basado en la prescripción de ejercicio físico a través de una aplicación móvil, en una muestra de personas  $\geq 55$  años y se compararán estos efectos con los cambios producidos por la prescripción presencial.

## 1.1 Condición física

El concepto de condición física hace referencia a un conjunto de cualidades que las personas tienen o logran conseguir y que les permite realizar actividad física; la condición física requiere de la capacidad aeróbica, de la resistencia, de la fuerza o la de flexibilidad, además está determinada por una combinación entre la actividad física realizada de forma regular y la genética heredada.<sup>9</sup> La condición física puede ser considerada como una medida para valorar gran parte de los sistemas del organismo (locomotor, cardiorrespiratorio, hematocirculatorio, psiconeurológico y endocrino-metabólico) que participan en la realización de actividad física y/o ejercicio físico diario.<sup>10</sup> Por lo tanto, cuando la condición física es medida, paralelamente se comprueba el estado funcional de todos estos sistemas. Esta es la razón por la cual la condición física se considera como uno de los marcadores de salud más importantes, así como un predictor de morbilidad y mortalidad por enfermedad cardiovascular (ECV) y para todas las causas de muerte.<sup>11-13</sup> A continuación se realiza una revisión de los últimos acontecimientos observados en la literatura científica que relacionan los componentes de la condición física estudiados en la presente investigación con determinadas variables de salud objeto de esta investigación.

### 1.1.1 Capacidad aeróbica

La capacidad aeróbica es el componente de la condición física que se ha estudiado con mayor detenimiento. La capacidad aeróbica es un marcador directo del estado fisiológico y refleja la capacidad total de los sistemas cardiovascular y respiratorio, así como la habilidad para realizar ejercicio físico de forma prolongada.<sup>14</sup> Múltiples términos han sido utilizados para la definición de este componente: fitness cardiovascular, fitness cardiorrespiratorio, resistencia cardiorrespiratoria, fitness aeróbico, capacidad aeróbica, potencia aeróbica, capacidad aeróbica máxima y capacidad de trabajo físico.<sup>15</sup> Otro concepto estrechamente relacionado y que es considerado como el estándar de oro para la medición de la capacidad aeróbica es el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2máx}$ ). Con mayor énfasis serán tratadas las cuestiones metodológicas sobre la medición de la capacidad aeróbica en la sección de material y métodos.

Valores elevados de la capacidad aeróbica están fuertemente relacionados con una vida más longeva en la población adulta.<sup>16-18</sup> Un metanálisis de estos estudios encontró una asociación independiente de la capacidad aeróbica respecto las distintas causas de mortalidad.<sup>11</sup> Grupos de expertos convocados por organizaciones como el Centers for Disease Control and Prevention (CDC), el American College of Sports Medicine (ACSM), el European Working Group on Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology y la American Heart Association (AHA) junto con el US Surgeon General's Report on Physical Activity and Health han sintetizado y reforzado el volumen de la evidencia científica que vincula la capacidad aeróbica con distintas medidas de salud<sup>19</sup>, y que sugieren que:

- a) La capacidad aeróbica sufre un descenso de entre el 5-15% por década.<sup>20</sup> A nivel nacional, estos datos se han ratificado con los resultados publicados por el Proyecto Exernet, en el que se observó que este componente de la condición física sufre un descenso de entre un 3% y un 9% en los diferentes grupos de edad.<sup>5</sup>
- b) Existe una fuerte evidencia que manifiesta la existencia de una significativa asociación inversa entre la capacidad aeróbica y los diversos factores de riesgo de las ECV, tales como la dislipidemia, la hipertensión, la diabetes mellitus de tipo II, en adultos mayores.<sup>21-24</sup>
- c) Un número importante de estudios epidemiológicos han demostrado que un nivel moderado o alto de capacidad aeróbica atenúa en gran medida o elimina, cualquier causa de mortalidad asociada con un alto nivel de índice de masa corporal (IMC) o adiposidad.<sup>25-29</sup>
- d) Diversas revisiones sistemáticas concluyen que la realización actividad física, concretamente la mejora de la capacidad aeróbica, es un moderador importante del deterioro cognitivo relacionado con la edad.<sup>30,31</sup> En estudios de corte transversal, se ha observado que las diferencias relacionadas con la edad en el rendimiento cognitivo entre adultos mayores y jóvenes, se ve reducida si las comparaciones involucran personas de edad avanzada con elevados niveles de capacidad aeróbica en lugar de adultos mayores sedentarios.<sup>32,33</sup> En estudios

longitudinales, los adultos mayores que participan en actividades físicas muestran menor declive cognitivo en el transcurso del tiempo. Barnes et al.<sup>34</sup> encontraron que la capacidad aeróbica predecía el rendimiento cognitivo en una serie de dominios (memoria, atención, rapidez de procesamiento y en general sobre la función mental) después de un período de seguimiento de seis años.

### 1.1.2 Fuerza muscular

La capacidad condicional de la fuerza comprende la habilidad de un músculo específico o grupo muscular de generar la fuerza o torsión, para resistir las contracciones repetidas en el tiempo o para mantener una contracción durante un periodo prolongado (resistencia muscular) y para llevar a cabo de forma máxima la contracción dinámica de un músculo o grupo muscular en un período corto de tiempo (fuerza explosiva o potencia muscular).<sup>35</sup>

En la pasada década se ha dotado un mayor reconocimiento al papel de la fuerza en el desempeño de la vida diaria y del ejercicio físico, así como en la prevención de las enfermedades crónicas.<sup>36-38</sup> Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que la debilidad muscular en las personas de avanzada y de mediana edad está fuertemente relacionada con las limitaciones funcionales y de incapacidad física.<sup>39,40</sup> Impresionantes son las conclusiones de Cheung et al.<sup>41</sup> en donde se afirma que la fuerza de prensión manual parece ser un marcador más útil de multimorbilidad que la edad cronológica, en hombres. Recientemente, se ha observado un creciente cuerpo de evidencia científica que sugiere que la fuerza muscular se asocia inversamente con todas las causas de mortalidad incluso después de ajustar los análisis por la capacidad aeróbica y otras covariables.<sup>12,42-46</sup>

Esta evidencia pone de relieve la influencia de la fuerza muscular en la salud, y ésta queda resumida en los siguientes aspectos:

- a) Se aprecia un descenso en la fuerza muscular tanto en miembros superiores como inferiores, de entre un 4,5% y un 5,5% cada cinco años; siendo el descenso más brusco en el grupo de población de entre los 75 y 84 años.<sup>5</sup>

- b) La fuerza muscular en las personas de edad avanzada se asocia inversamente con la aparición de los factores de riesgo de las ECV, tales como la obesidad<sup>47</sup>, la hipertensión,<sup>44,48</sup> el síndrome metabólico,<sup>37,49</sup> la dislipidemia<sup>50</sup> y los factores inflamatorios.<sup>51,52</sup>
- c) Recientemente se ha encontrado que la fuerza de prensión manual se asocia de forma independiente con marcadores clínicos de ciertas patologías, como la enfermedad arterial periférica,<sup>53</sup> el cáncer,<sup>54,55</sup> la insuficiencia renal<sup>56</sup> y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica.<sup>57</sup>

### 1.1.3 Equilibrio

El equilibrio es la capacidad de permanecer en posición vertical y estable cuando se está parado y/o en movimiento. El uso de un término más técnico, define el equilibrio como la capacidad de mantener la proyección del centro de gravedad corporal dentro de límites manejables de la base de sustentación, tanto de pie como sentado, o en el cambio hacia una nueva base de sustentación o incluso caminando.<sup>58</sup> Los cambios fisiológicos relacionados con la edad, incluyen entre otros, cierto deterioro cognitivo, reducciones en la fuerza muscular, disminución del rango articular, disminución del tiempo de reacción y cambios en los sistemas sensoriales. Estos factores afectan potencialmente de forma negativa al equilibrio y tienen un impacto negativo sobre la capacidad funcional de las personas de edad avanzada.<sup>59</sup>

La evidencia que recoge la relación entre el equilibrio y ciertas medidas de salud se resume en la siguiente información:

- a) La duración del test de equilibrio sobre una pierna disminuye con la edad y muchas personas mayores no pueden mantenerse con un apoyo monopodal.<sup>60</sup> Los resultados aportados por el grupo Exernet muestran que es el componente de la condición física más afectado, tanto en hombres como en mujeres, a causa del envejecimiento.<sup>5</sup>

- b) Muy poca es la evidencia científica que establece relaciones entre la falta de equilibrio y las diferentes causas de mortalidad. Dos recientes revisiones sistemáticas realizan un intento para determinar en qué grado la falta de equilibrio puede predecir la mortalidad en personas mayores.<sup>61,62</sup> En éstas se recogen varios estudios longitudinales que muestran cierta evidencia de que peores resultados en pruebas de equilibrio se asocian con mayores tasas de mortalidad.<sup>63-66</sup>
- c) Pocos son los estudios que han investigado sobre la relación entre equilibrio y el deterioro cognitivo, los resultados de estos estudios concluyen que niveles pobres de equilibrio se asocian con un mayor riesgo de demencia.<sup>67,68</sup>

A pesar de la fuerte documentación sobre la relación entre los componentes de la condición física y la salud, la inactividad física es una de las cuatro causas de mortalidad a nivel mundial. Es prioritario la necesidad de encontrar nuevos enfoques metodológicos que consigan aumentar los niveles de actividad física en la población y en consecuencia las tasas de adherencia, participación y asistencia de los programas basados en la prescripción de ejercicio físico. En este sentido las nuevas tecnologías especialmente la telefonía móvil a través de sus aplicaciones puede contribuir a la consecución de esta necesidad. El presente trabajo pretende aportar información relevante a la literatura científica acerca de los beneficios que el uso de aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio física puede ocasionar en la salud de las personas de edad avanzada.

## **1.2 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular**

Las ECV son un grupo de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos, entre ellos las cardiopatías coronarias (ataques cardíacos), las enfermedades cerebrovasculares, el aumento de la tensión arterial, las vasculopatías periféricas, las cardiopatías reumáticas, las cardiopatías congénitas y la insuficiencia cardíaca (Organización Mundial de la Salud, OMS; disponible en: [http://www.who.int/topics/cardiovascular\\_diseases/es/](http://www.who.int/topics/cardiovascular_diseases/es/)). La mayoría de ECV están causadas por factores de riesgo que pueden ser controlados,

tratados o modificados, tales como niveles elevados de presión arterial, colesterol, sobrepeso y obesidad, el consumo de tabaco, la inactividad física y la diabetes.<sup>69</sup>

El envejecimiento normal se asocia a una reducción de la distensibilidad de las arterias centrales y a una función anormal del endotelio en los vasos envejecidos. Por otra parte, el corazón de las personas mayores presenta un aumento de la masa miocárdica.<sup>70</sup> El efecto protector de la actividad física sobre el riesgo cardiovascular podría explicarse por la deceleración del proceso aterosclerótico, incluyendo la mejora de la disfunción endotelial, y la disminución de la inflamación sistémica y de la trombosis.<sup>71</sup> Elevados niveles de actividad física están relacionados con una disminución de las muertes causadas por las EVC.<sup>72</sup>

Existe una amplia documentación que avala el efecto positivo del ejercicio físico sobre los factores de riesgo de las ECV, ésta se resume:

- a) Los programas de entrenamiento basados en ejercicio aeróbico o en el aumento de la actividad física de intensidad moderada proporcionan una reducción de 4 a 10 mmHg en la presión sistólica y de 3 a 8 mmHg en la diastólica, independientemente del sexo y la edad.<sup>73</sup> Una reciente revisión sistemática afirma en sus conclusiones que el fortalecimiento muscular consigue reducciones en la presión sistólica y diastólica.<sup>74</sup>
- b) Muy poca es la evidencia científica respecto a la influencia del ejercicio en la presión arterial media.<sup>75</sup> Es posible que el ejercicio aeróbico y de fortalecimiento muscular reduzca la presión arterial media, aunque es necesario la verificación de estas afirmaciones en estudios longitudinales y de corte transversal.<sup>76</sup>
- c) Los índices de la obesidad abdominal son considerados mejores predictores de factores de riesgo de ECV que el IMC.<sup>77,78</sup> El exceso de grasa abdominal se ha asociado con un incremento de la mortalidad, con las ECV, la diabetes, la resistencia a la insulina y el síndrome metabólico.<sup>79,80</sup> Numerosos son los ensayos controlados aleatorizados que muestran los efectos de las distintas formas de ejercicio en la reducción del perímetro de circunferencia de este sector de población.<sup>81-83</sup>

- d) La disminución de la frecuencia cardíaca durante el primer minuto después de la realización de ejercicio físico, es un potente predictor de eventos cardiovasculares.<sup>84</sup> Una disminución más rápida de ésta, refleja una adaptación positiva al ejercicio y posiblemente la capacidad de mayor rendimiento en actividades de resistencia.<sup>85</sup>

### 1.3 Composición corporal

El sobrepeso y la obesidad son definidos como una acumulación anormal o excesiva de grasa y que presenta un riesgo para la salud (OMS, disponible en: <http://www.who.int/topics/obesity/es/>). En las personas mayores, los cambios en la composición corporal relacionados con la edad (disminución de la masa libre de grasa y el incremento de la masa grasa) y la pérdida de peso causada por la compresión de los cuerpos vertebrales, alteran la relación entre el IMC y el porcentaje de grasa corporal. Por lo tanto para cualquier valor de IMC, los cambios ocurridos en la composición corporal tienden a subestimar la adiposidad, mientras que la pérdida de peso tiende a sobreestimar la adiposidad.<sup>86</sup> En la actualidad existe una extensa evidencia de que la obesidad en las personas mayores aumenta el riesgo cardiometabólico, aumenta la discapacidad física, deteriora la calidad de vida, provoca disfunción sexual, causa la aparición de la incontinencia urinaria, así como la disminución de la función cognitiva y la aparición de demencia.<sup>87</sup>

Entre los 20 y 70 años, existe una disminución progresiva de la masa libre grasa de aproximadamente un 40% y un incremento de la masa grasa. Debido a la disminución de la masa muscular, la tasa metabólica basal disminuye entre 2-3% por década a partir de los 20 años, y un 4% a partir de los 50 años, esto equivale aproximadamente a 150 kcal por día. Tanto la obesidad como el envejecimiento se caracterizan por un estado inflamatorio de bajo grado y por cambios endocrinos. Este bajo grado inflamatorio conduce a la pérdida de la masa corporal magra, reduce la función inmune, produce la aparición del declive cognitivo, acelera la aterosclerosis y desencadena cierta resistencia a la insulina.<sup>88</sup>

Según los datos de un estudio de corte transversal en el cual se analizó la prevalencia de obesidad y sobrepeso en 3136 adultos  $\geq 65$  años, se señala que el 84% de la población

puede ser categorizada como obesa o con sobrepeso, además el estudio indica que el 67% de la población anciana española tiene un porcentaje de masa grasa muy elevado y más del 56% tienen elevados niveles de adiposidad abdominal y esta tendencia continúa aumentando. Por otro lado el estudio concluye que el 15% de la población presenta sarcopenia.<sup>3</sup> El European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP)<sup>89</sup> define la presarcopenia como: una situación caracterizada por niveles bajos de masa muscular; la sarcopenia como: una situación caracterizada por niveles bajos de masa muscular y/o niveles de fuerza muscular o un bajo nivel de forma física y la sarcopenia severa como: la situación en la que los tres criterios de la definición se cumplen (baja masa muscular, disminución de la fuerza muscular y bajo nivel de forma física).

La distribución de la grasa corporal cambia con la edad de tal manera que hay un aumento de la grasa visceral, que es más marcado en las mujeres que en los hombres. Además la grasa se deposita cada vez más en el músculo esquelético y en el hígado. Los niveles altos de grasa visceral son determinantes en el deterioro progresivo de la tolerancia a la glucosa.<sup>90</sup> Por lo tanto no sólo es importante la cantidad total de grasa sino la distribución de ella en el cuerpo. La grasa abdominal está más estrechamente relacionada con el riesgo de padecer varias enfermedades crónicas que la obesidad glúteo-femoral. Además amplios estudios han documentado que la circunferencia de la cintura o la relación cintura-cadera, como indicadores de la obesidad abdominal, pueden ser mejor predictores del riesgo de enfermedad que el IMC.<sup>91</sup>

Existe una relación importante entre estilos de vida sedentarios y bajos niveles de actividad física con el nivel de adiposidad en adultos mayores.<sup>3</sup> Atendiendo al incremento paulatino de la obesidad en las personas de edad avanzada parece ser que el diseño y la implementación de nuevas estrategias basadas en el ejercicio físico son inminentes para la lucha contra la adiposidad. Por lo tanto un incremento en el conocimiento científico que explique cómo nuevas intervenciones basadas en ejercicio físico influyen en la adiposidad parece ser crucial para la lucha contra esta epidemia.

## 1.4 Actividad física y teléfonos inteligentes

Las repercusiones sobre la salud provocadas por la actividad física están ampliamente documentadas en los apartados anteriores de esta Tesis.<sup>92-95</sup> Pese al conocimiento de estos beneficios la inactividad física es la cuarta causa de muerte en el mundo.<sup>96</sup> Según una revisión reciente de la prestigiosa revista “The Lancet” se afirma que los avances en medicina y en salud pública, la mejora en los niveles de vida y la reducción de la fertilidad han contribuido a la reducción de la mortalidad en muchas regiones del mundo.<sup>97</sup> Este estudio concluye afirmando que en los países con altos ingresos, la esperanza de vida a la edad de 60 años ha aumentado en las últimas décadas.

La inactividad física y el aumento de la esperanza de vida han motivado la aparición de nuevas estrategias de intervención más económicas y con mayor alcance para la prescripción de ejercicio físico.<sup>98</sup> En este sentido, el campo de la telesalud (eHealth) ha experimentado un crecimiento como paradigma que involucra conceptos relacionados con la salud y el uso de la tecnología como herramienta para los servicios de la salud.<sup>99</sup> En este contexto y gracias a los avances en las comunicaciones ha surgido un nuevo término: salud móvil (mHealth), un componente de la eHealth. El Observatorio Global de eHealth de la OMS define la salud móvil o la mHealth como “la práctica médica y de salud pública que se nutre de los dispositivos móviles, tales como los teléfonos móviles, dispositivos de monitorización de pacientes, asistentes digitales personales (PDA) y otros dispositivos inalámbricos.<sup>100</sup>

En España, la penetración de los teléfonos móviles ha llegado al 55% de la población y los propietarios de estos dispositivos dependen cada vez más de ellos. El 72% accede a Internet cada día desde su Smartphone y nunca sale de casa sin él. El uso de aplicaciones móviles es omnipresente, con unas 20 aplicaciones instaladas de media, 8 aplicaciones utilizadas en los últimos 30 días y cuatro aplicaciones pagadas de media.<sup>101</sup>

Los teléfonos móviles son atractivos particularmente para desarrollar intervenciones e incidir sobre diversas variables de salud por diversas razones: (1) existe un aumento marcado del uso del teléfono móvil, (2) la evolución constante de sus capacidades técnicas, (3) la tendencia habitual de las personas a llevar el teléfono móvil a cualquier

lugar y (4) por el apego de las personas a sus teléfono móviles.<sup>102</sup> No todas las intervenciones eHealth utilizan el mismo tipo de tecnología. Las capacidades técnicas de los teléfonos móviles son muy amplias y varían enormemente, desde los mensajes de texto (Short Message Service, SMS) al acceso a Internet y la conectividad inalámbrica con otros dispositivos.

Las características principales que presentan estos dispositivos son las siguientes:

- a) Los SMS son un servicio que permite enviar mensajes escritos de 160 caracteres a cualquier otro teléfono móvil de cualquier parte del mundo. Esta característica es una de las funciones más simples de estos dispositivos, y su uso no sólo se limita a los países desarrollados.<sup>103</sup> Este uso generalizado hace que la mensajería de texto haya sido la tecnología más usada para desarrollar intervenciones de salud. La ausencia de esfuerzo por parte del destinatario durante el envío de los SMS es una de las razones que justifica su gran aceptación para las intervenciones de salud.<sup>104</sup>
- b) Recientemente las cámaras se han convertido en una característica estándar en todos los teléfonos móviles, incluso en los más básicos. La disponibilidad constante de esta característica hace de ella una herramienta útil para la recopilación de datos relacionados con la salud. Esta función ha sido utilizada de para proveer a los profesionales de la salud de información adicional acerca de una condición, estado o comportamiento relacionado con la salud.<sup>105</sup>
- c) Una de las capacidades más importantes de los teléfonos móviles, desde el punto de vista de las intervenciones de salud, es su capacidad para conectarse a Internet desde cualquier lugar. Esta conectividad constante permite que los datos puedan almacenarse instantáneamente en los servidores de los proveedores y así analizar la información recibida y/o detectar algún problema.
- d) Casi todos los teléfonos móviles modernos tienen la capacidad para conectarse con otros dispositivos a través de Bluetooth, u otras formas. De esta forma los teléfonos móviles pueden conectarse a básculas digitales, monitores de presión arterial, medidores de glucosa, podómetros, a equipos de fitness, entre otros

sensores; actuando como receptores y almacenadores de datos. Recientemente la incorporación de acelerómetros y GPS permiten registrar niveles de actividad física, ritmos de carrera, calorías consumidas en los teléfonos móviles.<sup>106</sup>

- e) La mayoría de plataformas (iOS, Android, Symbian, Blacbery, webOS y Windows Phone) proporcionan a los desarrolladores con las interfaces de programación, las cuales se pueden utilizar para crear aplicaciones nativas con un objetivo en concreto. Numerosos investigadores y compañías comerciales han utilizado esta capacidad para crear diferentes tipos de aplicaciones relacionadas con la salud: para el autocontrol y gestión de hábitos de vida saludables,<sup>107</sup> para la prescripción de ejercicio físico<sup>108</sup> y para el registro de niveles de actividad física<sup>109</sup>.

Los investigadores han aprovechado las capacidades técnicas que se han descrito anteriormente para desarrollar una amplia gama de intervenciones sobre la salud. En la literatura científica existen numerosas revisiones sistemáticas, en diferentes grupos de edad y con objetivos dispares, que han intentado aunar las intervenciones que hasta la fecha han prescrito, influenciado o medido la actividad física mediante alguna de las capacidades técnicas descritas.<sup>98,110–116</sup>

Según Klasnja y Pratt<sup>102</sup> los estudios que han utilizado las capacidades técnicas de los móviles para desarrollar sus intervenciones las han abordado mediante diversas estrategias, como: el registro de los niveles de actividad física, la prescripción remota de ejercicio físico, el envío de mensajes automáticos, la influencia entre iguales, el apoyo de las familias y amigos, recordatorios y la ejemplificación de modelos correctos a través de mensajes informacionales.

En la última década se ha disparado el número de ensayos controlados aleatorizados que han utilizado las diferentes características técnicas que ofrecen los teléfonos móviles para registrar los niveles de actividad física, sugerir planes de ejercicio físico a través de aplicaciones móviles y/o para generar mensajes recordatorios de la práctica de actividad física diaria recomendada. Los investigadores están utilizando las posibilidades y ventajas que ofrece esta tecnología para desarrollar intervenciones que promuevan, refuercen, asesoren, registren y/o sugieran programas de entrenamiento para mejorar la

condición física. Pese a la creciente evidencia pocas son las intervenciones que han utilizado una aplicación móvil para la prescripción de ejercicio físico. Tras una extensa revisión sólo se han encontrado dos estudios que utilizaran un diseño muy similar a la intervención que se desprende de esta Tesis.

Gefen, Dunsky y Hutzler<sup>117</sup> llevaron a cabo un estudio de casos con tres participantes que padecían disautonomía familiar. El programa de entrenamiento que siguieron los participantes consistió en 15 minutos de calentamiento, 15 minutos de entrenamiento de equilibrio mediante la aplicación móvil, 5 minutos de ejercicios de equilibrio sin la aplicación móvil, 7 minutos de fortalecimiento muscular y 3 minutos de relajación. El programa tuvo una duración de nueve semanas a razón de dos sesiones semanales. La aplicación móvil fue creada para la mejora del equilibrio de los participantes y consistió en un juego que exigía a los participantes a controlar su posición vertical utilizando principalmente el sistema propioceptivo y vestibular. Aunque los resultados de este estudio de casos son alentadores, puesto que los participantes mejoraron el “Four Squarte Step Test” y la “Berg Balance Scale”, parece evidente la necesidad de estudios con muestras más numerosas que confirmen o refuten sus resultados.

Wang et al.<sup>108</sup> llevaron a cabo estudio piloto aleatorizando a 12 participantes en el grupo experimental ( $71.4 \pm 1.9$  años) y 14 en el grupo control ( $71.9 \pm 2.7$  años). Los participantes padecían una afección pulmonar obstructiva crónica. El grupo experimental fue prescrito con un programa de ejercicio físico (durante seis meses) basado en una caminata a una intensidad constante, el ritmo que los participantes siguieron fue guiado por una aplicación móvil que previamente se instaló en los dispositivos de los participantes. El grupo control fue informado verbalmente del mismo programa de ejercicio físico prescrito que en el grupo experimental, pero al contrario que con el grupo experimental no se siguieron ningunas medidas para comprobar el cumplimiento del programa. Prueba de espirometría, fuerza de los músculos de las extremidades superiores e inferiores, proteína C reactiva y citoquinas inflamatorias fueron evaluadas durante el primer, segundo, tercero y sexto mes de la intervención. Las conclusiones fueron que un programa de ejercicio físico prescrito a través de una aplicación móvil puede ofrecer beneficios significativos en la capacidad aeróbica y en la fuerza de las extremidades superiores e inferiores, así como una disminución de la

proteína C reactiva y de la interleucina-8 en personas con afección pulmonar obstructiva crónica.

El uso de aplicaciones móviles basadas en redes sociales o mensajería instantánea para realizar intervenciones está aumentando, pero aún son pocos los estudios que han evidenciado la eficacia de esta tecnología. Por contrapartida, la efectividad de estas aplicaciones móviles en diferentes grupos de población necesita ser probada por más estudios. WhatsApp (WhatsApp Inc., Mountain View, CA) es una aplicación móvil, usada por más de 500 millones de personas en el mundo.<sup>118</sup> Esta aplicación permite a sus usuarios enviar mensajes de texto y otros tipos de elementos (como vídeos, contactos, ubicaciones, fotos) a sus contactos. También facilita la creación de grupos sociales; esto permite que varios usuarios puedan participar e intervenir de forma simultánea en una conversación, como una red social.<sup>119</sup> España es el país europeo con más usuarios de WhatsApp y el cuarto a nivel mundial.<sup>120</sup> WhatsApp es particularmente atractivo puesto que después de su instalación el envío y la recepción de mensajes es gratuita (no ocurre lo mismo con los SMS). Esta última característica (coste gratuito) explica claramente el éxito de esta aplicación. Además, su disposición en cualquier plataforma (Apple, Android, etc.) y su funcionalidad a nivel internacional también influyen de forma importante a esta popularidad.

Los estudios científicos sobre el uso de WhatsApp siguen siendo escasos. Un estudio de corte transversal analizó la interacción que 2418 personas tenían con su Smartphone, centrándose sobre todo en el uso de WhatsApp. Los datos de este estudio mostraron que el uso de WhatsApp representa un 19.83% (32 min) del uso total del Smartphone. La media de uso diario de los Smartphone por persona fue de 161.95 min. Además las mujeres utilizaron WhatsApp durante más tiempo que los hombres, mientras que las personas más jóvenes tendían a utilizar más esta aplicación. Este estudio también demostró que las personas que más usaron WhatsApp parecen ser más extravertidas.<sup>121</sup> Zotti et al.<sup>122</sup> utilizaron esta aplicación para evaluar la higiene oral que seguían los adolescentes. Dhilival y Salins<sup>123</sup> testearon la efectividad de WhatsApp en los cuidados paliativos; concluyendo que esta aplicación móvil proporciona un medio idóneo para las consultas rápidas, para el intercambio de información, además de reducir el tiempo de espera y facilitar la iniciación de los tratamientos con la mayor brevedad posible. Giordano et al.<sup>124</sup> enviaron radiografías simples y tomografía computarizada de

fracturas de la meseta tibial a través de fotografías mediante WhatsApp para testear el grado de acuerdo inter- e intra-observador en el diagnóstico inicial de esta patología. El grado de concordancia fue excelente y los autores recomiendan el uso de WhatsApp para este tipo de diagnóstico y sugieren que se podría usar también para la detección de otras patologías.

Aunque el número de publicaciones científicas que hayan usado y avalado la efectividad de las aplicaciones móviles para la prescripción de programas de ejercicio físico es más bien escaso, existe un gran número de ellas en las principales plataformas móviles. Según Middelweerd, Mollee, van der Wal, Brug, y Te Velde<sup>125</sup> de las 875.683 aplicaciones nativas y disponibles en iTunes y de las 696.527 en Google Play, 34.490 y 17.756 están catalogadas en el ámbito de la Salud y el Fitness. Mientras este rápido incremento de aplicaciones móviles está captando la atención de muchos usuarios existe una creciente preocupación por los peligros potenciales que pueden desencadenarse tras el uso de las aplicaciones para estos fines.<sup>126</sup> Por lo tanto, las aplicaciones móviles que se usen para prescribir ejercicio físico deberían ser reguladas y científicamente sólidas con el fin de garantizar su validez.

## **1.5 Ejercicio físico en personas de edad avanzada**

Desde la publicación de la primera edición del ACSM Position Stand sobre “Exercise and Physical activity for Older Adults” ha aparecido un aumento significativo de la evidencia respecto a las recomendaciones y beneficios del ejercicio físico regular para las personas mayores.<sup>127</sup> En 2007, ACSM, junto con la AHA, publicaron un manuscrito sobre las recomendaciones de salud pública para los adultos mayores.<sup>128</sup> En 2008, el Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos, publica por primera vez las directrices a seguir para la realización de actividad física.<sup>129</sup> En 2009, el ACSM actualiza y expande la posición anterior y proporciona una visión crítica de las cuestiones fundamentales sobre el ejercicio físico en las personas de edad avanzada.<sup>130</sup> A continuación se exponen las distintas recomendaciones internacionales actuales sobre actividad física para las personas mayores:

- ACSM position stand.<sup>130</sup> “Exercise and physical activity for older adults” (<http://www.acsm.org/public-information/position-stands>). Recomienda acumular 150 minutos a la semana de actividad física moderada. Los programas de ejercicio físico deben incluir actividades con el objetivo de mejorar de la capacidad aeróbica, la fuerza muscular, la flexibilidad y el equilibrio.
- Public Health Agency of Canada. “Canadian Physical Activity Guidelines for Older Adults 65 years and older” (<http://www.phac-aspc.gc.ca/hp-ps/hl-mvs/pa-ap/index-eng.php>). Sugiere la participación mínima de 2.5 horas a la semana en actividades aeróbicas de intensidad vigorosa. Recomiendan también la división de las sesiones en 10 o más minutos. Sugieren como beneficioso la adición de ejercicios de fortalecimiento muscular, por lo menos dos veces a la semana.
- Australian Government.<sup>131</sup> “National physical activity recommendations for older Australians: Discussion Document” (<http://www.health.gov.au/internet/main/publishing.nsf/Content/phd-physical-rec-older-guidelines>). Sugiere que las personas mayores deben acumular al menos 30 minutos de actividad física de intensidad moderada la mayoría de días de la semana. Recomiendan la participación en alguna actividad de intensidad vigorosa alguna vez a la semana.
- CDC.<sup>129</sup> “Physical Activity Guidelines for Americans (PAG)” (<http://health.gov/paguidelines/>). Indican en sus recomendaciones la realización de 150 minutos semanales de actividad física de intensidad moderada o 75 de intensidad vigorosa. También, aconsejan realizar actividades de fortalecimiento muscular de alta o moderada intensidad dos o más días a la semana.
- OMS.<sup>132</sup> “Global Recommendations on Physical Activity for Health” ([http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_recommendations/en/](http://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_recommendations/en/)). Sugieren la realización de 150 minutos semanales de actividad física de intensidad moderada o 75 de intensidad vigorosa. También, prescriben la realización de actividades de fortalecimiento muscular de alta o moderada intensidad dos o más días a la semana.

Las recomendaciones internacionales de actividad física, aunque con pequeñas variaciones, muestran cierta unanimidad y consenso sobre los contenidos que los programas de ejercicio físico deben abarcar para este sector de la población. Parece ser que las recomendaciones sugeridas por el ACSM pueden servir de referente y aunar las diferentes sugerencias internacionales. Tales recomendaciones,<sup>130</sup> para las personas mayores, se resumen en:

- a) Capacidad aeróbica. Las personas mayores deberían acumular por lo menos 30 o hasta 60 (para mayores beneficios) minutos por día de actividades físicas de intensidad moderada, en episodios de al menos 10 minutos, con un total de entre 150-300 minutos a la semana. Para las actividades físicas de intensidad vigorosa, las personas mayores, deben acumular entre 20-30 minutos por día, con un total de entre 75-100 minutos a la semana. Es recomendable cualquier actividad que no implique un estrés para el sistema locomotor; caminar es la actividad común por excelencia.
- b) Fuerza. Las personas mayores deben realizar ejercicios de fortalecimiento muscular, por lo menos dos días a la semana. Se recomienda la realización de programas de entrenamiento con pesas o ejercicios de calistenia (8-10 ejercicios, 8-12 repeticiones) implicando los principales grupos musculares.
- c) Flexibilidad. Las personas mayores deben realizar ejercicios de flexibilidad al menos dos días a la semana. Se recomienda cualquier actividad que mantenga o aumente la flexibilidad mediante estiramientos mantenidos para cada grupo muscular. Se recomiendan los estiramientos estáticos en lugar de los balísticos.
- d) Equilibrio. Debido a la falta de evidencia científica no parece haber un consenso muy claro respecto la frecuencia, intensidad y los ejercicios que resultan efectivos para la mejora del equilibrio. El ACSM recomienda la realización de actividades que incluyan posturas que reduzcan gradualmente la base de sustentación, movimientos dinámicos que desplacen el centro de gravedad y/o la reducción de información sensorial.

Atendiendo al importante papel que las diferentes instituciones dotan en sus recomendaciones a la capacidad aeróbica, así como la importancia que este componente de la condición física tiene sobre la morbilidad y la mortalidad por cualquier causa de muerte, hay una vasta y clara evidencia de que los programas de entrenamiento que incluyen este tipo de actividades pueden compensar el declive de los efectos fisiológicos relacionados con el envejecimiento. Esta evidencia queda recogida en diversas revisiones sistemáticas.<sup>133,134</sup> Los programas de ejercicio físico para la mejora de la capacidad aeróbica, en adultos mayores, y según el ACSM sugieren una intensidad de  $\geq 60\%$  de  $VO_{2m\acute{a}x}$ , con una frecuencia de  $\geq 3$  días a la semana y con una continuidad de  $\geq 16$  semanas.<sup>130</sup>

De la misma forma, estas recomendaciones coinciden en la necesidad, debido a sus efectos positivos en el organismo, de incorporar ejercicios de fortalecimiento muscular en los programas de entrenamiento para las personas mayores. Numerosas son las revisiones sistemáticas que han resumido la literatura científica que apoya los beneficios y las limitaciones del fortalecimiento muscular en las personas mayores.<sup>135-138</sup> Así pues, el mensaje general es claro, a pesar de las amplias variaciones en los ejercicios, en los programas de entrenamiento y en las técnicas de evaluación de la fuerza, las mejoras notables de los niveles de fuerza son incontrovertibles. En términos relativos, los adultos mayores responden igual o mejor al entrenamiento de fuerza que los adultos jóvenes, mostrando grandes ganancias en la fuerza isométrica y dinámica, en la potencia y en el control de la fuerza.

A pesar de los resultados de los diferentes manuscritos, publicados en la última década, y que se han centrado en el entrenamiento de la fuerza, las recomendaciones sobre la realización de actividades de fortalecimiento muscular no difieren sustancialmente del último comunicado del ACSM.<sup>135</sup> Ellos sugieren la realización de ejercicios que impliquen una o varias articulaciones (tanto con peso libre como con máquinas) con una velocidad de ejecución moderada o lenta. El número de series recomendado por ejercicio es de 1-3, con una intensidad del 60-80% de 1 repetición máxima (RM), realizando entre 8-12 repeticiones por ejercicio, con un descanso de entre 1-3 minutos.

También apuntan que resulta indispensable respetar los principios principales del entrenamiento de fuerza, que son: especificidad, variación y periodización.

Innumerables programas de entrenamiento de fuerza pueden ser eficaces si se respetan y controlan estos principios. Las adaptaciones fisiológicas específicas al entrenamiento de fuerza vienen determinadas por varios factores, entre los cuales se incluyen: las acciones musculares implicadas,<sup>139</sup> la velocidad del movimiento,<sup>140,141</sup> el rango de movimiento,<sup>142</sup> los grupos musculares entrenados,<sup>143</sup> los sistemas energéticos involucrados,<sup>144</sup> la intensidad y el volumen del entrenamiento.<sup>145</sup>

El uso de las máquinas de musculación y de peso libre ha sido la modalidad por excelencia que se ha recomendado para los programas de fortalecimiento muscular en personas mayores.<sup>136,137</sup> Pero el uso de este equipamiento, específico para este tipo de entrenamientos, puede no ser fácilmente accesible para esta población, además de las limitaciones de uso que presentan. Por otro lado, algunas estimaciones indican que el porcentaje de evasión de los programas de fortalecimiento muscular que utilizan máquinas o peso libre para su implementación puede alcanzar el 50% en el primer año de práctica.<sup>146</sup> Otra alternativa para los programas de entrenamiento de fuerza es el uso de la resistencia elástica, que se desarrolla mediante la ayuda de materiales elásticos en forma de tubo o banda, y que posibilitan la modulación de diferentes tipos de intensidad.<sup>147</sup> Además, y a diferencia de las máquinas de musculación y de peso libre, la dirección de la resistencia no depende de la gravedad, ya que se alinea con la orientación de la banda elástica.<sup>148</sup> Las bandas o tubos elásticos, son considerados un equipamiento seguro, barato, de fácil utilización y que requiere poco mantenimiento.<sup>149</sup> El entrenamiento de fuerza mediante las bandas elásticas puede ofrecer beneficios fisiológicos comparables a los obtenidos mediante máquinas de musculación o peso libre.<sup>150</sup> Una reciente revisión sistemática, sugiere que el entrenamiento con bandas elásticas parece ser efectivo para la mejora de la fuerza muscular en personas sanas.<sup>151</sup>

Aunque la evidencia sobre la efectividad de las bandas elásticas para el incremento de la fuerza muscular ha sido probada, se necesitan más estudios para identificar la fiabilidad de este método y para establecer una evidencia consistente sobre la relación dosis-respuesta para diferentes intensidades de entrenamiento de la fuerza muscular en personas de edad avanzada.

## 1.6 Justificación de la investigación

Atendiendo al considerable aumento de la esperanza de vida, la necesidad de envejecer activa y saludablemente, el crecimiento de la inactividad física, los incrementos de sobrepeso/obesidad y la disminución de la condición física durante el envejecimiento, son indispensables nuevas estrategias que den respuesta a las demandas de las personas de edad avanzada de la sociedad actual. La actividad física juega un rol muy importante en la consecución de este objetivo. Para las recomendaciones de salud pública, un mejor entendimiento sobre los efectos que tienen las intervenciones basadas en la prescripción de ejercicio físico y llevadas a cabo con nuevos enfoques metodológicos es requerido.

La prescripción de ejercicio físico a través de la tecnología móvil es un campo sin explotar y poca es la información que se conoce con rigor científico. Con el objetivo de conocer las intervenciones que se han realizado y los diseños metodológicos utilizados hasta la actualidad, la presente Tesis intentará clarificar y exponer las características principales de las investigaciones realizadas en esta línea, con el objetivo de aumentar el conocimiento. Paralelamente, debido al positivo enlentecimiento de la mortalidad en la población mayor junto con las complicaciones que esta condición ocasiona para la salud pública es inminente la verificación de la viabilidad de nuevas estrategias para la prescripción de ejercicio físico, debido a su crucial papel en la salud. Consecuentemente una parte de este trabajo se encaminará a la resolución de esta demanda. Por otro lado, resulta tan o más importante la comprobación de su viabilidad como el examen riguroso de los efectos sobre la salud que la prescripción de ejercicio físico a través de las aplicaciones móviles puede provocar en este sector de población. El presente trabajo analizará los efectos de este tipo de intervención en personas de edad avanzada. El aumento de las capacidades técnicas de los teléfonos móviles ha provocado la exponencial aparición de numerosas aplicaciones móviles en el campo de la salud. El uso de estas aplicaciones para la prescripción de ejercicio físico podría propiciar avances para las políticas de salud pública. Esta tendencia muestra la necesidad de comparar si el efecto de una intervención de ejercicio físico prescrita a través de estas aplicaciones tiene consecuencias similares a la prescripción presencial. En esta Tesis, se compararán los efectos sobre la salud de una intervención basada en la prescripción de ejercicio físico presencial y a través de la telefonía móvil en personas  $\geq 55$  años.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es estudiar si la prescripción de ejercicio físico, a través de la telefonía móvil, es viable y efectiva para producir cambios sustancialmente positivos en la condición física, en los factores de riesgo de las ECV y en la composición corporal en personas  $\geq 55$  años. El resultado del trabajo se presenta en cuatro publicaciones, cada una de ellas con un objetivo específico:

- I.** Identificar, sintetizar y evaluar críticamente la literatura científica existente sobre las intervenciones de actividad física desarrolladas mediante telefonía móvil. **(Artículo I)**
- II.** Evaluar la viabilidad de un programa de ejercicio físico, de una duración de 10 semanas, prescrito mediante una aplicación móvil (WhatsApp), y basado en la mejora de la salud en personas  $\geq 55$  años. **(Artículo II)**
- III.** Examinar si los efectos del entrenamiento presencial son similares a la prescripción de ejercicio físico a través de una aplicación móvil (WhatsApp), sobre parámetros de condición física, cardiovasculares y de composición corporal en personas  $\geq 55$  años. **(Artículo III)**
- IV.** Determinar la efectividad de un ensayo controlado basado en un programa de ejercicio físico, de una duración de 10 semanas, prescrito por una aplicación móvil (WhatsApp), para la mejora de la condición física, de los factores de riesgo de ECV y de la composición corporal en personas  $\geq 55$  años. **(Artículo IV)**



### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

En este apartado se presentan los diferentes aspectos metodológicos que de manera general, engloban los trabajos científicos complementando de esta manera la metodología específica descrita en cada uno de los trabajos que forman parte de la Tesis Doctoral. A continuación, se presenta una tabla resumen de la metodología utilizada en los artículos que componen la presente memoria de Tesis.

Artículo	Diseño	Participantes	Asignación	Variables estudiadas	Metodología
<b>I.</b> Increasing physical activity through mobile device interventions: A systematic review	Revisión Sistemática	Todos	---	Niveles de actividad física	Revisión bibliográfica y contextualización de resultados propios
<b>II.</b> WhatsApp, una herramienta para incrementar la salud en personas mayores	Estudio piloto	4 hombres 5 mujeres Edad: 55-73a	GP: 3 GM: 3 GC: 3	TAS, TAD, IMC, WC, talla, peso, % de grasa corporal, % de masa muscular, FC después del ejercicio, equilibrio, fuerza de prensión manual, capacidad aeróbica	Tensiómetro automático de brazo, cinta métrica, tallímetro, analizador de composición corporal, pulsioxímetro de dedo, test de flamenco, dinamómetro manual y 2-minute step test
<b>III.</b> Efectos de un programa de entrenamiento presencial vs prescripción a través de una aplicación móvil en personas mayores	Ensayo clínico con asignación por grupos	5 hombres 18 mujeres Edad: 55-73a	GP: 16 GM: 7	TAS, TAD, TAM, IMC, WC, índice cintura-talla, talla, peso, % de grasa corporal, % de masa muscular, FC en reposo y después del ejercicio, equilibrio, fuerza de prensión manual, capacidad aeróbica	Tensiómetro automático de brazo, cinta métrica, tallímetro, analizador de composición corporal, pulsioxímetro de dedo, test de flamenco, dinamómetro manual y 2-minute step test
<b>IV.</b> Effects of a WhatsApp-delivered physical activity intervention to enhance health-related physical fitness components and cardiovascular disease risk factors in older adults	Ensayo controlado con asignación por grupos	8 hombres 24 mujeres Edad: 55-73a	GP: 16 GM: 7 GC: 9	TAS, TAD, TAM, FMI, FFMI, IMC, WC, peso, índice cintura-talla, talla, FC después del ejercicio, equilibrio, fuerza de prensión manual, capacidad aeróbica	Tensiómetro automático de brazo, analizador de composición corporal, cinta métrica, tallímetro, pulsioxímetro de dedo, test de flamenco, dinamómetro manual y 2-minute step test

GP: grupo presencial, GM: grupo móvil, GC: grupo control, TAS: tensión arterial sistólica, TAD: tensión arterial diastólica, TAM: tensión arterial media, WC: circunferencia de la cintura, FMI: índice de masa grasa, FFMI: índice de masa libre de grasa, FC: frecuencia cardíaca, a: años.

### **3.1 Ética de los estudios**

#### **Artículos II, III y IV**

El Comité de Bioética de la Universidad de las Islas Baleares aprobó el estudio el 19/03/2012 con el número de referencia 1923. El estudio fue llevado a cabo respetando los principios de la Declaración de Helsinki de 2008. Con la intención de reducir el sesgo de la investigación, el estudio fue registrado en [clinicaltrials.gov](http://clinicaltrials.gov) ([NCT02327975](https://doi.org/10.1186/17454219)).

Finalmente, todos los participantes tuvieron que firmar un consentimiento informado como requisito. A todos ellos se les entregó una carta de invitación, acompañada de información pormenorizada del estudio a realizar, así como de los posibles riesgos y beneficios del mismo junto con las instrucciones previas a la intervención.

El centro deportivo adjunto a la Universidad de las Islas Baleares aprobó el uso de las instalaciones para el desarrollo de los programas de entrenamiento.

### **3.2 Muestra y diseño del estudio**

#### **Artículo I**

Los estudios incluidos en la revisión sistemática fueron buscados en las siguientes bases de datos: PubMed, SCOPUS y SPORTDiscus. La búsqueda de los estudios transcurrió desde Mayo de 2013 hasta Diciembre de 2013. Finalmente un total de 12 estudios fueron incluidos en la revisión sistemática. Los criterios de inclusión fueron: publicaciones en inglés o español, uso de dispositivos móviles o PDAs como instrumento para aumentar los niveles de actividad física y que hubieran sido publicados entre enero de 2003 y diciembre de 2013. Las referencias de los artículos seleccionados fueron revisadas para la elección de artículos adicionales, siguiendo los mismos criterios de inclusión descritos. Únicamente fueron incluidos estudios que incluyeran participantes sanos.

### **Artículos II, III y IV**

Todos los participantes fueron residentes de la ciudad de Palma de Mallorca (Islas Baleares, España). El proceso de reclutamiento se inició en Septiembre de 2012 y se prolongó hasta Noviembre de ese mismo año. Los participantes incluidos en el estudio fueron de entre 55 y 73 años. Para la elección de los participantes se transmitió información cara a cara, se distribuyeron pósteres informativos y se publicaron anuncios en la página web de la Universidad de las Islas Baleares. Los criterios de inclusión fueron: tener 55 años o más, tener móvil propio y acceso a internet, estar clínicamente estable, ser capaz de realizar actividad física y tener capacidad para afrontar las pruebas de evaluación. Las causas de exclusión fueron: padecer una enfermedad aguda o crónica, tener condiciones médicas u otro problema físico que necesitara una especial atención para realizar actividad física (historial de fractura de alguna extremidad superior o inferior, demencia, problemas psicológicos, enfermedad neuromuscular, historial de infarto de miocardio, osteoporosis, cáncer y/o diabetes). En el artículo II, se incluyeron un total de 9 participantes, asignados por conveniencia (GM: 3, GP: 3 y GC: 3). En el artículo III, se incluyeron 23 participantes, asignados por conveniencia (GM: 7 y GP: 16). En el artículo IV se incluyeron 32 participantes, asignados por conveniencia (GM: 7, GP: 16 y GC: 9).

### **3.3 Instrumentos de medición**

#### **Artículos II, III y IV**

La recogida de datos tuvo lugar una semana antes del inicio de la intervención y dos días inmediatamente después de terminar el programa de ejercicios. Las mediciones se hicieron en las mismas condiciones ambientales, en el mismo lugar y durante la misma franja horaria. Las mediciones antes del inicio de la intervención tuvieron lugar durante la segunda semana de enero de 2013 y las evaluaciones posteriores al programa de entrenamiento se llevaron a cabo la primera semana de Abril del 2013. Los instrumentos utilizados en las mediciones fueron explicados en una reunión informativa con todos los participantes elegidos en el estudio. En el consentimiento informado que se entregó a los participantes se detallaron los instrumentos utilizados en la investigación.

### 3.3.1 Condición física

Todas las pruebas de condición física fueron realizadas por cada participante el mismo día y en la misma semana en la que habían realizado las pruebas de composición corporal y de los factores de riesgo de ECV. Para la evaluación de la condición física se utilizaron algunos test validados de la batería *Senior Fitness Test*<sup>152</sup> y *Eurofit Test Battery*.<sup>153</sup>

- Equilibrio: “Flamingo Balance Test”. Este test evalúa la habilidad de mantenerse exitosamente sobre una pierna y determina la fuerza de esa extremidad, de la pelvis, de los músculos del tronco y del equilibrio dinámico. La posición inicial del test consiste en que el participante, con los zapatos quitados, la manos sobre las caderas y una de las plantas de un pie apoyada en la zona interna de la rodilla no elevada, deba mantenerse sin que las manos se despeguen de las caderas, la pierna elevada toque el suelo y/o el pie de apoyo gire en cualquier dirección, durante 60 segundos en esta posición. El valor cogido fue el tiempo total en segundos que el participante pudo mantener esa postura. La prueba se realizó dos veces y la media de los dos intentos fue el valor escogido.
- Fuerza de prensión manual: “Handgrip Strength test”. Se utilizó un dinamómetro mecánico para la medición (T.K.K. 5001 grip- A; Takey, Tokyo, Japan). El objetivo de esta prueba es medir la fuerza máxima isométrica de los músculos de la mano y del antebrazo. El participante tiene el dinamómetro en la mano a testar con el brazo en ángulo recto y el codo por el lado del cuerpo, situando la palma de la mano hacia el muslo. Cuando el participante está listo debe apretar el dinamómetro con la máxima fuerza isométrica y mantener esta contracción durante 5 segundos. Durante la contracción no se permitió ningún otro movimiento corporal. El agarre del dinamómetro se ajustó al tamaño de la mano del participante.<sup>154</sup> Se realizaron dos intentos con cada mano, con al menos 15 segundos de recuperación entre esfuerzos. Los valores escogidos fueron la media de los dos mejores resultados.
- Capacidad aeróbica: “2 min step-test”. La realización del test consiste en marchar en el sitio el mayor número de veces que sea posible en 2 minutos. A la señal de “inicio” el participante empieza a marchar (no debe realizar carrera) en el sitio,

empezando con la pierna derecha, y completando el número de elevaciones que sea posible en el tiempo determinado. Aunque ambas rodillas deben elevarse a la altura correcta para poder ser contadas, el observador solo cuenta las elevaciones de la rodilla derecha. El observador sirve también como ayudante en caso de pérdida de equilibrio y se asegura que el participante eleva las rodillas a la altura adecuada. Cuando algún participante no elevó la rodilla a la altura mínima fijada se le pidió que cesase la realización del test hasta que pudiera retomarlo y ejecutarlo de forma correcta, también fueron avisados, de forma verbal, cuando habían completado la mitad del test (1 minuto). La altura mínima que debían ser elevadas las rodillas varió para cada participante. Esta altura fue medida llevando un cordón desde la cresta ilíaca hasta la mitad de la rótula, después se mantuvo sujeto desde la cresta ilíaca y se dobló por la mitad marcando así un punto en el medio del muslo, que indicó la altura mínima. Para visualizar la altura de la marcha se transfirió la marca del muslo a la pared mediante una cinta adhesiva. El test fue realizado dos veces el mismo día y la fiabilidad fue calculada mediante una media de los dos intentos. El intervalo entre mediciones fue de 3 minutos.

### **3.3.2 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular**

Los distintos factores de riesgo de ECV fueron medidos el mismo día y en la misma franja horaria. Todas las pruebas se llevaron a cabo dos veces, excepto la frecuencia cardiaca después del ejercicio, siendo la media de ambas el valor correspondiente para su posterior análisis.

- La presión arterial sistólica (mmHg), diastólica (mmHg) y la frecuencia cardiaca (ppm) fueron tomadas por duplicado mediante un tensiómetro automático de brazo (Omron Elite, 7300W). El participante debía estar sentado en una silla y permanecer en reposo durante al menos 2 minutos. Para poder realizar una medición acurada se pidió a los participantes que retirasen cualquier prenda que pudiera comprimir el brazo medido, a continuación se ajustó el manguito al brazo, sin holgura pero sin llegar a comprimir. La toma de la presión se realizó en el brazo derecho sobre la arteria braquial. El intervalo entre mediciones fue de 2 minutos.

- La presión arterial media fue calculada como la presión arterial diastólica (mmHg) más un tercio de veces la presión arterial sistólica (mmHg) menos la presión arterial diastólica (mmHg).
- El perímetro de cintura (cm) se midió por duplicado con una cinta antropométrica de metal (Lufkin, W606PM), a medio camino entre la última costilla y la cresta iliaca, justo al final de una espiración suave. Si las dos medidas diferían más de un centímetro se optó por realizar una tercera, en consecuencia las dos medidas más cercanas fueron promediadas.
- La frecuencia cardíaca al finalizar el test de capacidad aeróbica (2 min step-test) se registró mediante el uso de un pulsioxímetro de dedo (Quirumed, OXYM3000), con una precisión de  $\pm 2$  (ppm). Pasado un minuto tras la finalización del test de capacidad aeróbica se colocó el pulsioxímetro en una parte translúcida y con buen flujo sanguíneo, el dedo índice, seguidamente se anotó el valor de la frecuencia cardíaca en pulsaciones por minuto.
- En los artículos II y III se calculó el índice cintura-talla como el perímetro de cintura (cm) dividido por la estatura (cm).

### 3.3.3 Composición corporal

Las pruebas de composición corporal se realizaron por personal cualificado y el mismo día que las mediciones de la condición física. Todas las variables fueron medidas por los protocolos estandarizados, concretamente, se realizaron según el protocolo internacional que marca la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK.<sup>155</sup> Todas las pruebas se llevaron a cabo dos veces, siendo la media de ambas el valor correspondiente para su análisis.

- El peso corporal se midió con un analizador de composición corporal con una capacidad máxima de 150 kg y un margen de error de 0.1 kg (Omron HBF-500). Antes de la medición, los participantes debían quitarse la ropa pesada y los zapatos. Previamente a que los participantes se subieran al analizador, se configuró la

máquina con las características personales de cada uno de ellos, después los participantes eran animados a subir cuando el medidor marcaba cero en la pantalla digital. Se pidió a los participantes que colocaran los pies encima de las placas metálicas y con el peso distribuido uniformemente en ambos pies.

- El IMC fue calculado como el peso (kg) dividido por la altura (m) al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).
- La talla se midió utilizando un tallímetro portátil (Seca, 217) con una precisión de 1 mm. Se solicitó a los participantes que estuvieran con los pies y talones juntos, las nalgas y la parte superior de la espalda tocando la escala. Se midió la distancia entre el vértex y la planta de los pies. La medida fue tomada después de una inspiración profunda manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort.
- Los índices de masa libre de grasa y de masa grasa fueron calculados como masa magra (kg) dividido por la altura al cuadrado ( $\text{m}^2$ ) y masa grasa (kg) dividido por la altura al cuadrado ( $\text{m}^2$ ), respectivamente. La masa magra y grasa fueron obtenidas mediante la estimación a través de bioimpedancia eléctrica usando las fórmulas de regresión propias del analizador de composición corporal (Omron HBF-500). En los artículos II y III se calcularon únicamente los porcentajes de grasa corporal y de masa muscular, obteniendo los datos de la estimación realizada por el analizador.

### **3.4 Procedimiento**

A continuación se detallan los procedimientos utilizados para el diseño de la intervención.

#### **Artículo I**

La extracción de datos de los artículos seleccionados fue realizada por tres revisores. La información extraída fue en referencia a las características del estudio (año, autores, diseño, país, número, sexo y edad de los participantes) y a las características de la intervención (duración, descripción, métodos, análisis estadísticos y grupos de

intervención). El texto completo de los manuscritos se examinó de forma independiente por los tres revisores mediante el uso de una lista de control sobre la calidad metodológica.<sup>156</sup> Esta lista de control se estructura en cuatro dimensiones: la presentación de la información (10 ítems), la validez externa (3 ítems), el sesgo (7 ítems), el resultado y los factores de confusión (6 ítems). Se llevó a cabo una evaluación paralela con respecto a los criterios de calidad para la aplicación de intervenciones de actividad física y mHealth. Los criterios incorporados en esta herramienta se obtuvieron de acuerdo con la revisión de la literatura sobre la evaluación de la actividad física en general y sobre los métodos de evaluación de las intervenciones tecnológicas sobre los comportamientos.<sup>157,158</sup>

### **Artículos II, III y IV**

La intervención consistió en la administración de un programa de entrenamiento, con el objetivo de obtener mejoras en los componentes de la capacidad funcional. El programa fue confeccionado en concordancia con los métodos y recomendaciones del ACSM.<sup>159</sup> El GP y GM fueron provistos con el mismo programa de ejercicio físico, basado en la mejora de la fuerza muscular y la capacidad aeróbica; únicamente el método de prescripción varió entre ambos grupos experimentales. El grupo control no recibió ninguna intervención durante este periodo. Los programas de entrenamiento se desarrollaron entre el 21 de Enero y el 28 de Marzo de 2013. De forma breve, a continuación se presentan las características principales de los programas de entrenamiento:

#### ***Grupo presencial***

Este grupo fue entrenado con bandas elásticas (Thera-Band), los lunes y miércoles de cada semana. Cada sesión de entrenamiento fue dividida en las siguientes partes: (i) 10 minutos de calentamiento, (ii) 25 minutos de fortalecimiento muscular, (iii) entre 25-35 minutos de ejercicio aeróbico y (iv) 10 minutos de recuperación. El calentamiento incluyó una ligera caminata y la movilización y rotación de los miembros superiores e inferiores. En la parte de fortalecimiento muscular se hizo incidencia sobre los siguientes grupos musculares: cuádriceps e isquiotibiales, pectoral, dorsal, deltoides, bíceps y tríceps. La intensidad de las bandas elásticas se calculó mediante la OMNI

Resistance Scale.<sup>147,160</sup> El entrenamiento de la fuerza muscular fue dividido en dos ciclos de cinco semanas cada uno de ellos. El objetivo del primer ciclo fue familiarizar a los participantes con la intensidad del entrenamiento y la mejora de la fuerza muscular, mediante resistencias ligeras. La intención del segundo ciclo fue producir hipertrofia muscular. La velocidad de los ejercicios se estandarizó a una cadencia lenta. Para aumentar la motivación el orden en el que se realizaban los ejercicios cambió cada semana. Respecto al ejercicio aeróbico, los participantes realizaron carrera continua entre 25-35 minutos. La intensidad del ejercicio aeróbico fue del 60% de la frecuencia cardiaca máxima durante las semanas 1-3, del 70% durante las semanas 4-6 y del 80% durante las semanas 7-10. La frecuencia cardiaca máxima se calculó mediante la siguiente ecuación  $208 - 0.7 \times \text{edad}$ . El período de recuperación incluyó ejercicios de movilidad articular y estiramientos musculares. La duración media de las sesiones fue de 60 minutos y la duración del programa fue de 10 semanas.

### ***Grupo móvil***

El programa de ejercicio físico fue prescrito a través de vídeos, en donde un miembro del equipo de investigación reproducía los ejercicios prescritos en el GP. Los vídeos eran adjuntados en una aplicación móvil de mensajería instantánea (WhatsApp) y los participantes los descargaban en su dispositivo. Todos los participantes fueron añadidos, mediante la aplicación móvil, a un chat de grupo donde se adjuntaron los vídeos. Este grupo recibió 2 vídeos (de aproximadamente 5 minutos cada uno) durante cada semana de la intervención. El contenido de los vídeos y las partes de la sesión fueron idénticas al GP. A lo largo del material multimedia fueron insertados subtítulos los cuales indicaban la descripción, la intensidad y el descanso de cada ejercicio. Los participantes fueron informados sobre la necesidad de realizar las sesiones de entrenamiento en días no consecutivos y con una separación mínima de 48 horas. El administrador del estudio envió 2 mensajes semanales al chat del grupo para animar a los participantes a realizar las sesiones de entrenamiento. Ningún mensaje fue individualizado y el administrador no participó en ninguna conversación iniciada por los participantes. En total se enviaron 20 vídeos y 20 mensajes.

**Tabla 1.** Características del programa de entrenamiento para el GP y GM.

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Fuerza muscular</b>										
OMNI-RES <sup>a</sup>	6	6	7	7	7	9	9	8	8	8
Series <sup>b</sup>	4	5	5	4	3	3	4	4	4	4
Repeticiones <sup>c</sup>	20	20	15	15	15	10	10	15	15	15
Ejercicios <sup>d</sup>	6	7	7	6	6	7	6	6	6	6
Descanso <sup>e</sup>	45	45	45	60	60	90	45	45	45	45
<b>Capacidad aeróbica</b>										
Intensidad <sup>f</sup>	60	60	60	70	70	70	80	80	80	80
Duración <sup>g</sup>	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35

<sup>a</sup> Representa la intensidad de las bandas elásticas.

<sup>b</sup> Significa el número de repeticiones agrupadas y separadas por un descanso.

<sup>c</sup> Hace referencia al número de veces que se realiza un movimiento completo de cada ejercicio.

<sup>d</sup> Refleja el número de ejercicios que fueron realizados cada semana.

<sup>e</sup> Representa el tiempo de recuperación entre series.

<sup>f</sup> Es el valor de la frecuencia cardiaca máxima del entrenamiento aeróbico.

<sup>g</sup> La duración (min) del entrenamiento aeróbico.

### 3.5 Análisis estadístico

A continuación se detallan las pruebas estadísticas que se han realizado para obtener los resultados de la presente Tesis Doctoral, no obstante, en cada manuscrito publicado se muestra una descripción rigurosa de los análisis estadísticos usados. Las características descriptivas de los participantes fueron presentadas como medias y desviaciones estándar, a menos que se indique lo contrario.

Para examinar los efectos del programa de ejercicio físico en la condición física, en la composición corporal y en los factores de riesgo de ECV sobre los diferentes grupos de intervención se utilizó:

Un análisis de varianza (ANOVA) con dos factores: unos de ellos inter-sujeto (grupo de intervención) y otro intra-sujeto (pre y post intervención) con medidas repetidas. Para

cada variable se analizó el nivel de significación correspondiente al grupo principal (entre participantes), el tiempo (pre intervención y post intervención) así como la interacción (grupo x tiempo) (Artículo II).

El *t*-test pareado, con la distribución de Student. Los valores pre y post intervención de las variables estudiadas fueron utilizados para determinar las diferencias ocasionadas por la intervención. Adicionalmente se procedió a calcular la *d* de Cohen para conocer el tamaño del efecto (Artículo III).

Un análisis de covarianza (ANCOVA) aplicado a un factor, incluyendo el grupo de intervención como factor fijo y, el intervalo de los cambios entre los valores pre intervención y post intervención como variable dependiente. Sexo, edad y los valores pre intervención fueron utilizados como covariables (Artículo IV).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS, versión 21. Se fijó el nivel de significación estadística en  $p < 0.05$ .

## **4. RESULTADOS**

Los resultados se presentan a continuación en la forma en la que han sido previamente publicados/sometidos en revistas científicas.



---

---

**INCREASING PHYSICAL ACTIVITY THROUGH MOBILE  
DEVICE INTERVENTIONS: A SYSTEMATIC REVIEW**

Adrià Muntaner<sup>1</sup>, Josep Vidal-Conti<sup>1</sup>, Pere Palou<sup>1</sup>

**Health Inform J 2015; DOI: 1460458214567004**  
**[Epub ahead of print]**

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sports,  
University of Balearic Islands, Mallorca, Spain.

---



---

---

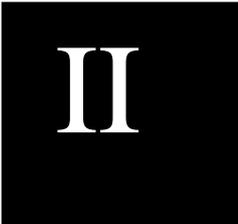
**WHATSAPP, UNA HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR  
LA SALUD EN LAS PERSONAS MAYORES**

Adrià Muntaner-Mas<sup>1</sup>, Josep Vidal-Conti<sup>1</sup>, Pere Palou<sup>1</sup>

**Trances 2015; 7(5):757-776**

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sports,  
University of Balearic Islands, Mallorca, Spain.

---



II



---

---

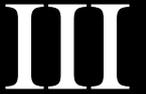
**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO  
PRESENCIAL VS PRESCRIPCIÓN A TRAVÉS DE UNA  
APLICACIÓN MÓVIL EN PERSONAS MAYORES**

Adrià Muntaner<sup>1</sup>, Pere Palou<sup>1</sup>, Josep Vidal-Conti<sup>1</sup>

**Retos 2016; 29: 32-37**

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sports,  
University of Balearic Islands, Mallorca, Spain.

---





---

---

**EFFECTS OF A WHATSAPP-DELIVERED PHYSICAL ACTIVITY INTERVENTION TO ENHANCE HEALTH-RELATED PHYSICAL FITNESS COMPONENTS AND CARDIOVASCULAR DISEASE RISK FACTORS IN OLDER ADULTS**

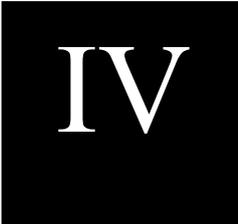
Adrià Muntaner-Mas<sup>1</sup>, Josep Vidal-Conti<sup>1</sup>, Pere A. Borràs<sup>1</sup>,  
Francisco B. Ortega<sup>2</sup>, Pere Palou<sup>1</sup>

**J Sport Med Phys Fit *in press***

<sup>1</sup> Department of Physical Activity and Sports,  
University of Balearic Islands, Mallorca, Spain.

<sup>2</sup> Department of Physical Education and Sports,  
University of Granada, Granada, Spain.

---



IV



## 5. DISCUSIÓN

La principal fortaleza de este trabajo radica en que es la primera investigación que muestra los efectos que tiene sobre la salud un ensayo controlado basado en la prescripción de ejercicio físico a través de WhatsApp. Además estos efectos son comparados con los de la misma intervención, pero prescrita de forma presencial en personas mayores  $\geq 55$  años. Los resultados clave de este trabajo son que la intervención mHealth disminuye la presión arterial sistólica y la frecuencia cardiaca después del ejercicio, aumenta la fuerza muscular, la capacidad aeróbica y el equilibrio en personas  $\geq 55$  años, pero no significativamente respecto el GC. A pesar de la gran disponibilidad de las aplicaciones móviles en las principales plataformas para mejorar ciertos comportamientos de salud, nuestros hallazgos concluyen que en comparación con la prescripción presencial no se encuentran mejoras importantes.

Nuestros resultados son similares a los presentados en el estudio de Direito, Jiang, Whittaker, y Maddison<sup>161</sup> quienes encontraron mejoras en la capacidad aeróbica de niños y adolescentes (0.6 a 1.0 ml/kg/min), con una intervención similar a la presentada en este trabajo, pero sin significación respecto el GC. Teniendo en cuenta la escasez de evidencia científica al respecto y, tomando en consideración nuestros resultados, parece ser que el uso de las aplicaciones móviles comerciales para la prescripción de ejercicio físico, como método aislado y enfoque independiente, es ineficaz para producir cambios positivos en la salud. En este apartado se discutirán aspectos sobre la idoneidad de los materiales, métodos y procedimientos utilizados durante el desarrollo de esta investigación.

### 5.1 Consideraciones metodológicas

Los resultados obtenidos en este trabajo deben tomarse como indicativos, no conclusivos. Pese a la aparente evidencia desprendida de esta Tesis, donde se sugiere que una intervención de ejercicio físico prescrita a través de una aplicación móvil no produce cambios significativos en ciertas variables de salud, no se puede concluir esta afirmación. En este sentido, se sugieren algunas consideraciones metodológicas

pertinentes que pretenden proponer soluciones a las limitaciones encontradas y, al mismo tiempo, dar continuidad y avanzar en la presente línea de investigación.

### **5.1.1 Revisión sistemática**

En la revisión sistemática que se presenta en este trabajo se han usado dos instrumentos para evaluar la calidad metodológica de los artículos incluidos.<sup>156</sup> Además, incluye una descripción detallada de la estrategia de búsqueda bibliográfica, sobre la base de unos criterios de inclusión previamente fijados. Esta revisión se asienta sobre la confección de un plan de análisis.<sup>162,163</sup> La lista de verificación, Downs y Black,<sup>156</sup> para la evaluación de la calidad metodológica permite evaluar ensayos clínicos aleatorizados pero también no aleatorizados. Esta herramienta presentó un índice de calidad con una alta consistencia interna, con buenos resultados en el test-retest y con una aceptable confiabilidad entre evaluadores, por estas razones se decidió su utilización. Además la diversidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión sistemática requiso una herramienta que permitiera la evaluación de estudios con metodologías dispares.

La dificultad para concluir con certeza los resultados presentados en la revisión viene ocasionada por la heterogeneidad de las intervenciones, métodos y materiales así como por la población de estudio utilizada en la mayoría de manuscritos publicados. Por otro lado la escasez de ensayos clínicos aleatorizados en el campo de la mHealth dificulta, en gran medida, extraer conclusiones contundentes acerca de su efectividad. La mayoría de estudios publicados hasta la fecha, y que hayan utilizado aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio físico, son estudios pilotos o de viabilidad, en los cuáles se muestran metodologías a prueba y resultados preliminares.

### **5.1.2 Condición física**

#### ***2-minute step test vs. 6-minute walk test***

El 2-minute step test es una prueba validada para medir la capacidad aeróbica, con una muestra de 7183 participantes (5048 mujeres y 2135 hombre) con edades comprendidas entre 60 y 95 años de 20 países diferentes. Por otro lado el 6-minute walk test ha sido

reconocido como uno de las pruebas más fáciles de administrar, segura y fiable para medir la capacidad aeróbica en personas mayores, como método indirecto, submáximo y capaz de estimar el  $VO_{2m\acute{a}x}$ .<sup>164</sup> El 2-minute step test ha demostrado tener una buena correlación con el 6-minute walk test, además parece ser una buena alternativa cuando se necesita la realización de un test de administración rápida.<sup>165</sup> Por otro lado el 2-minute step test se presenta como una opción cuando la capacidad funcional de los participantes o el espacio de ejecución muestran limitaciones para la realización del 6-minute walk test de forma efectiva.<sup>166</sup> La administración del 6-minute walk test en personas con una presión sistólica de más de 180 mm Hg o con una presión diastólica de más de 100 mm Hg y/o con una frecuencia cardiaca en reposo de más de 120 pulsaciones por minuto se contraíndica.<sup>167</sup> Varios de los participantes que formaron parte de la muestra de los estudios de este trabajo presentaban algunas de las contraíndicaciones descritas, además la restricción de la capacidad funcional de determinados participantes fueron cruciales para descartar la utilización del 6-minute walk test, aun siendo metodológicamente más válido.

### ***Fuerza de prensión manual***

El EWGSOP ha subrayado recientemente la necesidad de establecer un consenso para la definición y el diagnóstico de la sarcopenia.<sup>89</sup> El diagnóstico de la sarcopenia implica una disminución de la masa y de la fuerza muscular, por ello un gran número de herramientas para medir estas implicaciones fueron revisadas por este grupo. Este equipo concluye que aunque los miembros inferiores son más relevantes que las extremidades superiores para la función física, la fuerza de prensión manual ha sido ampliamente utilizada y está bien correlacionada con los resultados más relevantes. Por todo ello, la fuerza de agarre es la única técnica de evaluación que se recomienda para la medición de la fuerza muscular, además de ser el método más simple para la evaluación de la función muscular en la práctica clínica.<sup>168</sup> La fuerza de prensión manual isométrica está fuertemente relacionada con la fuerza muscular de las extremidades inferiores, la fuerza de extensión de la rodilla y con la área muscular transversal de la pantorrilla.<sup>169</sup> Por esta razón nuestro estudio ha utilizado esta técnica para evaluar la fuerza muscular.

### ***Equilibrio sobre una pierna***

Las plataformas de fuerza son el estándar de oro para la evaluación de la postura y del equilibrio, ya que superan en varios aspectos, tales como la fiabilidad<sup>170</sup> y la simplicidad de su diseño,<sup>171</sup> a muchas otras técnicas. La determinación de la prueba más adecuada para la medición del equilibrio, desde un punto de vista clínico, parece ser una cuestión pendiente para la evidencia científica. Por lo tanto, todas las pruebas tienen ventajas y desventajas que deben ser valoradas durante el diseño metodológico de las investigaciones. El test de Flamenco resulta ser útil por varias razones: sólo se requiere un minuto para su realización y anotación del resultado, presenta un aceptable acuerdo entre evaluadores tanto en personas mayores sanas como en personas con limitaciones en la capacidad funcional y la fiabilidad entre participantes también es buena.<sup>172</sup> La evaluación únicamente del equilibrio estático, la dificultad por identificar el problema que causa algún desorden en el equilibrio y la restringida relación que tiene con el número de caídas son limitaciones que deben tenerse presentes cuando se aplica este test.<sup>172</sup>

### **5.1.3 Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular**

#### ***Presión arterial sistólica y diastólica***

Son múltiples los métodos existentes para la medición de la presión arterial, desde la auscultación, la oscilometría, el manguito de dedo de Penaz, la tonometría y las técnicas de ultrasonido.<sup>173</sup> En la presente Tesis se ha utilizado un dispositivo (Omron Elite, 7300W) que mide la presión arterial por oscilometría. Esta técnica inicialmente infla el manguito hasta una presión superior a la presión arterial sistólica, y después baja la presión por debajo de la presión diastólica. Una vez reanudado el flujo sanguíneo, pero limitado, la presión del manguito variará periódicamente de forma sincronizada con la expansión y contracción cíclica de la arterial braquial. Los valores de la presión sistólica y diastólica se estiman indirectamente de acuerdo con algún algoritmo derivado empíricamente.<sup>174</sup> Las ventajas de la oscilometría son: que el transductor no tiene por qué estar colocado sobre la arteria braquial (por lo que la colocación del manguito no es crítica), presentan una menor susceptibilidad al ruido externo (pero no de baja

frecuencia de la vibración mecánica), el maguito puede ser retirado por el paciente y que las comparaciones de varios modelos comerciales con las mediciones de sonido intra-arteriales y Korotkoff han demostrado en general, un buen acuerdo.<sup>173</sup> Por otro lado esta técnica, como todas las otras, presenta ciertas limitaciones; el problema principal es que la amplitud de las oscilaciones depende de varios factores distintos de la presión arterial, mayormente de la rigidez de las arterias. Por lo tanto, en personas mayores con arterias rígidas pueden causar la subestimación de la presión arterial media.<sup>175</sup> Los algoritmos utilizados para la detección de las presiones sistólica y diastólica son diferentes de un dispositivo a otro y no son divulgados por los fabricantes.<sup>176</sup> La AHA recomienda que todos los dispositivos sean testeados por los protocolos de la Advancement of Medical Instrumentation y la British Hypertension Society.<sup>174</sup> El dispositivo utilizado en este trabajo cumple con las recomendaciones citadas.<sup>177</sup>

### ***Perímetro de la cintura y el índice cintura-talla***

La grasa subcutánea y visceral está asociada con un aumento del riesgo de padecer enfermedades cardiometabólicas. Aunque se han desarrollado una gran variedad de técnicas para evaluar la grasa corporal, las más convenientes desde un punto de vista clínico, son aquellas que se pueden realizar de forma rápida, que pueden proporcionar resultados inmediatos y que se puedan realizar sin una amplia formación.<sup>178</sup> Por lo tanto, las técnicas antropométricas, concretamente el perímetro de la cintura y el índice cintura-talla, han mostrado ser marcadores precisos del tejido adiposo subcutáneo y del tejido adiposo visceral.<sup>179,180</sup> Además el perímetro de cintura parece ser el sustituto más fiable para explicar la adiposidad visceral en una población con una alta incidencia de síndrome metabólico.<sup>181</sup>

#### **5.1.4 Composición corporal**

##### ***El índice de masa corporal y los índices de masa libre de grasa y de masa grasa***

El IMC es una buena medida de la adiposidad general y posiblemente una de las más usadas en la literatura para predecir la mortalidad.<sup>182</sup> Aunque este tradicional índice

antropométrico ha sido criticado fuertemente por su incapacidad para distinguir entre la grasa y los tejidos magros.<sup>183</sup> No hay duda de que el IMC incluye un error de estimación al evaluar la adiposidad total, por ello y basándose en el supuesto de que el exceso de adiposidad predice la mortalidad, sería de esperar que medidas más precisas de adiposidad total, tales como porcentaje de grasa corporal, o los índices de masa libre de grasa y de masa grasa, sean predictores más fuertes de mortalidad que el IMC.<sup>184</sup> En el pretensioso y controvertido material no publicado de Ortega, Sui, Lavie y Blair<sup>184</sup> sus datos sugieren, entre otras conclusiones, que el IMC es un predictor más fuerte de mortalidad por ECV en comparación con medidas más precisas de adiposidad, como el porcentaje de grasa corporal y el índice de masa grasa. Si este material se publicara se estaría confirmando que el IMC puede ser igual o más importante clínicamente que otras medidas de adiposidad, evaluadas por métodos más precisos, complejos y costosos. Por otro lado, una ventaja del índice de masa grasa, en comparación con el IMC, es que amplifica el efecto relativo del envejecimiento sobre la grasa corporal.<sup>185</sup> Consecuentemente, los tres indicadores fueron calculados en esta Tesis.

### ***El porcentaje de grasa corporal***

Existe una amplia variedad de métodos (antropometría, modelos multicomponentes, densitometría, bioimpedancia eléctrica, pesaje bajo el agua, absorciometría con rayos X de doble energía) aceptados y fiables para la medición de la grasa corporal total.<sup>186,187</sup> El análisis a través de bioimpedancia eléctrica es una técnica simple, rápida y no invasiva, para la medición de la composición corporal.<sup>188</sup> Además, la utilización de esta técnica en determinados grupos étnicos, poblaciones y condiciones puede medir con precisión la grasa corporal.<sup>188</sup> Pero por otro lado, algunas limitaciones deben reconocerse siempre que se utilice la bioimpedancia eléctrica. Esta técnica presenta una baja precisión en términos absolutos, además puede verse influenciada, introduciendo nuevos errores en las ecuaciones, por cambios en el peso corporal, o en las proporciones relativas del tronco y extremidades, así como por la hidratación.<sup>186</sup>

### 5.1.5 Actividad física y teléfonos inteligentes

Los teléfonos móviles inteligentes se han convertido en la forma más accesible para comunicarse en la historia mundial.<sup>189</sup> Pese a la creciente literatura, parece ser que aún es imposible confirmar o refutar que las intervenciones móviles puedan servir como herramienta para mejorar la salud en los países desarrollados.<sup>190</sup>

En esta Tesis se ha utilizado una aplicación móvil para poder prescribir el ejercicio físico. La aplicación utilizada está disponible en diferentes plataformas del mercado y se encuentra incluida en la categoría de comunicación en Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.whatsapp>).

Inexistente es la evidencia sobre las aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio físico. Según los resultados de este trabajo y las de un reciente estudio, podemos sugerir que el uso de aplicaciones móviles comerciales, como intervención independiente, no consiguen cambios de forma significativa en la condición física, los factores de riesgo de ECV y la adiposidad.<sup>161</sup> En consecuencia resulta complicado sugerir que características técnicas deben tener estos dispositivos, para reducir las consecuencias adversas para la salud asociadas a la inactividad física.

A continuación se sugieren una serie de cuestiones metodológicas a tener en cuenta para el diseño o la elección de una aplicación móvil con el objetivo de mejorar ciertos parámetros de salud:

- Las investigaciones futuras deberían usar aplicaciones móviles con características técnicas capaces de mejorar el cumplimiento de los programas de ejercicio físico, tales como: capaces de almacenar datos en la nube, de generar recordatorios para los diferentes programas de ejercicio físico, de enviar, imprimir y exportar los datos de las sesiones de ejercicio físico y todo ello sin necesidad de conectividad. Así como también aplicaciones gratuitas, multilingües, y disponibles en varias plataformas.<sup>191</sup>
- También se debería considerar la incorporación de algunas de las técnicas de cambio de comportamiento más comunes y sugeridas a continuación: técnicas centradas en proporcionar ejemplos de cómo se realizan los ejercicios, en proporcionar

información sobre el propio rendimiento, sobre la fijación de metas, en establecer planes de apoyo social, en establecer metas en los resultados, en la facilitación de la comparación social y la revisión de los objetivos del comportamiento.<sup>192</sup>

- La inclusión de aplicaciones que incorporen características sociales, tales como: la capacidad de vincularse con otros usuarios y la posibilidad de compartir información y construir nuevas redes sociales.<sup>113</sup> Parece ser que el uso de redes sociales populares puede abordar cuestiones de alcance, compromiso y retención.<sup>193</sup>
- Recientemente la fiabilidad de los teléfonos móviles inteligentes para la medición de los niveles de actividad física ha sido demostrada.<sup>106</sup> Tal vez, el uso de esta característica puede ayudar a mejorar metodológicamente el diseño de las intervenciones.
- Las aplicaciones que sumergen al participante mediante una temática en donde el usuario puede interactuar con la aplicación móvil han demostrado tener una respuesta más positiva en su uso (evitando el abandono) y, por lo tanto, debe ser considerada para el futuro desarrollo de aplicaciones.<sup>161</sup>

Son necesarias más investigaciones para conseguir determinar qué tipo de intervenciones a través de estas aplicaciones son las más idóneas para mejorar la salud en las personas de edad avanzada.

### **5.1.6 Ejercicio físico en personas de avanzada edad**

La abundancia de investigaciones epidemiológicas confirman los beneficios de los programas de ejercicio físico, en la reducción de diversas causas de morbilidad relacionadas con la edad y la mortalidad por cualquier causa.<sup>133</sup> Una de las recomendaciones del comunicado más reciente en actividad física y salud pública emitido por el ACSM y la AHA, es que las personas mayores deben tener un plan de trabajo preestablecido, que les ayude a conseguir la cantidad suficiente de actividad física mediante la realización de actividades encaminadas a mejorar la capacidad

aeróbica y a través de ejercicios de fortalecimiento muscular entre los principales componentes de la condición física.<sup>130</sup>

En concordancia con la evidencia existente en la literatura, el programa de ejercicio físico del presente trabajo se basó en una combinación de actividad aeróbica y fortalecimiento muscular. La metodología utilizada para la ejecución de los ejercicios de fortalecimiento muscular fueron las bandas elásticas, material que pese a su novedad parece ser efectivo para la mejora de la fuerza muscular.<sup>151</sup> En el entrenamiento de fuerza resulta crucial el control de la intensidad puesto que es un factor clave para garantizar la seguridad y eficacia del programa de ejercicio físico.<sup>194</sup> Para facilitar el control de la intensidad durante la prescripción y la realización del ejercicio físico, han sido creadas diversas escalas de esfuerzo percibido para su uso durante el entrenamiento aeróbico y de fuerza.<sup>195-197</sup> Existe una relación evidente entre el índice de esfuerzo percibido y ciertas variables fisiológicas, tales como la concentración de ácido láctico en la sangre, la actividad muscular y la frecuencia cardíaca.<sup>198-200</sup> En el presente trabajo se ha utilizado la escala de esfuerzo percibido (OMNI-RES) durante el ejercicio, que ha sido validada para su uso con bandas elásticas<sup>147,150,160</sup>, junto con el número de repeticiones como método para controlar la intensidad.<sup>201,202</sup>

## 5.2 Implicaciones para la salud pública

En el Artículo I se muestra la existencia de un número relativamente escaso de estudios publicados sobre la temática y que se caracterizan por diseños metodológicos de baja calidad, con tamaños muestrales pequeños e intervenciones temporalmente breves. Estos resultados están en concordancia con otras revisiones sistemáticas.<sup>203,204</sup> Pese a que la prescripción de ejercicio físico de forma remota (a través de aplicaciones móviles) está emergiendo, se necesitan más ensayos controlados aleatorizados, con diseños metodológicos rigurosos y que evalúen exhaustivamente los efectos del ejercicio físico sobre las variables de salud relacionadas con la condición física, los factores de riesgo de ECV y la adiposidad. Resulta también prioritario investigar como los factores sociodemográficos influyen el uso de aplicaciones móviles y que estilos de vida (actividad física y hábitos alimentarios) se asocian con su uso. El conocimiento

de estas relaciones permitirá afinar con mayor detalle los contenidos de las intervenciones a través de esta tecnología.

De acuerdo con los resultados presentados en esta Tesis, parece ser que las intervenciones de ejercicio físico desarrolladas a través de aplicaciones móviles podrían ser eficaces si se tienen en consideración ciertos aspectos metodológicos, mencionados en el apartado anterior. Los datos muestran que con este tipo de intervenciones las tasas de adhesión, asistencia y compromiso con el programa de ejercicio físico son aceptables, incluso presentan niveles similares a la prescripción de forma presencial. En este trabajo y de forma intencional no fue utilizada ninguna estrategia para examinar el cumplimiento del programa de entrenamiento por parte del GM. Por esta razón, se recomienda que en investigaciones futuras se introduzcan medidas para controlar y aumentar el cumplimiento de los programas prescritos a través de las aplicaciones móviles.

En el artículo III se destaca la importancia de la prescripción de un programa de entrenamiento de forma presencial para la mejora cardiovascular y de la condición física. Los resultados muestran que el GP obtiene mejoras más significativas en la condición física (fuerza, equilibrio y capacidad aeróbica) y en los factores de riesgo de ECV (presión arterial sistólica, diastólica y media). Por lo tanto, las aplicaciones móviles comerciales y existentes en las plataformas más comunes, parecen ser insuficientemente eficaces para estimular cambios en la condición física, en los factores de riesgo de ECV y en la adiposidad, sobre todo cuando se utiliza como una intervención aislada. La utilización futura como parte de una intervención multifacética podría ser útil para la salud pública. La mayoría de aplicaciones móviles actuales están diseñadas con un enfoque que no tiene en cuenta las características individuales, consecuentemente esto resulta ser una limitación para los usuarios e investigadores. Por lo tanto enfoques más personalizados, que sean dinámicos y sensibles a los cambios de comportamiento del ejercicio físico a través del tiempo son requeridos para mejorar el manejo de las aplicaciones, la participación de los usuarios y el uso prolongado de éstas.

Los resultados del Artículo IV sugieren que la prescripción de un programa de ejercicio físico basado en las recomendaciones del ACSM y la AHA<sup>159</sup> a través de una aplicación móvil no consigue producir cambios en las variables analizadas, respecto al GC. Por

otro lado, los resultados muestran que el mismo programa de entrenamiento prescrito de forma presencial tiene un impacto cardiovascular importante, respecto al GC. De la misma forma que se ha observado en los trabajos previos, el mismo programa de ejercicio físico, prescrito de forma presencial o a través de una aplicación móvil muestra mayor efectividad si es recomendado y guiado cara a cara. Paralelamente se demuestra que un programa de entrenamiento enviado a través de una aplicación móvil y a personas de edad avanzada es viable. Varios son los argumentos que indican la factibilidad de este tipo de intervenciones: el grado de satisfacción de los participantes al terminar la intervención y la intención de continuar usando el programa de entrenamiento una vez finalizada la intervención. El coste económico que este tipo de intervenciones conlleva resulta irrelevante, teniendo en cuenta las mejoras en la salud y los consecuentes ahorros en gastos sanitarios que puede ocasionar el uso de estas aplicaciones para la prescripción de ejercicio físico.

El presente trabajo señala también que la utilización de las bandas elásticas para el incremento de la fuerza muscular requiere mayor interés por parte de los investigadores. La efectividad de éstas, para el aumento de la fuerza muscular, necesita ser probada con estudios que presten mayor atención al grado de elongación de las bandas y mayor esfuerzo para poder establecer un método estandarizado para el cálculo de las intensidades óptimas. Aunque sus potenciales beneficios, tímidamente presentados en la evidencia científica, sobre los sistemas cardiorrespiratorio y locomotor, permiten su cautelosa recomendación para la prescripción de ejercicios de fortalecimiento muscular.



## 6. CONCLUSIONES

- Existe un número escaso de ensayos controlados y aleatorizados que hayan utilizado las aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio físico.
- La mayoría de trabajos publicados en la literatura científica, que han utilizado las aplicaciones móviles para la prescripción de ejercicio físico, son estudios pilotos o de viabilidad en los cuáles se muestran metodologías a prueba y resultados preliminares.
- La utilización de los Smartphone está emergiendo como una herramienta de bajo coste y efectiva para las intervenciones que influyen sobre los comportamientos de salud.
- Un programa de ejercicio físico con una duración de 10 semanas y prescrito a través de una aplicación móvil (WhatsApp) en personas  $\geq 55$  años es viable.
- Un ensayo controlado basado en ejercicio físico y diseñado atendiendo las recomendaciones internacionales, prescrito y dirigido cara a cara disminuye de forma significativa la presión arterial sistólica, diastólica y media y la frecuencia cardiaca después del ejercicio físico en personas  $\geq 55$  años.
- Un ensayo controlado basado en ejercicio físico y diseñado atendiendo las recomendaciones internacionales, prescrito y dirigido cara a cara aumenta de forma significativa la capacidad aeróbica en personas  $\geq 55$  años.
- Un ensayo controlado basado en ejercicio físico, diseñado atendiendo las recomendaciones internacionales y prescrito a través de WhatsApp disminuye de forma no significativa la presión arterial sistólica y la frecuencia cardiaca después del ejercicio en personas  $\geq 55$  años.
- Un ensayo controlado basado en ejercicio físico, diseñado atendiendo las recomendaciones internacionales y prescrito a través de WhatsApp aumenta de

forma no significativa la fuerza muscular, la capacidad aeróbica y el equilibrio en personas  $\geq 55$  años.

- Los efectos de un programa de ejercicio físico dirigido, sobre la condición física, y los factores de riesgo de ECV tiene un impacto más positivo sobre la salud que si el mismo programa se prescribe a través de una aplicación móvil (WhatsApp) en personas  $\geq 55$  años.

## 7. REFERENCIAS

1. The Lancet. Ageing and health—an agenda half completed. *Lancet*. 2015;386(10003):1509. doi:10.1016/S0140-6736(15)00521-8.
2. Suzman R, Beard JR, Boerma T, Chatterji S. Health in an ageing world-what do we know? *Lancet*. November 2014. doi:10.1016/S0140-6736(14)61597-X.
3. Gomez-Cabello a., Pedrero-Chamizo R, Olivares PR, et al. Prevalence of overweight and obesity in non-institutionalized people aged 65 or over from Spain: The elderly EXERNET multi-centre study. *Obes Rev*. 2011;12(8):583-592. doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00878.x.
4. Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT. Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*. 2012;380(9838):219-229. doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9.
5. Pedrero-Chamizo R, Gómez-Cabello a., Delgado S, et al. Physical fitness levels among independent non-institutionalized Spanish elderly: The elderly EXERNET multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;55(2):406-416. doi:10.1016/j.archger.2012.02.004.
6. Muñoz-Arribas A, Vila-Maldonado S, Pedrero-Chamizo R, et al. [Physical fitness evolution in octogenarian population and its relationship with a sedentary lifestyle]. *Nutr Hosp*. 2014;29(4):894-900. doi:10.3305/nh.2014.29.4.7212.
7. Das P, Horton R. Physical activity: more of the same is not enough. *Lancet*. 2012;380:190-191. doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9.
8. Pratt M, Sarmiento OL, Montes F, et al. The implications of megatrends in information and communication technology and transportation for changes in global physical activity. *Lancet*. 2012;380(9838):282-293. doi:10.1016/S0140-6736(12)60736-3.
9. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep*. 1985;100(2):126-131.
10. 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):1-11. doi:10.1038/sj.ijo.0803774.
11. Kodama S, Saito K, Tanaka S, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative

- predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *Jama.* 2009;301:2024-2035. doi:10.1001/jama.2009.681.
12. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ.* 2008;337(jul01 2):a439-a439. doi:10.1136/bmj.a439.
  13. Blair SN, Kohl III HW, Paffenbarger Jr. RS, Clark DG, Cooper KH, Gibbons LW. Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *JAMA.* 1989;262:2395-2401.
  14. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *J Appl Physiol.* 1955;8(1):73-80.
  15. Ortega FB. Physical Activity, Cardiovascular Fitness and Abdominal Adiposity in Children and Adolescents. 2008.
  16. Berry JD, Willis B, Gupta S, et al. Lifetime risks for cardiovascular disease mortality by cardiorespiratory fitness levels measured at ages 45, 55, and 65 years in men: The cooper center longitudinal study. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(15):1604-1610. doi:10.1016/j.jacc.2010.10.056.
  17. Kokkinos P, Myers J, Kokkinos JP, et al. Exercise capacity and mortality in black and white men. *Circulation.* 2008;117(5):614-622. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.734764.
  18. Kaminsky LA, Arena R, Beckie TM, et al. The importance of cardiorespiratory fitness in the United States: the need for a national registry: a policy statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013;127(5):652-662. doi:10.1161/CIR.0b013e31827ee100.
  19. Myers J, McAuley P, Lavie CJ, Despres J-P, Arena R, Kokkinos P. Physical activity and cardiorespiratory fitness as major markers of cardiovascular risk: their independent and interwoven importance to health status. *Prog Cardiovasc Dis.* 57(4):306-314. doi:10.1016/j.pcad.2014.09.011.
  20. Hollenberg M, Yang J, Haight TJ, Tager IB. Longitudinal changes in aerobic capacity: implications for concepts of aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2006;61(8):851-858. doi:61/8/851 [pii].
  21. Kampert JB, Blair SN, Barlow CE, Kohl HW. Physical activity, physical fitness, and all-cause and cancer mortality: a prospective study of men and women. *Ann Epidemiol.* 1996;6(5):452-457.

22. Kokkinos PF, Faselis C, Myers J, Panagiotakos D, Doumas M. Interactive effects of fitness and statin treatment on mortality risk in veterans with dyslipidaemia: A cohort study. *Lancet*. 2013;381(9864):394-399. doi:10.1016/S0140-6736(12)61426-3.
23. Kokkinos P, Faselis C, Myers J, et al. Statin therapy, fitness, and mortality risk in middle-aged hypertensive male veterans. *Am J Hypertens*. 2014;27(3):422-430. doi:10.1093/ajh/hpt241.
24. Shiroma EJ, Lee I-M. Physical activity and cardiovascular health: lessons learned from epidemiological studies across age, gender, and race/ethnicity. *Circulation*. 2010;122(7):743-752. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.914721.
25. McAuley P, Pittsley J, Myers J, Abella J, Froelicher VF. Fitness and fatness as mortality predictors in healthy older men: the veterans exercise testing study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009;64(6):695-699. doi:10.1093/gerona/gln039.
26. Sui X, LaMonte MJ, Laditka JN, et al. Cardiorespiratory fitness and adiposity as mortality predictors in older adults. *JAMA*. 2007;298(21):2507-2516. doi:10.1001/jama.298.21.2507.
27. Barry VW, Baruth M, Beets MW, Durstine JL, Liu J, Blair SN. Fitness vs. fatness on all-cause mortality: A meta-analysis. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014;56(4):382-390. doi:10.1016/j.pcad.2013.09.002.
28. Woo J, Yu R, Yau F. Fitness, fatness and survival in elderly populations. *Age (Dordr)*. 2013;35(3):973-984. doi:10.1007/s11357-012-9398-6.
29. Kokkinos P, Faselis C, Myers J, et al. Cardiorespiratory fitness and the paradoxical BMI-mortality risk association in male veterans. *Mayo Clin Proc*. 2014;89(6):754-762. doi:10.1016/j.mayocp.2014.01.029.
30. Colcombe S, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*. 2003;14(2):125-130.
31. Bherer L, Erickson KI, Liu-Ambrose T. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res*. 2013;2013:657508. doi:10.1155/2013/657508.
32. Hillman CH, Weiss EP, Hagberg JM, Hatfield BD. *The Relationship of Age and Cardiovascular Fitness to Cognitive and Motor Processes*. Vol 39. 2002. doi:10.1017.S0048577201393058.
33. Renaud M, Bherer L, Maquestiaux F. A high level of physical fitness is associated with more efficient response preparation in older adults. *J Gerontol B*

- Psychol Sci Soc Sci.* 2010;65B(3):317-322. doi:10.1093/geronb/gbq004.
34. Barnes DE, Yaffe K, Satariano WA, Tager IB. A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(4):459-465.
  35. 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(12):909-923. doi:10.1136/bjsm.2008.056499.
  36. Wolfe RR. The underappreciated role of muscle in health and disease. *Am J Clin Nutr.* 2006;84(3):475-482. doi:84/3/475 [pii].
  37. Jurca R, Lamonte MJ, Barlow CE, Kampert JB, Church TS, Blair SN. Association of muscular strength with incidence of metabolic syndrome in men. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1849-1855. doi:10.1249/01.mss.0000175865.17614.74.
  38. Volaklis K a., Halle M, Meisinger C. Muscular strength as a strong predictor of mortality: A narrative review. *Eur J Intern Med.* 2015;26(5):303-310. doi:10.1016/j.ejim.2015.04.013.
  39. Laukkanen P, Heikkinen E, Kauppinen M. Muscle strength and mobility as predictors of survival in 75-84-year-old people. *Age Ageing.* 1995;24(6):468-473. doi:10.1093/ageing/24.6.468.
  40. Hairi NN, Cumming RG, Naganathan V, et al. Loss of muscle strength, mass (sarcopenia), and quality (specific force) and its relationship with functional limitation and physical disability: the Concord Health and Ageing in Men Project. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(11):2055-2062. doi:10.1111/j.1532-5415.2010.03145.x.
  41. Cheung C-L, Nguyen U-SDT, Au E, Tan KCB, Kung AWC. Association of handgrip strength with chronic diseases and multimorbidity: a cross-sectional study. *Age (Dordr).* 2013;35(3):929-941. doi:10.1007/s11357-012-9385-y.
  42. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, et al. Muscular strength and adiposity as predictors of adulthood cancer mortality in men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2009;18(5):1468-1476. doi:10.1158/1055-9965.EPI-08-1075.
  43. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ.* 2012;345:e7279. doi:10.1136/bmj.e7279.

44. Artero EG, Lee D, Ruiz JR, et al. A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(18):1831-1837. doi:10.1016/j.jacc.2010.12.025.
45. Gale CR, Martyn CN, Cooper C, Sayer AA. Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol.* 2007;36(1):228-235. doi:10.1093/ije/dyl224.
46. Sasaki H, Kasagi F, Yamada M, Fujita S. Grip strength predicts cause-specific mortality in middle-aged and elderly persons. *Am J Med.* 2007;120(4):337-342. doi:10.1016/j.amjmed.2006.04.018.
47. Stenholm S, Mehta NK, Elo IT, Heliövaara M, Koskinen S, Aromaa A. Obesity and muscle strength as long-term determinants of all-cause mortality—a 33-year follow-up of the Mini-Finland Health Examination Survey. *Int J Obes (Lond).* 2014;38(8):1-7. doi:10.1038/ijo.2013.214.
48. Maslow AL, Sui X, Colabianchi N, Hussey J, Blair SN. Muscular strength and incident hypertension in normotensive and prehypertensive men. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(2):288-295. doi:10.1249/MSS.0b013e3181b2f0a4.
49. Wijndaele K, Duvigneaud N, Matton L, et al. Muscular strength, aerobic fitness, and metabolic syndrome risk in Flemish adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(2):233-240. doi:10.1249/01.mss.0000247003.32589.a6.
50. Kohl HW, Gordon NF, Scott CB, Vaandrager H, Blair SN. Musculoskeletal strength and serum lipid levels in men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 1992;24(10):1080-1087.
51. Schaap LA, Pluijm SMF, Deeg DJH, Visser M. Inflammatory Markers and Loss of Muscle Mass (Sarcopenia) and Strength. *Am J Med.* 2006;119(6). doi:10.1016/j.amjmed.2005.10.049.
52. Visser M, Pahor M, Taaffe DR, et al. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor- $\alpha$  with muscle mass and muscle strength in elderly men and women: the Health ABC Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57(5):M326-M332.
53. McDermott MM, Liu K, Tian L, et al. Calf muscle characteristics, strength measures, and mortality in peripheral arterial disease: A longitudinal study. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(13):1159-1167. doi:10.1016/j.jacc.2011.12.019.
54. Kilgour RD, Vigano A, Trutschnigg B, Lucar E, Borod M, Morais JA. Handgrip strength predicts survival and is associated with markers of clinical and functional outcomes in advanced cancer patients. *Support Care Cancer.*

- 2013;21(12):3261-3270. doi:10.1007/s00520-013-1894-4.
55. Chen C-H, Ho-Chang, Huang Y-Z, Hung T-T. Hand-grip strength is a simple and effective outcome predictor in esophageal cancer following esophagectomy with reconstruction: a prospective study. *J Cardiothorac Surg.* 2011;6:98. doi:10.1186/1749-8090-6-98.
  56. Wang AY-M, Sea MM-M, Ho ZS-Y, Lui S-F, Li PK-T, Woo J. Evaluation of handgrip strength as a nutritional marker and prognostic indicator in peritoneal dialysis patients. *Am J Clin Nutr.* 2005;81(1):79-86.
  57. Puhan MA, Siebeling L, Zoller M, Muggensturm P, ter Riet G. Simple functional performance tests and mortality in COPD. *Eur Respir J.* 2013;42(4):956-963. doi:10.1183/09031936.00131612.
  58. Winter D. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995;3(4):193-214. doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9.
  59. Howe TE, Rochester L, Neil F, Skelton DA, Ballinger C. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane database Syst Rev.* 2011;(11):CD004963. doi:10.1002/14651858.CD004963.pub3.
  60. Judge JO, Lindsey C, Underwood M, Winsemius D. *Balance Improvements in Older Women: Effects of Exercise Training.* Vol 73. 1993.
  61. Cooper R, Kuh D, Hardy R. Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2010;341:c4467.
  62. Cooper R, Kuh D, Cooper C, et al. Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age Ageing.* 2011;40(1):14-23. doi:10.1093/ageing/afq117.
  63. Cesari M, Kritchevsky SB, Newman AB, et al. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 2009;57(2):251-259. doi:10.1111/j.1532-5415.2008.02126.x.
  64. Cesari M, Onder G, Zamboni V, et al. Physical function and self-rated health status as predictors of mortality: results from longitudinal analysis in the ilSIRENTE study. *BMC Geriatr.* 2008;8:34. doi:10.1186/1471-2318-8-34.
  65. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cesari M, Vellas B, Pahor M, Grandjean H. Physical performance measures as predictors of mortality in a cohort of community-dwelling older French women. *Eur J Epidemiol.* 2006;21(2):113-122. doi:10.1007/s10654-005-5458-x.

66. Takata Y, Ansai T, Akifusa S, et al. Physical fitness and 4-year mortality in an 80-year-old population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2007;62(8):851-858.
67. Rolland Y, Abellan van Kan G, Nourhashemi F, et al. An abnormal “one-leg balance” test predicts cognitive decline during Alzheimer’s disease. *J Alzheimers Dis.* 2009;16(3):525-531. doi:10.3233/JAD-2009-0987.
68. Leandri M, Campbell J, Molfetta L, Barbera C, Tabaton M. Relationship between balance and cognitive performance in older people. *J Alzheimers Dis.* 2015;45(3):705-707. doi:10.3233/JAD-142883.
69. Mendis S, Puska P, Norrving B. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. *World Heal Organ.* 2011:2-14.
70. Jackson CF, Wenger NK. Enfermedad cardiovascular en el anciano. *Rev Española Cardiol.* 2011;64(8):697-712. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.recesp.2011.05.001>.
71. Cheng S-J, Yu H-K, Chen Y-C, et al. Physical Activity and Risk of Cardiovascular Disease Among Older Adults. *Int J Gerontol.* 2013;7(3):133-136. doi:10.1016/j.ijge.2013.03.001.
72. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SSD. Health benefits of physical activity: the evidence. *CMAJ.* 2006;174(6):801-809. doi:10.1503/cmaj.051351.
73. Kokkinos P. Cardiorespiratory fitness, exercise, and blood pressure. *Hypertension.* 2014;64(6):1160-1164. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03616.
74. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013;2(1). doi:10.1161/JAHA.112.004473.
75. Sesso HD, Stampfer MJ, Rosner B, et al. Systolic and diastolic blood pressure, pulse pressure, and mean arterial pressure as predictors of cardiovascular disease risk in Men. *Hypertension.* 2000;36:801-807. doi:10.1161/01.HYP.36.5.801.
76. Collier SR, Kanaley JA, Carhart R, et al. Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens.* 2008;22(10):678-686. doi:10.1038/jhh.2008.36.
77. 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. *Obes Rev.* 2012;13(3):275-286.

- doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00952.x.
78. Browning L, Hsieh S, Ashwell M. A systematic review of waist-to-height ratio as a screening tool for the prediction of cardiovascular disease and diabetes: 0.5 could be a suitable global boundary value. *Nutr Res Rev.* 2010;23(2):247-269. doi:10.1017/S0954422410000144.
  79. Katzmarzyk PT, Janssen I, Ross R, Church TS, Blair SN. The importance of waist circumference in the definition of metabolic syndrome: prospective analyses of mortality in men. *Diabetes Care.* 2006;29(2):404-409.
  80. Ross R, Freeman J, Hudson R, Janssen I. Abdominal obesity, muscle composition, and insulin resistance in premenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2002;87(11):5044-5051. doi:10.1210/jc.2002-020570.
  81. Nicklas BJ, Wang X, You T, et al. Effect of exercise intensity on abdominal fat loss during calorie restriction in overweight and obese postmenopausal women: a randomized, controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(4):1043-1052. doi:10.3945/ajcn.2008.26938.
  82. Ross R, Hudson R, Stotz PJ, Lam M. Effects of exercise amount and intensity on abdominal obesity and glucose tolerance in obese adults: a randomized trial. *Ann Intern Med.* 2015;162(5):325-334. doi:10.7326/M14-1189.
  83. Church TS, Martin CK, Thompson AM, Earnest CP, Mikus CR, Blair SN. Changes in weight, waist circumference and compensatory responses with different doses of exercise among sedentary, overweight postmenopausal women. *PLoS One.* 2009;4(2):e4515. doi:10.1371/journal.pone.0004515.
  84. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999;341:1351-1357. doi:10.1097/00008483-200003000-00012.
  85. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S. Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sport Exerc.* 2001;33(9):1496-1502. <Go to ISI>://WOS:000170853900012.
  86. Villareal DT, Apovian CM, Kushner RF, Klein S. Obesity in older adults: Technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Am J Clin Nutr.* 2005;82(5):923-934. doi:10.1038/oby.2005.228.
  87. Han TS, Tajar A, Lean MEJ. Obesity and weight management in the elderly. *Br Med Bull.* 2011;97(1):169-196. doi:10.1093/bmb/ldr002.

88. Schragger MA, Metter EJ, Simonsick E, et al. Sarcopenic obesity and inflammation in the InCHIANTI study. *J Appl Physiol.* 2007;102(3):919-925. doi:10.1152/jappphysiol.00627.2006.
89. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. In: *Age and Ageing.* Vol 39. ; 2010:412-423. doi:10.1093/ageing/afq034.
90. Mathus-Vliegen EMH, Basdevant A, Finer N, et al. Prevalence, pathophysiology, health consequences and treatment options of obesity in the elderly: A guideline. *Obes Facts.* 2012;5(3):460-483. doi:10.1159/000341193.
91. Pischon T, Boeing H, Hoffmann K, et al. General and abdominal adiposity and risk of death in Europe. *N Engl J Med.* 2008;359(20):2105-2120. doi:10.1056/NEJMoa0801891.
92. Blair SN, Morris JN. Healthy hearts--and the universal benefits of being physically active: physical activity and health. *Ann Epidemiol.* 2009;19(4):253-256. doi:10.1016/j.annepidem.2009.01.019.
93. Palombaro KM, Black JD, Buchbinder R, Jette DU. Effectiveness of Exercise for Managing Osteoporosis in Women Postmenopause. *Phys Ther.* 2013:1021-1025. doi:10.2522/ptj.20110476.
94. Davies NJ, Batehup L, Thomas R. The role of diet and physical activity in breast, colorectal, and prostate cancer survivorship: a review of the literature. *Br J Cancer.* 2011;105 Suppl (S1):S52-S73. doi:10.1038/bjc.2011.423.
95. Chimen M, Kennedy A, Nirantharakumar K, Pang TT, Andrews R, Narendran P. What are the health benefits of physical activity in type 1 diabetes mellitus? A literature review. *Diabetologia.* 2012;55(3):542-551. doi:10.1007/s00125-011-2403-2.
96. Kohl HW, Craig CL, Lambert EV, et al. The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet.* 2012;380(9838):294-305. doi:10.1016/S0140-6736(12)60898-8.
97. Mathers CD, Stevens G a, Boerma T, White R a, Tobias MI. Causes of international increases in older age life expectancy. *Lancet.* 2014;6736(14):1-9. doi:10.1016/S0140-6736(14)60569-9.
98. Blackman KC, Zoellner J, Berrey LM, et al. Assessing the internal and external validity of mobile health physical activity promotion interventions: a systematic

- literature review using the RE-AIM framework. *J Med Internet Res.* 2013;15(10):e224. doi:10.2196/jmir.2745.
99. Oh H, Rizo C, Enkin M, Jadad A. What is eHealth?: a systematic review of published definitions. *World Hosp Health Serv.* 2005;41(1):32-40.
  100. Ryu S. Book Review: mHealth: New Horizons for Health through Mobile Technologies: Based on the Findings of the Second Global Survey on eHealth (Global Observatory for eHealth Series, Volume 3). *Healthc Inform Res.* 2012;18(3):231. doi:10.4258/hir.2012.18.3.231.
  101. Think with Google. Our Mobile Planet. 2013. <http://services.google.com/fh/files/misc/omp-2013-es-local.pdf>.
  102. Klasnja P, Pratt W. Healthcare in the pocket: mapping the space of mobile-phone health interventions. *J Biomed Inform.* 2012;45(1):184-198. doi:10.1016/j.jbi.2011.08.017.
  103. Dèglise C, Suggs LS, Odermatt P. Short message service (SMS) applications for disease prevention in developing countries. *J Med Internet Res.* 2012;14(1). doi:10.2196/jmir.1823.
  104. Kannisto KA, Koivunen MH, Välimäki MA. Use of mobile phone text message reminders in health care services: a narrative literature review. *J Med Internet Res.* 2014;16(10):e222. doi:10.2196/jmir.3442.
  105. Jayaraman C, Kennedy P, Dutu G, Lawrenson R. Use of mobile phone cameras for after-hours triage in primary care. *J Telemed Telecare.* 2008;14(5):271-274. doi:10.1258/jtt.2008.080303.
  106. Case MA, Burwick HA, Volpp KG, Patel MS. Accuracy of Smartphone Applications and Wearable Devices for Tracking Physical Activity Data. *JAMA.* 2015;313(6):625. doi:10.1001/jama.2014.17841.
  107. Safran Naimark J, Madar Z, R Shahar D. The Impact of a Web-Based App (eBalance) in Promoting Healthy Lifestyles: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res.* 2015;17(3):e56. doi:10.2196/jmir.3682.
  108. Wang C-H, Chou P-C, Joa W-C, et al. Mobile-phone-based home exercise training program decreases systemic inflammation in COPD: a pilot study. *BMC Pulm Med.* 2014;14:142. doi:10.1186/1471-2466-14-142.
  109. Mattila E, Pärkkä J, Hermersdorf M, et al. Mobile diary for wellness management--results on usage and usability in two user studies. *IEEE Trans Inf Technol Biomed.* 2008;12(4):501-512. doi:10.1109/TITB.2007.908237.

110. Stephens J, Allen J. Mobile phone interventions to increase physical activity and reduce weight: a systematic review. *J Cardiovasc Nurs.* 2013;28(4):320-329. doi:10.1097/JCN.0b013e318250a3e7.
111. Fanning J, Mullen SP, McAuley E. Increasing physical activity with mobile devices: a meta-analysis. *J Med Internet Res.* 2012;14(6):e161. doi:10.2196/jmir.2171.
112. Muntaner A, Vidal-Conti J, Palou P. Increasing physical activity through mobile device interventions: A systematic review. *Health Informatics J.* February 2015. doi:10.1177/1460458214567004.
113. Bort-Roig J, Gilson ND, Puig-Ribera A, Contreras RS, Trost SG. Measuring and influencing physical activity with smartphone technology: a systematic review. *Sports Med.* 2014;44(5):671-686. doi:10.1007/s40279-014-0142-5.
114. Krishna S, Boren SA, Balas EA. Healthcare via cell phones: a systematic review. *Telemed J E Health.* 2009;15(3):231-240. doi:10.1089/tmj.2008.0099.
115. Fjeldsoe BS, Marshall AL, Miller YD. Behavior change interventions delivered by mobile telephone short-message service. *Am J Prev Med.* 2009;36(2):165-173. doi:10.1016/j.amepre.2008.09.040.
116. Lau PWC, Lau EY, Wong DP, Ransdell L. A systematic review of information and communication technology-based interventions for promoting physical activity behavior change in children and adolescents. *J Med Internet Res.* 2011;13(3):e48. doi:10.2196/jmir.1533.
117. Gefen R, Dunsky A, Hutzler Y. Balance training using an iPhone application in people with familial dysautonomia: three case reports. *Phys Ther.* 2015;95(3):380-388. doi:10.2522/ptj.20130479.
118. WhatsApp-Website. <http://blog.whatsapp.com/>. Accessed August 16, 2015.
119. Johnston MJ, King D, Arora S, et al. Smartphones let surgeons know WhatsApp: an analysis of communication in emergency surgical teams. *Am J Surg.* 2015;209(1):45-51. doi:10.1016/j.amjsurg.2014.08.030.
120. Telco Trends for 2015. <http://www.strategyand.pwc.com/>. Accessed August 17, 2015.
121. Montag C, Błaszczewicz K, Sariyska R, et al. Smartphone usage in the 21st century: who is active on WhatsApp? *BMC Res Notes.* 2015;8:331. doi:10.1186/s13104-015-1280-z.

122. Zotti F, Dalessandri D, Salgarello S, et al. Usefulness of an app in improving oral hygiene compliance in adolescent orthodontic patients. *Angle Orthod.* March 2015. doi:10.2319/010915-19.1.
123. Dhiliwal SR, Salins N. Smartphone applications in palliative homecare. *Indian J Palliat Care.* 2015;21(1):88-91. doi:10.4103/0973-1075.150199.
124. Giordano V, Koch HA, Mendes CH, Bergamin A, de Souza FS, do Amaral NP. WhatsApp Messenger is useful and reproducible in the assessment of tibial plateau fractures: inter- and intra-observer agreement study. *Int J Med Inform.* 2015;84(2):141-148. doi:10.1016/j.ijmedinf.2014.11.002.
125. Middelweerd A, Mollee JS, van der Wal C, Brug J, Te Velde SJ. Apps to promote physical activity among adults: a review and content analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2014;11(1):97. doi:10.1186/s12966-014-0097-9.
126. Buijink AWG, Visser BJ, Marshall L. Medical apps for smartphones: lack of evidence undermines quality and safety. *Evid Based Med.* 2013;18(3):90-92. doi:10.1136/eb-2012-100885.
127. American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(6):992-1008.
128. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8):1435-1445. doi:10.1249/mss.0b013e3180616aa2.
129. Services USD of H and HS. 2008 Physical Activity Guidelines for Americans: Contents. *hhs.gov.* 2008. <http://www.health.gov/PAGuidelines/guidelines/default.aspx>.
130. Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(7):1510-1530. doi:10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c.
131. Sims J, Hill K, Hunt S, Haralambous B. Physical activity recommendations for older Australians. *Australas J Ageing.* 2010;29(2):81-87. doi:10.1111/j.1741-6612.2009.00388.x.
132. WHO. Global recommendations on physical activity for health. *Geneva World Heal Organ.* 2010;60. doi:10.1080/11026480410034349.

133. Paterson DH, Jones GR, Rice CL. Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults. *Can J Public Health*. 2007;98 Suppl 2:S69-S108.
134. Lin X, Zhang X, Guo J, et al. Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. 2015:1-29. doi:10.1161/JAHA.115.002014.
135. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670.
136. Peterson MD, Rhea MR, Sen A, Gordon PM. Resistance exercise for muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2010;9:226-237. doi:10.1016/j.arr.2010.03.004.
137. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(5):902-914. doi:10.1249/MSS.0b013e3181c34465.
138. Sattelmair JR, Pertman JH, Forman DE. Effects of physical activity on cardiovascular and noncardiovascular outcomes in older adults. *Clin Geriatr Med*. 2009;25(4):677-702, viii - ix. doi:10.1016/j.cger.2009.07.004.
139. Roig M, O'Brien K, Kirk G, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2009;43(8):556-568. doi:10.1136/bjism.2008.051417.
140. Pereira MIR, Gomes PSC. Movement velocity in resistance training. *Sports Med*. 2003;33(6):427-438.
141. Coyle EF, Feiring DC, Rotkis TC, et al. *Specificity of Power Improvements through Slow and Fast Isokinetic Training*. Vol 51. 1981.
142. Knapik JJ, Mawdsley RH, Ramos MU. Angular Specificity and Test Mode Specificity of Isometric and Isokinetic Strength Training \*. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1983;5(2):58-65. doi:10.2519/jospt.1983.5.2.58.
143. Folland JP, Hawker K, Leach B, Little T, Jones DA. *Strength Training: Isometric Training at a Range of Joint Angles versus Dynamic Training*. Vol 23. 2005. doi:10.1080/02640410400021783.

144. Tesch PA, Thorsson A, Essén-Gustavsson B. Enzyme activities of FT and ST muscle fibers in heavy-resistance trained athletes. *J Appl Physiol*. 1989;67(1):83-87.
145. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(3):456-464. doi:10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4.
146. Dishman R, Washburn R, Heath G. *Physical Activity Epidemiology*. Champaign: IL: Human Kinetics; 2004.
147. Colado JC, Garcia-Masso X, Triplett NT, et al. Construct and concurrent validation of a new resistance intensity scale for exercise with thera-band® elastic bands. *J Sports Sci Med*. 2014;13(4):758-766.
148. Hintermeister RA, Lange GW, Schultheis JM, Bey MJ, Hawkins RJ. Electromyographic activity and applied load during shoulder rehabilitation exercises using elastic resistance. *Am J Sports Med*. 26(2):210-220.
149. Melchiorri G, Rainoldi A. Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(6):954-959. doi:10.1016/j.jelekin.2011.07.015.
150. Colado JC, Triplett NT. Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *J Strength Cond Res*. 2008;22(5):1441-1448. doi:10.1519/JSC.0b013e31817ae67a.
151. Martins WR, de Oliveira RJ, Carvalho RS, de Oliveira Damasceno V, da Silva VZM, Silva MS. Elastic resistance training to increase muscle strength in elderly: A systematic review with meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. 2013;57(1):8-15. doi:10.1016/j.archger.2013.03.002.
152. Rikli RE, Jones CJ. *Senior Fitness Test Manual*. Vol 1. 2001.
153. Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación y Ciencia. *Test Europeo de Aptitud Física*.; 1992.
154. Ruiz-Ruiz J, Mesa JLM, Gutiérrez A, Castillo MJ. Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *J Hand Surg Am*. 2002;27(5):897-901.
155. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. *International Standards for Anthropometric Assessment: ISAK*. South Africa: Potchefstroom; 2006.
156. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health*. 1998;52(6):377-384.

157. Kumar S, Nilsen WJ, Abernethy A, et al. Mobile health technology evaluation: the mHealth evidence workshop. *Am J Prev Med.* 2013;45(2):228-236. doi:10.1016/j.amepre.2013.03.017.
158. Welk G. *Physical Activity Assessments for Health-Related Research.* Champaign: IL: Human Kinetics; 2002.
159. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. 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(7):1334-1359. doi:10.1249/MSS.0b013e318213febf.
160. Colado JC, Garcia-Masso X, Triplett TN, Flandez J, Borreani S, Tella V. Concurrent Validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion With Thera-Band Resistance Bands. *J Strength Cond Res.* 2012;26:3018-3024. doi:10.1519/JSC.0b013e318245c0c9.
161. Direito A, Jiang Y, Whittaker R, Maddison R. Apps for IMproving FITness and Increasing Physical Activity Among Young People: The AIMFIT Pragmatic Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res.* 2015;17(8):e210. doi:10.2196/jmir.4568.
162. Crowther M, Lim W, Crowther MA. Systematic review and meta-analysis methodology. *Blood.* 2010;116(17):3140-3146. doi:10.1182/blood-2010-05-280883.
163. Ressing M, Blettner M, Klug SJ. Systematic literature reviews and meta-analyses: part 6 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int.* 2009;106(27):456-463. doi:10.3238/arztebl.2009.0456.
164. Enright PL. The six-minute walk test. *Respir Care.* 2003;48(8):783-785.
165. Pedrosa R, Holanda G. Correlation between the walk , 2-minute step and tug tests among hypertensive older women. *Rev Bras Fisioter.* 2009;13(June):252-256.
166. Rikli R, Jones C. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act.* 1999;7:129-161.
167. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-117. doi:10.1164/ajrccm.166.1.at1102.
168. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age Ageing.* 2011;40(4):423-429. doi:10.1093/ageing/afr051.

169. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003;95(5):1851-1860. doi:10.1152/jappphysiol.00246.2003.
170. Benvenuti F, Mecacci R, Gineprari I, et al. Kinematic characteristics of standing disequilibrium: Reliability and validity of a posturographic protocol. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(3):278-287. doi:10.1016/S0003-9993(99)90138-7.
171. Browne JE, O'Hare NJ. Review of the Different Methods for Assessing Standing Balance. *Physiotherapy*. 2001;87(9):489-495. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9406(05)60696-7.
172. Mancini M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2010;46(2):239-248.
173. Pickering TG. Principles and techniques of blood pressure measurement. *Cardiol Clin*. 2002;20(2):207-223. doi:10.1016/S0733-8651(01)00009-1.
174. Pickering TG, Hall JE, Appel LJ, et al. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Council. *Circulation*. 2005;111(5):697-716. doi:10.1161/01.CIR.0000154900.76284.F6.
175. van Montfrans G a. Oscillometric blood pressure measurement: progress and problems. *Blood Press Monit*. 2001;6(November):287-290. doi:10.1097/00126097-200112000-00004.
176. Amoore JN, Scott DH. Can simulators evaluate systematic differences between oscillometric non-invasive blood-pressure monitors? *Blood Press Monit*. 2000;5(2):81-89.
177. Grim CE, Grim CM. The Omron Elite 7300W home blood pressure monitor passes the European Society of Hypertension International Validation Protocol for women and men. *Blood Press Monit*. 2009;14(2):87-90. doi:10.1097/MBP.0b013e328329d294.
178. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *Br J Radiol*. 2012;85(1009):1-10. doi:10.1259/bjr/38447238.
179. Wu H, Xu S, Chen L, Zhang H. Waist to height ratio as a predictor of abdominal fat distribution in men. *Chin J Physiol*. 2009;52(6):441-445.

180. Pouliot M-C, Després J-P, Lemieux S, et al. Waist circumference and abdominal sagittal diameter: Best simple anthropometric indexes of abdominal visceral adipose tissue accumulation and related cardiovascular risk in men and women. *Am J Cardiol.* 1994;73(7):460-468. doi:10.1016/0002-9149(94)90676-9.
181. Onat A, Avci GS, Barlan MM, Uyarel H, Uzunlar B, Sansoy V. Measures of abdominal obesity assessed for visceral adiposity and relation to coronary risk. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004;28(8):1018-1025. doi:10.1038/sj.ijo.0802695.
182. Prospective Studies Collaboration. Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *Lancet.* 2009;373(9669):1083-1096. doi:10.1016/S0140-6736(09)60318-4.
183. Mullen JT, Moorman DW, Davenport DL. The obesity paradox: body mass index and outcomes in patients undergoing nonbariatric general surgery. *Ann Surg.* 2009;250(1):166-172. doi:10.1097/SLA.0b013e3181ad8935.
184. Ortega FB, Sui X, Lavie CJ, Blair SN. Body mass index, the most widely used but also widely criticized index: would a goldstandard measure of total body fat be a better predictor of cardiovascular disease mortality? *Mater no Publicado.*
185. Schutz Y, Kyle UUG, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:953-960. doi:10.1038/sj.ijo.0802037.
186. Wells JCK, Fewtrell MS. Measuring body composition. *Arch Dis Child.* 2006;91(7):612-617. doi:10.1136/adc.2005.085522.
187. Fogelholm M, van Marken Lichtenbelt W. Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur J Clin Nutr.* 1997;51(8):495-503.
188. Dehghan M, Merchant AT. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *Nutr J.* 2008;7:26. doi:10.1186/1475-2891-7-26.
189. Hall AK, Cole-Lewis H, Bernhardt JM. Mobile text messaging for health: a systematic review of reviews. *Annu Rev Public Health.* 2015;36:393-415. doi:10.1146/annurev-publhealth-031914-122855.
190. Kaplan WA. Can the ubiquitous power of mobile phones be used to improve health outcomes in developing countries? *Global Health.* 2006;2:9. doi:10.1186/1744-8603-2-9.
191. Dayer L, Heldenbrand S, Anderson P, Gubbins PO, Martin BC. Smartphone medication adherence apps: potential benefits to patients and providers. *J Am*

- Pharm Assoc (2003)*. 2013;53(2):172-181. doi:10.1331/JAPhA.2013.12202.
192. Conroy DE, Yang C-H, Maher JP. Behavior change techniques in top-ranked mobile apps for physical activity. *Am J Prev Med*. 2014;46(6):649-652. doi:10.1016/j.amepre.2014.01.010.
  193. Maher CA, Lewis LK, Ferrar K, Marshall S, De Bourdeaudhuij I, Vandelanotte C. Are health behavior change interventions that use online social networks effective? A systematic review. *J Med Internet Res*. 2014;16(2):e40. doi:10.2196/jmir.2952.
  194. Colado JC, Garcia-Masso X, Pellicer M, Alakhdar Y, Benavent J, Cabeza-Ruiz R. A comparison of elastic tubing and isotonic resistance exercises. *Int J Sports Med*. 2010;31(11):810-817. doi:10.1055/s-0030-1262808.
  195. Robertson R. *Perceived Exertion for Practitioners*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.
  196. ROBERTSON RJ, GOSS FL, RUTKOWSKI J, et al. Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Med Sci Sport Exerc*. 2003;35(2):333-341. doi:10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A.
  197. Robertson RJ, Goss FL, Dube J, et al. Validation of the adult OMNI scale of perceived exertion for cycle ergometer exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(1):102-108. doi:10.1249/01.MSS.0000106169.35222.8B.
  198. Lagally KM, Robertson RJ, Gallagher KI, et al. Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(3):552-559; discussion 560.
  199. Lephley AS, Hatzel BM. Effects of weightlifting and breathing technique on blood pressure and heart rate. *J Strength Cond Res*. 2010;24(8):2179-2183. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e2741d.
  200. Miller PC, Hall EE, Chmelo EA, Morrison JM, DeWitt RE, Kostura CM. The influence of muscle action on heart rate, RPE, and affective responses after upper-body resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2009;23(2):366-372. doi:10.1519/JSC.0b013e31818548f6.
  201. Kraemer WJ, Keuning M, Ratamess NA, et al. Resistance training combined with bench-step aerobics enhances women's health profile. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(2):259-269.
  202. Campos GER, Luecke TJ, Wendeln HK, et al. Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum

- training zones. *Eur J Appl Physiol*. 2002;88(1-2):50-60. doi:10.1007/s00421-002-0681-6.
203. Richards J, Thorogood M, Hillsdon M, Foster C. Face-to-face versus remote and web 2.0 interventions for promoting physical activity. *Cochrane database Syst Rev*. 2013;9:CD010393. doi:10.1002/14651858.CD010393.pub2.
204. Foster C, Richards J, Thorogood M, Hillsdon M. Remote and web 2.0 interventions for promoting physical activity. *Cochrane database Syst Rev*. 2013;9:CD010395. doi:10.1002/14651858.CD010395.pub2.



