

Involución de la condición física por el envejecimiento

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

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

RESUMEN

El porcentaje de población mayor se está incrementando en España. El envejecimiento produce una involución de las capacidades físicas, lo que origina un deterioro del estado físico y una reducción de la funcionalidad. Estos hechos condicionan graves problemas de salud pública por la aparición de enfermedades degenerativas con el consiguiente coste económico para su tratamiento. Conforme avanza la edad se produce una pérdida de fuerza de piernas y fuerza de brazos, un descenso no constante del VO_{2max} y una reducción progresiva no lineal y específica por articulación y movimiento articular de la flexibilidad. Además, en personas mayores los frecuentes trastornos de equilibrio alteran el patrón de la marcha. Y por último se producen modificaciones sustanciales de la composición corporal con disminución de la masa libre de grasa, lo que condiciona un descenso del gasto energético en reposo y el incremento de la masa grasa.

PALABRAS CLAVE: Envejecimiento. Condición física. Fuerza. Capacidad aeróbica. Composición 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.

ESPAÑA, UNA SOCIEDAD QUE ENVEJECE

El porcentaje de población mayor de 65 años se ha ido incrementando con el paso del tiempo, pasando de ser del 13,79% en 1991 al 16,61% en 2007¹.

Otro hecho destacable es que en 2001 el número de personas mayores comenzó a ser superior al de niños de 0 a 14 años, y que el tamaño del grupo de mayores, y en especial de octogenarios, es ya suficientemente grande como para ejercer un fuerte impacto en los sistemas sanitarios y de servicios sociales, pues suelen presentar un mayor grado de soledad, discapacidad, de-

pendencia y morbilidad². En 2020 el grupo de 85 y más años habrá crecido un 50% y se triplicará en 2050³.

La tasa de dependencia (relación entre las personas de 65 y más años y el grupo de edad de 16 a 64 años) en 2005, según el Padrón Municipal de Habitantes, es del 24,5%, o lo que es lo mismo, una persona mayor por cada cuatro en edad de trabajar³. Esta tendencia de inversión demográfica se prevé que seguirá aumentando en los próximos años, generando una descompensación entre la población trabajadora y la población jubilada. Esto obliga a dirigir el esfuerzo científico y sanitario no sólo a tratar las diversas enfermedades que se aso-

Ana Carbonell posee una beca (FPU) del Ministerio de Educación y Ciencia (AP-2006-03676).

Recibido el 21 de enero de 2009 / Aceptado el 20 de febrero de 2009.

Correspondencia: Ana Carbonell Baeza (anellba@ugr.es).

cian a la vejez, sino también a promover un envejecimiento saludable.

El envejecimiento es un proceso fisiológico influenciado. Esta influencia puede ser negativa (acelerándolo) o positiva (retardándolo). Dado que la principal característica del envejecimiento es la progresiva pérdida de funcionalidad y puesto que el envejecimiento y la muerte no están genéticamente programados, resulta posible retardar o atenuar ese declive funcional y mejorar la salud y el buen estado de forma físico y mental. En primer lugar, evitando conductas de riesgo (p. ej., el tabaquismo, el consumo excesivo de alcohol, la exposición excesiva al sol y la obesidad) que aceleran la expresión de enfermedades ligadas con la edad. En segundo lugar, adoptando conductas que se benefician de una fisiología que es inherentemente modificable; tales conductas son la práctica habitual de ejercicio (que mantenga al organismo en buena forma) y el seguimiento de una pauta de alimentación saludable⁴.

Castillo⁵ afirma que el ejercicio físico, practicado de manera regular y de la forma apropiada, es la mejor herramienta hoy disponible para fomentar la salud y el bienestar de la persona. Cuando se realiza de manera adecuada (lo que no es tarea fácil), los beneficios del ejercicio se producen siempre, independientemente de la edad, del estado de salud y de la condición física de la persona.

Las intervenciones de carácter prescriptivo se han orientado en la población general hacia la mejora de la capacidad aeróbica, la composición corporal, las capacidades coordinativas de la condición física, el *fitness* metabólico y el estado de ánimo⁶. Para su diseño y desarrollo es fundamental tener en cuenta el estado biológico de la persona mayor.

¿CÓMO INFLUYE EL ENVEJECIMIENTO EN LA CONDICIÓN FÍSICA?

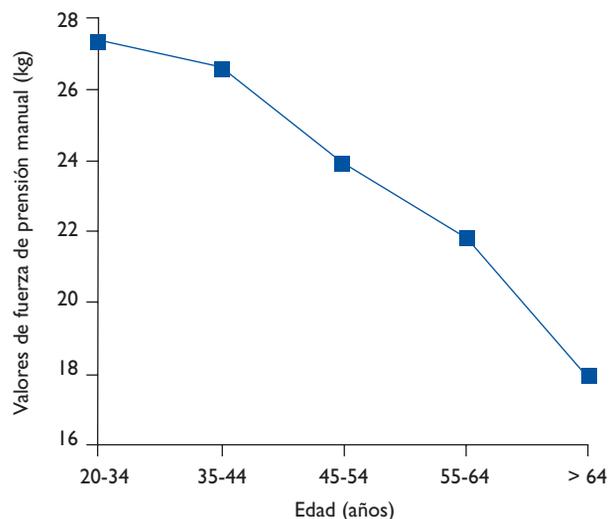
El envejecimiento asociado a la edad tiene una alta dependencia del deterioro que se produce en las cualidades físicas humanas. Por tanto, el conocimiento de cómo evolucionan éstas y cómo poder desarrollarlas será garantía, por una parte, de un mejor conocimiento de cómo es una persona mayor, y por otra, de cómo poder actuar con ella para conseguir paliar dicho deterioro.

A continuación se analiza la incidencia del envejecimiento en cada una de las cualidades físicas.

Fuerza del tren superior

Se reduce la fuerza de prensión manual en mujeres^{7,8} y varones^{8,9} conforme aumenta la edad. Forrest et al⁹ realizaron un

Figura 1 Evolución de la fuerza del tren superior con la edad. Resultados del estudio de Nuñez et al¹⁰.

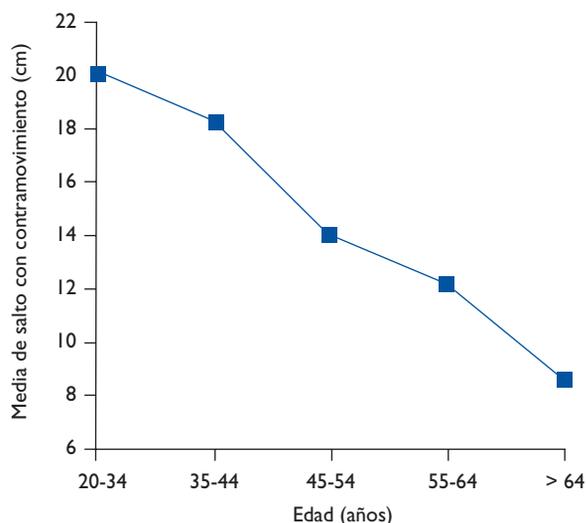


estudio transversal y longitudinal de 7 años con varones de entre 51 y 84 años y encontraron que los mayores de 75 años tenían un 27,6% menos de fuerza que los menores de 60. El estudio longitudinal les aportó una ratio media de descenso del 2,8% al año. El análisis por grupos de edad reflejó que esa ratio era del 2% en los menores de 60 y del 3,4% en los mayores de 75 años. Estos investigadores publicaron 2 años más tarde una réplica de este estudio con mujeres⁷. Realizaron un estudio transversal con 9.372 mujeres de 65 a 99 años y encontraron que las mujeres de 75 a 79 presentaban un 10% menos de fuerza de prensión manual que las de 65 a 69 años, mientras que las mayores de 80 años presentaban un 14% menos que las de 70 a 74 años. Realizaron también el análisis longitudinal, y a los 10 años vieron que el nivel promedio de pérdida era de 2,4% al año. La pérdida era mayor conforme aumentaba el rango de edad; obtuvieron un 19,4% para el grupo de 65 a 69 años, un 23,4% para el de 70 a 74 años, un 24,3% en el correspondiente a 75 a 74 años, y para el grupo de mayores de 80 años, un 28,6%⁷.

Nuñez et al¹⁰, tras realizar un estudio transversal en el que analizaban la fuerza de prensión manual de mujeres sanas de 20 a 80 años, encontraron que a partir de los 64 años la fuerza del tren superior experimenta el mayor descenso. La media de las mujeres mayores de 64 años es de 17,95 kg, lo que representa una disminución del 21,58% entre éstas y las mujeres adultas de 45 a 64 años, y del 34,22% respecto a las mujeres adultas de 20 a 44 años, como se aprecia en la figura 1.

Figura 2

Evolución de la fuerza del tren inferior con la edad. Resultados del estudio de Nuñez et al¹⁰.



Fuerza del tren inferior

La pérdida de fuerza en las piernas es mayor que la que se produce en la fuerza de los brazos¹¹. Goodpaster et al¹² analizaron la fuerza extensora de las piernas en 3.075 varones y mujeres de 70 a 79 años en un estudio longitudinal de 3 años y obtuvieron ratios anuales de descenso del 3,4% en varones blancos, del 4,1% en varones negros, del 2,6% en mujeres blancas y del 3% en mujeres negras, mientras que la ratio de pérdida de masa muscular anual fue del 1%.

Existe correlación entre el incremento de edad y una baja masa muscular¹³, pero la pérdida de fuerza muscular no se debe exclusivamente a la pérdida de masa muscular^{12,14}. La edad, el nivel inicial de fuerza, la pérdida de masa muscular, la disminución de talla, un nivel de actividad física bajo, estados patológicos de salud en enfermedades como la artritis y la diabetes o las caídas contribuyen a la pérdida de fuerza conforme avanza la edad^{17,12,13}.

Nuñez et al¹⁰ analizaron la fuerza explosiva de las piernas en mujeres sanas de 20 a 80 años y encontraron que los mayores descensos se producen a partir de los 44 años (23% respecto al grupo de 20 a 34 años) y a partir de los 64 años (30% de descenso en relación con las mujeres de 55 a 64 años), como se aprecia en la figura 2. Esta disminución de la fuerza explosiva queda reflejada en varios estudios, en los que al comparar los resultados obtenidos en un salto con contramovimiento de adultos jóvenes con mayores, estos últimos presentan valores significativamente inferiores^{15,16}.

Varios estudios confirman que una baja fuerza muscular, tanto de piernas como de prensión manual, es predictora fuer-

te e independiente de mortalidad en personas mayores¹⁷⁻¹⁹. La fuerza de prensión manual también es sugerida por los científicos como un método para la detección de la sarcopenia⁸, entendida ésta como una pérdida de la masa muscular. La sarcopenia es común en personas mayores de 65 años y su incidencia se incrementa con la edad²⁰.

Una baja masa muscular (sección transversal muscular pequeña), un bajo nivel de fuerza muscular y un alto nivel de grasa en el músculo se asocian con limitaciones de la movilidad en mujeres y varones mayores²¹, de ahí que deba ser una cualidad preferente para incluir en el diseño de programas de intervención para esta población.

Capacidad aeróbica

La ratio de descenso del $VO_{2m\acute{a}x}$ no es constante a lo largo de la edad, pero se acelera marcadamente con cada década, y es mayor en varones que en mujeres²²⁻²⁴. En una revisión realizada por Hawkins y Wisswell²⁵ de los porcentajes de descenso de $VO_{2m\acute{a}x}$ obtenidos tanto en estudios trasversales como longitudinales, se llegó a la conclusión de que la ratio de descenso normal era aproximadamente de un 10% por década. Stathokostas et al²⁴ encontraron que aunque los varones tienen un nivel inicial de $VO_{2m\acute{a}x}$ superior, el porcentaje de descenso en 10 años es del 14,7% en varones y del 7 % en mujeres de 55 a 84 años. No encontraron cambios significativos en el umbral anaeróbico en varones y mujeres o en el porcentaje de $VO_{2m\acute{a}x}$ en el que se sitúa el umbral anaeróbico, confirmando que el umbral anaeróbico tiene una ratio de declive menor al $VO_{2m\acute{a}x}$.

Según Weiss et al²⁶, la disminución del $VO_{2m\acute{a}x}$ por la edad después de los 60 años se debe tanto a una reducción del gasto cardíaco máximo como a una reducción de la diferencia arteriovenosa de oxígeno. Estas reducciones se dan más rápidamente en varones que en mujeres, aunque estas diferencias entre sexos tienden a disiparse en las últimas décadas de vida. La reducción del gasto cardíaco asociada a la edad se debe fundamentalmente a una reducción de la frecuencia cardíaca máxima. Para Hollenberg et al²², la frecuencia cardíaca máxima y el volumen espiratorio forzado en un segundo explican en gran parte la disminución de la capacidad aeróbica por la edad.

El descenso de la capacidad aeróbica tiene sustanciales implicaciones en la independencia funcional y la calidad de vida, no sólo en personas mayores saludables, sino especialmente cuando se superponen déficit de varias enfermedades relacionadas²³, por lo que, al igual que la fuerza, la capacidad aeróbica debe trabajarse de manera prioritaria.

Flexibilidad

La flexibilidad experimenta una reducción progresiva, pero no lineal, conforme avanza la edad^{27,28}. Los valores medios tienden a ser sistemáticamente mayores en mujeres que en varones, incluso a edades tempranas. Después de los 60 años esa diferencia aumenta, y la mujer es entre un 20 y un 40% más flexible que el varón²⁷, pero otros autores concluyen que el efecto del sexo es más débil que la edad²⁸. El efecto de la edad es específico para cada articulación y movimiento específico. Doriot y Wang²⁸ compararon los máximos rangos de movimiento de las articulaciones del tren superior entre adultos jóvenes (25 a 35 años) y mayores (65 a 80 años) y encontraron que la máxima pérdida se observa en el cuello, especialmente en la extensión y en la flexión lateral (más de 40% de disminución), y en el tronco, en la flexión lateral (por encima del 33% de pérdida) y en la rotación axial (más de 16% de reducción). La articulación del hombro disminuye un 25% en la flexión y un 10% en aducción. No observaron efecto de la edad en las articulaciones del codo y de la muñeca.

En línea con estos resultados, Sforza et al²⁹ obtuvieron que el rango de movimiento del cuello se reduce entre los 15 y los 45 años de edad en varones sanos, y Barnes et al³⁰ concluyeron que el rango de movimiento del hombro en movimientos pasivos y activos disminuye con la edad entre los 4 y los 70 años, excepto para la rotación interna. Las mujeres presentaron mayores rangos de movimiento que los varones en esta articulación.

Troke et al³¹ aportan datos normativos de rangos de movimientos de la columna lumbar de personas de 16 a 90 años, y determinan que la flexión frontal y la flexión lateral disminuyen un 45 y un 48%, respectivamente, a lo largo del rango de edad. La extensión se reduce en un 79%, y por el contrario no disminuye la rotación axial.

Respecto al tren inferior, el rango de movimiento de la articulación de la rodilla tiende a disminuir conforme aumenta la edad³².

Equilibrio

Los trastornos del equilibrio son comunes en personas mayores. El equilibrio es un importante factor de riesgo para las caídas y se ve afectado por la progresiva pérdida de la función sensoriomotora asociada al incremento de la edad³³. Déficit en la propiocepción, la visión, el sentido vestibular, la función muscular y el tiempo de reacción contribuyen a un trastorno del equilibrio. Esto se manifiesta en un bajo rendimiento en tareas como estar de pie, inclinarse, subir escaleras, caminar y responder a perturbaciones externas³³.

Amiridis et al³⁴ estudiaron cómo jóvenes y mayores adaptaban su postura en tareas de equilibrio estático al incrementar la dificultad (postura estática erguida normal, tándem de Romberg y equilibrio estático monopodal). Las personas mayores mostraron variaciones del centro de presiones y del desplazamiento de las articulaciones, así como actividad electromiográfica superior a la de adultos jóvenes. El incremento de la demanda postural en mayores conlleva un mayor movimiento de la cadera, compensado con el incremento de la actividad muscular de esa zona, hallazgo no encontrado en personas jóvenes. Madhavan y Shields³⁵ observaron que los jóvenes (<30 años) eran capaces de mantenerse en equilibrio estático monopodal sin visión una media de 48,2 s, mientras que los mayores (>60 años) sólo conseguían una media de 4,5 s. Atribuían estos resultados a una disminución de la propiocepción y de la función vestibular en las personas mayores. Según el estudio longitudinal realizado por Baloh et al³⁶, la edad produce una disminución de la capacidad vestibular, visual, auditiva y somatosensorial, aunque, para estos autores, estos cambios sólo se relacionan débilmente con las alteraciones en el equilibrio y la marcha.

El sentido dinámico de la posición disminuye con la edad³⁵. Se modifica el patrón de la locomoción, con reducción de la velocidad de la marcha^{8,37-40}, incremento del tiempo de apoyo bipodal, disminución de la longitud de zancada^{39,40} y dorsiflexión reducida de tobillo durante la fase aérea en comparación con jóvenes. Esto implica graves riesgos de que el pie contacte con obstáculos³⁸. Si a la marcha se le añade la realización de una tarea cognitiva, su velocidad disminuye aún más³⁷.

Se altera también la velocidad y el patrón de ejecución al subir un escalón, ya que las personas mayores permanecen más tiempo en fase de doble apoyo con un pie en el suelo y otro en el escalón, con mayor flexión hacia delante del tronco, con mayor flexión de cadera y con menor flexión dorsal del tobillo que los jóvenes durante la ejecución de esta tarea⁴¹.

Composición corporal

La masa libre de grasa permanece estable durante las primeras décadas en ambos sexos, pero después experimenta un descenso acelerado que empieza en la década de los 50 años en los varones y de los 60 años en las mujeres²³. Estudios longitudinales realizados con personas mayores han confirmado un descenso de la altura y de la masa libre de grasa conforme aumenta la edad^{42,43}. La masa grasa, por contra, tiende a aumentar en las personas mayores⁴⁴. Kyle et al⁴⁵ encuentran una clara asociación entre la edad o un bajo nivel de condición física y paráme-

tros de composición corporal ajustados por altura. Las personas mayores son más propensas a tener una baja masa libre de grasa y alta o muy alta masa grasa corporal.

Junto con estos cambios en la composición corporal también se produce una disminución del gasto energético en reposo conforme aumenta la edad, si bien esta disminución no se debe en su totalidad a dichos cambios de composición corporal^{46,47}.

La realidad es que, según un estudio realizado por Andreyeva et al⁴⁸, España tiene la prevalencia más alta de obesidad entre varones (20,2%) y mujeres (25,6%) mayores de 50 años. Estos autores analizaron la prevalencia de obesidad y de sobrepeso en 10 países europeos desarrollados, y hallaron que tanto la obesidad como el sobrepeso se asocian a condiciones crónicas de salud, como diabetes, concentraciones altas de colesterol en sangre, hipertensión y artritis.

Este rápido crecimiento de la obesidad frente a décadas pasadas y las diferencias encontradas entre diferentes países con

poblaciones similares indica que las pautas de obesidad son ambientales y que la causa de su extensión es social.

CONCLUSIONES

El envejecimiento produce una pérdida de las capacidades físicas, con el consiguiente deterioro funcional. Conforme avanza la edad se produce una pérdida de fuerza en las piernas, mayor que la que se produce en la fuerza de los brazos. La capacidad aeróbica disminuye, pero la ratio de descenso del $VO_{2m\acute{a}x}$ no es constante. La flexibilidad experimenta una reducción progresiva pero no lineal, y el efecto de la edad es específico para cada articulación y cada movimiento articular. En personas mayores los trastornos del equilibrio son comunes y el patrón de la marcha se ve alterado. La masa libre de grasa disminuye conforme aumenta la edad, al igual que el gasto energético en reposo. Por contra, la masa grasa tiende a aumentar.

Bibliografía

1. Demografía. 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, Zuñiga 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, Engsborg 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, Arabatzis 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, Neuhauser-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.