

# Involució de la condició física per l'envelliment

ANA CARBONELL BAEZA, VIRGINIA APARICIO GARCÍA-MOLINA I MANUEL DELGADO FERNÁNDEZ

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Departamento de Educación Física y Deportiva. Granada. España.

## RESUM

El percentatge de població de gent gran s'està incrementant a Espanya. L'envelliment produeix una involució de les capacitats físiques, la qual cosa origina un deteriorament de l'estat físic i una reducció de la funcionalitat. Aquests fets condicionen greus problemes de salut pública per l'aparició de malalties degeneratives, amb el consegüent cost econòmic per al seu tractament. A mesura que l'edat avança es produeix una pèrdua de força de cames i força de braços, un descens no constant del  $VO_{2max}$  i una reducció progressiva no lineal i específica per articulació i moviment articular de la flexibilitat. A més, en persones grans els trastorns freqüents d'equilibri alteren el patró de la marxa. I finalment es produeixen modificacions substancials de la composició corporal amb disminució de la massa lliure de greix, fet que condiciona un descens de la despesa energètica en repòs i un increment de la massa greix.

**PARAULES CLAU:** Envelliment. Condició física. Força. Capacitat aeròbica. Composició corporal.

## ABSTRACT

The elderly population is increasing in Spain. The aging process is associated with gradual declines in physical fitness and functional ability. These facts can lead to serious public health problems with the appearance of degenerative diseases and the resulting economic cost for their treatment. There is a loss of strength, a not constant decrease of  $VO_{2max}$  and a progressive but not linear decreasing of specific joint mobility with advancing age. In addition, balance disorders are common in elderly people and these alter basic parameters of locomotion. Significant changes occur in body composition with aging: fat free mass decreases and it determines low energy expenditure in basal metabolism and an increasing of fat mass.

**KEY WORDS:** Ageing. Physical fitness. Strength. Aerobic capacity. Body composition.

## ESpanya, una societat que envellaix

El percentatge de població major de 65 anys s'ha anat incrementant amb el pas del temps, i ha passat de ser el 13,79% el 1991 al 16,61% l'any 2007<sup>1</sup>.

Un altre fet destacable és que el 2001 el nombre de persones grans va començar a ser superior al de nens de 0 a 14 anys, i que la grandària del grup de gent gran, i especialment octogenaris, ja és prou àmplia com per tenir un fort impacte en els sistemes sanitaris i de serveis socials, perquè solen tenir un grau superior de soledat,

discapacitat, dependència i morbiditat<sup>2</sup>. El 2020 el grup de 85 i més anys haurà crescut un 50% i es triplicarà l'any 2050<sup>3</sup>.

La taxa de dependència (relació entre les persones de 65 i més anys i el grup d'edat de 16 a 64 anys) el 2005, segons el Padró Municipal d'Habitants, és del 24,5%, o el que és el mateix, una persona gran per cada quatre en edat de treballar<sup>3</sup>. Aquesta tendència d'inversió demogràfica es preveu que continuarà augmentant els propers anys, generant una descompensació entre la població treballadora i la població jubilada. Això obliga a dirigir l'esforç científic i sanitari no sols a tractar les

Ana Carbonell té una beca (FPU) del Ministeri d'Educació i Ciència (AP-2006-03676)

Rebut el 21 de gener de 2009 / Acceptat el 20 de febrer de 2009.

**Correspondència:** Ana Carbonell Baeza ([anellba@ugr.es](mailto:anellba@ugr.es)).

diverses malalties que s'associen a la vellesa, sinó també a promoure un envelliment saludable.

L'envelliment és un procés fisiològic influenciable. Aquesta influència pot ser negativa (accelerant-lo) o positiva (retardant-lo). Atès que la característica principal de l'envelliment és la pèrdua progressiva de funcionalitat i atès que l'envelliment i la mort no estan genèticament programats, resulta possible retardar o atenuar aquest declivi funcional, millorar la salut i el bon estat de forma física i mental. En primer lloc, evitant conductes de risc (p. ex., el tabaquisme, el consum excessiu d'alcohol, l'exposició excessiva al sol i l'obesitat) que acceleren l'expressió de malalties relacionades amb l'edat. En segon lloc, adoptant conductes que es beneficien d'una fisiologia que és inherentment modificable; aquestes conductes són la pràctica habitual d'exercici (que mantingui l'organisme en bona forma) i el seguiment d'una pauta d'alimentació saludable<sup>4</sup>.

Castillo<sup>5</sup> afirma que l'exercici físic, practicat d'una manera regular i apropiadament, és la millor eina avui disponible per fomentar la salut i el benestar de la persona. Quan es fa d'una manera adequada (cosa que no és tasca fàcil), els beneficis de l'exercici es produeixen sempre, independentment de l'edat, l'estat de salut i la condició física de la persona.

Les intervencions de caràcter prescriptiu han estat orientades en la població general cap a la millora de la capacitat aeròbica, la composició corporal, les capacitats coordinatives de la condició física, *fitness* metabòlic i estat d'ànim<sup>6</sup>. Per concebre-ho i dur-ho a terme és fonamental tenir en compte l'estat biològic de la persona gran.

### COM INFLUEIX L'ENVELLIMENT EN LA CONDICIÓ FÍSICA?

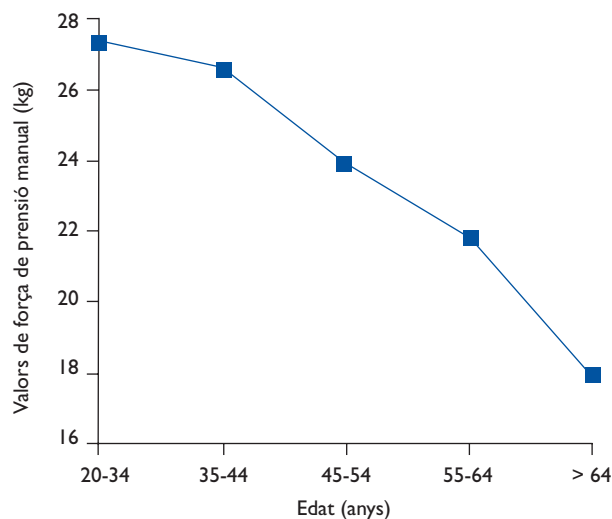
L'envelliment associat a l'edat té una alta dependència del deteriorament que es produeix en les qualitats físiques humanes. Per tant, el coneixement de com aquestes evolucionen i com es poden desenvolupar serà garantia, d'una banda, d'un millor coneixement de com és una persona gran i, per una altra, de com poden actuar-hi per aconseguir pal·liar el deteriorament esmentat.

Tot seguit s'analitza la incidència de l'envelliment en cadascuna de les qualitats físiques.

#### Força del tren superior

Es redueix la força de prensió manual en dones<sup>7,8</sup> i homes<sup>8,9</sup> a mesura que l'edat augmenta. Forrest et al<sup>9</sup> van fer un estudi transversal i longitudinal de 7 anys amb homes entre 51 i 84 anys i van trobar que els homes majors de 75 anys tenien un

**Figura 1** Evolució de la força del tren superior amb l'edat. Resultats de l'estudi de Núñez et al<sup>10</sup>.



27,6% menys de força que els menors de 60. L'estudi longitudinal els va aportar una ràtio mitjana de descens del 2,8% per any. L'anàlisi per grups d'edat va reflectir que aquesta ràtio era del 2% en els menors de 60 i del 3,4% en els majors de 75 anys. Aquests investigadors van publicar 2 anys després una rèplica d'aquest estudi amb dones<sup>7</sup>. Van fer un estudi transversal amb 9.372 dones de 65 a 99 anys i van trobar que les dones de 75 a 79 presentaven un 10% menys de força de prensió manual que les de 65 a 69 anys, mentre que les majors de 80 anys presentaven un 14% menys que les de 70 a 74 anys. Van fer també l'anàlisi longitudinal, i als 10 anys van veure que el nivell mitjà de pèrdua era de 2,4% per any. La pèrdua era més gran a mesura que augmentava el rang d'edat; van obtenir un 19,4% per al grup de 65 a 69 anys, un 23,4% per al de 70 a 74 anys, un 24,3% en el corresponent de 75 a 79 anys, i per al grup de majors de 80 anys, un 28,6%<sup>7</sup>.

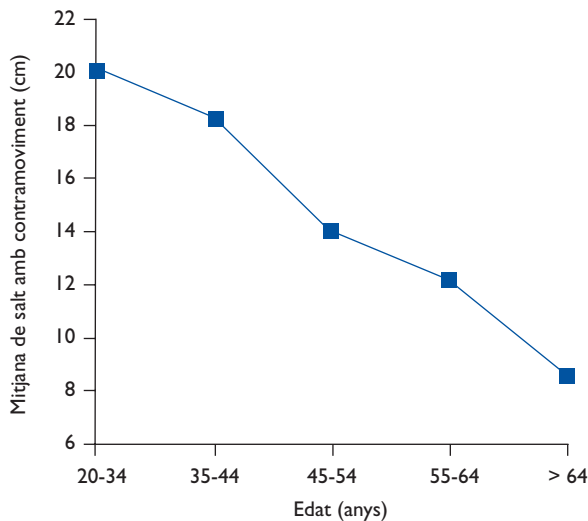
Núñez et al<sup>10</sup> van fer un estudi transversal analitzant la força de prensió manual de dones sanes de 20 a 80 anys i van trobar que a partir dels 64 anys la força del tren superior té el descens més gran. La mitjana de les dones majors de 64 anys és de 17,95 kg, que representa una disminució del 21,58% entre aquestes i les dones adultes de 45 a 64 anys, i de 34,22 % respecte a les dones adultes de 20 a 44 anys, com es pot observar en la figura 1.

#### Força del tren inferior

La pèrdua de força de les cames és més que la que es produeix en la força dels braços<sup>11</sup>. Goodpaster et al<sup>12</sup> van analitzar

**Figura 2**

Evolució de la força del tren inferior amb l'edat. Resultats de l'estudi de Núñez et al<sup>10</sup>.



la força extensora de les cames en 3.075 homes i dones de 70 a 79 anys en un estudi longitudinal de 3 anys i van obtenir ràtios anuals de descens del 3,4% en homes blancs, del 4,1% en homes negres, del 2,6% en dones blanques i del 3% en dones negres, mentre que la ràtio de pèrdua de massa muscular anual va ser de l'1%.

Hi ha una correlació entre l'increment d'edat i una baixa massa muscular<sup>13</sup>, però la pèrdua de força muscular no ve donada exclusivament per la pèrdua de massa muscular<sup>12,14</sup>. L'edat, el nivell inicial de força, la pèrdua de massa muscular, la disminució de talla, un nivell d'activitat física baix, estats patològics de salut amb malalties com l'artritis i la diabetis o les caigudes contribueixen a la pèrdua de força a mesura que avança l'edat<sup>7,12,13</sup>.

Núñez et al<sup>10</sup> van analitzar la força explosiva de les cames en dones sanes de 20 a 80 anys i van trobar que els descensos més marcats es produeixen a partir dels 44 anys (23% respecte al grup de 20 a 34 anys) i a partir dels 64 anys (30% de descens en relació amb les dones de 55 a 64 anys), com s'observa en la figura 2. Aquesta disminució de la força explosiva queda reflectida en diversos estudis, en què comparant els resultats obtinguts en un salt amb contramoviment d'adults joves amb majors, aquests últims presenten valors significativament inferiors<sup>15,16</sup>.

Diversos estudis confirmen que una baixa força muscular, tant de cames com de premsió manual, és predictora forta i independent de mortalitat en persones grans<sup>17-19</sup>. La força de premsió manual també és suggerida pels científics com un mètode per a la detecció de la sarcopènia<sup>8</sup>, entesa aquesta com una

pèrdua de la massa muscular. La sarcopènia és comuna en persones majors de 65 anys i s'incrementa amb l'edat<sup>20</sup>.

Una baixa massa muscular (secció transversal muscular petita), un baix nivell de força muscular i un alt nivell de greix al múscul estan associats amb limitacions de la mobilitat en dones i homes grans<sup>21</sup>, i és per això que hagi de ser una qualitat preferent en la concepció de programes d'intervenció per a aquesta població.

### Capacitat aeròbica

La ràtio de descens del  $VO_{2m\grave{a}x}$  no és constant al llarg de l'edat, però s'accelera marcadament amb cada dècada, i és més gran en homes que en dones<sup>22-24</sup>. En una revisió realitzada per Hawkins i Wisswell<sup>25</sup> dels percentatges de descens de  $VO_{2m\grave{a}x}$ , obtinguts tant en estudis transversals com longitudinals, es va arribar a la conclusió que la ràtio de descens normal era aproximadament d'un 10% per dècada. Stathokostas et al<sup>24</sup> van trobar que encara que els homes tenen un nivell inicial de  $VO_{2m\grave{a}x}$  superior, el percentatge de descens en 10 anys és del 14,7% en homes i del 7% en dones de 55 a 84 anys. No van trobar canvis significatius al llinard anaeròbic en homes i dones o en el percentatge de  $VO_{2m\grave{a}x}$  en el qual se situa el llinard anaeròbic, tot confirmant que el llinard anaeròbic té una ràtio de declivi menor al  $VO_{2m\grave{a}x}$ .

Segons Weiss et al<sup>26</sup>, la disminució arran de l'edat del  $VO_{2m\grave{a}x}$  després dels 60 anys ve donada tant per una reducció de la despesa cardíaca màxima com per una reducció de la diferència arteriovenosa d'oxigen. Aquestes reduccions s'esdevenen més ràpidament en homes que en dones, malgrat que aquestes diferències entre sexes tendeixen a desaparèixer en les últimes dècades de vida. La reducció de la despesa cardíaca associada a l'edat ve donada fonamentalment per una reducció de la freqüència cardíaca màxima. Per a Hollenberg et al<sup>22</sup>, la freqüència cardíaca màxima i el volum espiratori forçat en un segon expliquen en gran mesura la disminució de la capacitat aeròbica per l'edat.

El descens de la capacitat aeròbica té implicacions substancials en relació amb la independència funcional i la qualitat de vida, no sols en persones grans saludables, sinó especialment quan se superposen dèficits de diverses malalties relacionades<sup>23</sup>, per la qual cosa, igual que la força la capacitat aeròbica, s'ha de treballar d'una manera prioritària.

### Flexibilitat

La flexibilitat experimenta una reducció progressiva, però no lineal, a mesura que avança l'edat<sup>27,28</sup>. Els valors mitjans

tendeixen a ser sistemàticament superiors en dones que no en homes, fins i tot a edats primerenques. Després dels 60 anys aquesta diferència augmenta, essent la dona entre un 20 i un 40% més flexible que l'home<sup>27</sup>, però altres autors conclouen que l'efecte del sexe és més dèbil que l'edat<sup>28</sup>. L'efecte de l'edat és específic per a cada articulació i moviment específic. Doriot i Wang<sup>28</sup> van comparar els màxims rangs de moviments de les articulacions del tren superior entre adults joves (25 a 35 anys) i persones grans (65 a 80 anys) i van trobar que la màxima pèrdua s'observa al coll, especialment en l'extensió i flexió lateral (més de 40% de disminució), i al tronc, en la flexió lateral (més enllà del 33% de pèrdua) i en la rotació axial (més de 16% de reducció). L'articulació de l'espatlla disminueix un 25% en la flexió i un 10% en adducció. No van observar efecte de l'edat a l'articulació del colze i del canell.

En línia amb aquests resultats, Sforza et al<sup>29</sup> van obtenir que el rang de moviment del coll es redueix entre els 15 i 45 anys d'edat en homes sans, i Barnes et al<sup>30</sup> van concloure que el rang de moviment de l'espatlla en moviments passius i actius minva amb l'edat entre els 4 i 70 anys, excepte per a la rotació interna. Les dones van presentar rangs més grans de moviment que els homes en aquesta articulació.

Troke et al<sup>31</sup> aporten unes dades normatives de rangs de moviments de la columna lumbar de persones de 16 a 90 anys, tot determinant que la flexió frontal i la flexió lateral disminueixen un 45 i un 48%, respectivament, al llarg del rang d'edat. L'extensió es redueix en un 79%, i en canvi la rotació axial no disminueix.

Respecte del tren inferior, el rang de moviment de l'articulació del genoll tendeix a disminuir a mesura que augmenta l'edat<sup>32</sup>.

## Equilibri

Els trastorns d'equilibri són comuns en persones grans. L'equilibri és un factor de risc important per a les caigudes i es veu afectat per la pèrdua progressiva de la funció sensoriomotora associada a l'increment de l'edat<sup>33</sup>. Dèficits en la propiocepció, la visió, el sentit vestibular, la funció muscular i el temps de reacció contribueixen a un trastorn de l'equilibri. Això es manifesta en un baix rendiment en tasques com estar dret, inclinar-se, pujar escales, caminar i respondre a pertorbacions externes<sup>33</sup>.

Amiridis et al<sup>34</sup> van examinar com joves i persones grans adaptaven la seva posició en tasques d'equilibri estàtic que incrementaven de dificultat (posició estàtica dreta normal, tàndem de Romberg i equilibri estàtic monopodal). Les persones

grans van mostrar variacions del centre de pressions i desplaçaments de les articulacions, com també activitat electromiogràfica, superiors a la d'adults joves. L'increment de la demanda postural en gent gran comporta un més gran moviment del maluc compensat amb increment de l'activitat muscular d'aquesta zona, troballa no observada en persones joves. Madhavan i Shields<sup>35</sup> van constatar que els joves (<30 anys) eren capaços de mantenir-se en equilibri estàtic monopodal sense visió una mitjana de 48,2 s, mentre que la gent gran (>60 anys) només aconseguen una mitjana de 4,5 s. Atribuïen aquests resultats a una disminució de la propiocepció i la funció vestibular en les persones grans. Segons l'estudi longitudinal de Baloh et al<sup>36</sup>, l'edat produeix una disminució de la capacitat vestibular, visual, auditiva i somatosensorial, encara que, per a aquests autors, aquestes canvis només es relacionen dèbilment amb les alteracions en l'equilibri i la marxa.

El sentit dinàmic de la posició disminueix amb l'edat<sup>35</sup>. Es modifica el patró de la locomoció, amb una reducció de la velocitat de la marxa<sup>8,37-40</sup>, increment del temps de suport bipodal, disminució de la longitud de gambada<sup>39,40</sup> i dorsiflexió reduïda de turmell durant la fase aèria en comparació amb joves. Això implica greus riscos que el peu ensopegui amb obstacles<sup>38</sup>. Si a la marxa s'hi afegeix la realització d'una tasca cognitiva, encara disminueix més la seva velocitat<sup>37</sup>.

També s'altera la velocitat i el patró d'execució en pujar un esglaió, ja que les persones grans resten més temps en fase de doble suport amb un peu al sòl i un altre a l'esglaió, amb més flexió endavant del tronc, amb més flexió de maluc i amb menor flexió dorsal del turmell que els joves durant l'execució d'aquesta tasca<sup>41</sup>.

## Composició corporal

La massa lliure de greix es queda estable durant les primeres dècades en ambdós sexes, però després té un descens accelerat que comença en la dècada dels 50 anys en els homes i dels 60 en les dones<sup>23</sup>. Estudis longitudinals amb persones grans han confirmat un descens de l'altura i la massa lliure de greix a mesura que augmenta l'edat<sup>42,43</sup>. La massa grassa, contràriament, tendeix a augmentar en les persones grans<sup>44</sup>. Kyle et al<sup>45</sup> troben una clara associació entre l'edat o un baix nivell de condició física i paràmetres de composició corporal ajustats per altura. Les persones grans són més propenses a tenir una baixa massa lliure de greix i alta o molt alta massa grassa corporal.

Juntament amb aquests canvis en la composició corporal, també es produeix una disminució de la despesa energètica en repòs a mesura que augmenta l'edat, si bé aquesta disminució

no ve donada totalment pels canvis esmentats de composició corporal<sup>46,47</sup>.

La realitat és que, segons un estudi realitzat per Andreyeva et al<sup>48</sup>, Espanya té la prevalença més alta d'obesitat entre homes (20,2%) i dones (25,6%) majors de 50 anys. Aquests autors van analitzar la prevalença d'obesitat i sobrecàrrega a 10 països europeus desenvolupats, i van trobar que tant l'obesitat com el sobrepès estan associats amb condicions cròniques de salut, com la diabetis, elevades xifres de colesterol en sang, la hipertensió i l'artritis.

Aquest creixement ràpid de l'obesitat respecte de dècades passades i les diferències trobades entre països amb poblacions semblants indica que les pautes d'obesitat són ambientals i que la causa de la seva extensió és social.

## CONCLUSIONS

L'envelliment produeix una pèrdua de les capacitats físiques, amb el consegüent deteriorament funcional. A mesura que avança l'edat es produeix una pèrdua de força de les cames, que és més gran que la que es produeix en la força dels braços. Minva la capacitat aeròbica, però la ràtio de descens del  $VO_{2\text{màx}}$  no és constant. La flexibilitat té una reducció progressiva, però no lineal, i l'efecte de l'edat és específic per a cada articulació i cada moviment articular. En les persones grans, els trastorns d'equilibri són comuns i el patró de la marxa es veu alterat. La massa lliure de greix davalla a mesura que augmenta l'edat, igual que la despesa energètica en repòs; en canvi, la massa grassa tendeix a augmentar.

## Bibliografia

1. Demografia. Anuario Estadístico de España 2008. Madrid: Instituto Nacional de Estadística; 2008.
2. Informe 2006. Las personas mayores en España. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO); 2006.
3. INE. 1 de octubre. Día internacional de las personas mayores. Cifras INE 2006. Disponible en: <http://www.ine.es/prodyser/pubfolletos.htm>
4. Castillo MJ, Ortega F, Ruiz J. Mejora de la forma física como terapia antienvjecimiento. *Med Clin (Barc)*. 2005;124:146-5.
5. Castillo M. La condición física es un componente importante de la salud para los adultos de hoy y del mañana. *Selección*. 2007;17:2-8.
6. Kahn EB, Ramsey LT, Brownson RC, Heath GW, Howze EH, Powell KE, et al. The effectiveness of interventions to increase physical activity. A systematic review. *Am J Prev Med*. 2002;22 Suppl 4:73-107.
7. Forrest KY, Zmuda J, Cauley J. Patterns and correlates of muscle strength loss in older women. *Gerontology*. 2007;53:140-7.
8. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003;95:1851-60.
9. Forrest KY, Zmuda J, Cauley J. Patterns and determinants of muscle strength change with aging in older men. *The Aging Male*. 2005;8:151-6.
10. Nuñez JP, Carbonell A, Burgos MA, Nuñez FJ, Padial P. Evolución de la fuerza del tren superior e inferior en mujeres sanas de 20 a 80 años. III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Valencia: Universidad de Valencia; 2004.
11. Landers KA, Hunter GR, Wetzstein CJ, Bamman MM, Weinsier RL. The interrelationship among muscle mass, strength, and the ability to perform physical tasks of daily living in younger and older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56:B443-8.
12. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, et al. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61:1059-64.
13. Sayer AA, Dennison EM, Syddall HE, Jameson K, Martin HJ, Cooper C. The developmental origins of sarcopenia: Using peripheral quantitative computed tomography to assess muscle size in older people. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 2008; 63A:835-40.
14. Beliaeff S, Bouchard D, Hautier C, Brochu M, Dionne IJ. Association between muscle mass and isometric muscle strength in well-functioning older men and women. *Journal of Aging and Physical Activity*. 2008;16:484-93.
15. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, Lopez JL, Häkkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1999;79:260-7.
16. Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga EM, Garrues M, Zúñiga A, Antón A, et al. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand*. 1999;167:57-68.

17. Ruiz J, Sui X, Lobelo F, Morrow J, Allen W, Jackson JA, et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*. 2008;337-439.
18. Gale CR, Martyn CN, Cooper C, Sayer AA. Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol*. 2007;36:228-35.
19. Newman AB, Kupelian V, Visser M, Simonsick EM, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, et al. Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61:72-7.
20. Iannuzzi-Sucich M, Prestwood KM, Kenny AM. Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2002;57:M772-7.
21. Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, et al. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:324-33.
22. Hollenberg M, Yang J, Haight TJ, Tager IB. Longitudinal changes in aerobic capacity: Implications for concepts of aging. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 2006;61A:851-8.
23. Fleg JL, Morrell CH, Bos AG, Brant LJ, Talbot LA, Wright JG, et al. Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*. 2005;112:674-82.
24. Stathokostas L, Jacob-Johnson S, Petrella RJ, Paterson D. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *J Appl Physiol*. 2004;97:784-9.
25. Hawkins SA, Wisswell RA. Oxygen consumption decline with aging implications for exercise training. *Sports Med*. 2003;33:877-88.
26. Weiss EP, Spina RJ, Holloszy JO, Ehsani AA. Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *J Appl Physiol*. 2006;101:938-44.
27. Araujo C. Flexibility assessment: normative values for flexitest from 5 to 91 years of age. *Arq Bras Cardiol*. 2008;90:257-63.
28. Doriot N, Wang X. Effects of age and gender on maximum voluntary range of motion of the upper body joints. *Ergonomics*. 2006;49:269-81.
29. Sforza C, Grassi G, Fragnito N, Turci M, Ferrario VF. Three-dimensional analysis of active head and cervical spine range of motion: effect of age in healthy male subjects. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2002;17:611-4.
30. Barnes CJ, Van Steyn SJ, Fischer RA. The effects of age, sex, and shoulder dominance on range of motion of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*. 2001;10:242-6.
31. Troke M, Moore AP, Maillardet FJ, Cheek E. A normative database of lumbar spine ranges of motion. *Manual Therapy*. 2005;10:198-206.
32. Grimston SK, Nigg BM, Hanley DA, Engsberg JR. Differences in ankle joint complex range of motion as a function of age. *Foot Ankle*. 1993;14:215-22.
33. Sturnieks DL, George R, Lord SR. Balance disorders in the elderly. *Neurophysiol Clin*. 2008;38:467-78.
34. Amiridis I, Hatzitaki V, Arabatzi F. Age-induced modifications of static postural control in humans. *Neurosci Lett*. 2003;350:137-40.
35. Madhavan S, Shields R. Influence of age on dynamic position sense: evidence using a sequential movement task. *Exp Brain Research*. 2005;164:18-28.
36. Baloh R, Ying S, Jacobson K. A longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people. *Arch Neurol*. 2003;60:835-9.
37. Hollman J, Kovash F, Kubik JJ, Linbo RA. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. *Gait Posture*. 2007;26:113-9.
38. Begg RK, Sparrow WA. Ageing effects on knee and ankle joint angles at key events and phases of the gait cycle. *J Med Eng Technol*. 2006;30:382-9.
39. Laufer Y. Effect of age on characteristics of forward and backward gait at preferred and accelerated walking speed. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:627-32.
40. Samson MM, Crowe A, de Vreede PL, Dessens JA, Duursma SA, Verhaar HJ. Differences in gait parameters at a preferred walking speed in healthy subjects due to age, height and body weight. *Aging (Milano)*. 2001;13:16-21.
41. Benedetti MG, Berti L, Maselli S, Mariani G, Giannini S. How do the elderly negotiate a step? A biomechanical assessment. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007;22:567-73.
42. Rossi A, Fantin F, Di Francesco V, Guariento S, Giuliano K, Fontana G, et al. Body composition and pulmonary function in the elderly: a 7-year longitudinal study. *Int J Obes (Lond)*. 2008;32:1423-30.
43. Fantin F, Di Francesco V, Fontana G, Zivelonghi A, Bissoli L, Zoico E, et al. Longitudinal body composition changes in old men and women: interrelationships with worsening disability. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2007;62:1375-81.
44. Coin A, Sergi G, Minicuci N, Giannini S, Barbiero E, Manzato E, et al. Fat-free mass and fat mass reference values by dual-energy X-ray absorptiometry (DEXA) in a 20-80 year-old Italian population. *Clin Nutr*. 2008;27:87-94.
45. Kyle U, Morabia A, Schutz Y, Pichard C. Sedentarism affects body fat mass index and fat-free mass index in adults aged 18 to 98 years. *Nutrition*. 2004;20:255-60.
46. Alfonso-González G, Doucet E, Bouchard C, Tremblay A. Greater than predicted decrease in resting energy expenditure with age: cross-sectional and longitudinal evidence. *Eur J Clin Nutr*. 2006;60:18-24.
47. Krems C, Luhrmann PM, Strassburg A, Hartmann B, Neuhäuser-Berthold M. Lower resting metabolic rate in the elderly may not be entirely due to changes in body composition. *Eur J Clin Nutr*. 2005;59:55-62.
48. Andreyeva T, Michaud PC, Soest A. Obesity and health in Europeans aged 50 years and older. *Public Health*. 2007;121:497-509.