

## BENEFICIOS DE LA PRÁCTICA DEL TENIS SOBRE LA SALUD (II)

### HEALTH BENEFITS OF TENNIS PRACTICE (II)

#### BENEFICIOS DE LA PRÁCTICA DEL TENIS SOBRE LA SALUD MÚSCULO-ESQUELÉTICA

Las principales afecciones de la salud musculoesquelética que sobrevienen con la edad son la osteoporosis y, como consecuencia, la pérdida de masa muscular y fuerza (sarcopenia)<sup>28</sup>.

##### Osteoporosis

La osteoporosis es una de las patologías con mayor prevalencia en las mujeres posmenopáusicas, y también se incrementa con la edad en los hombres. Los problemas asociados a esta enfermedad son las fracturas (p. ej., cuello del fémur, vértebras) y, en las mujeres, la pérdida de la densidad del mineral ósea (BMD) después de la menopausia causa un riesgo doble de fractura de cadera por cada 5 años de edad que se sobrepasen los 50. Tan sólo el 20% de los casos de fractura de cadera vuelven a sus niveles funcionales originales<sup>27,28</sup>.

La relación existente entre la masa ósea y la participación en el deporte es un aspecto de gran interés en la investigación científica. El efecto que tiene la práctica del tenis en la modelación ósea ha sido investigado en relación con las diferencias existentes sobre todo entre el miembro hábil y el no hábil. Son varios los estudios al respecto<sup>55-75</sup> y, por lo general, el contenido mineral óseo

(BMC) y densidad ósea (BMD) han resultado ser consistentemente mayores en el lado dominante (brazo hábil) que en el no hábil. También, el BMC y BMD fueron mayores en la cadera y región lumbar de los jugadores de tenis, en comparación con sujetos de un grupo control. Además, el ejercicio indujo crecimiento óseo en mayor medida en principiantes jóvenes que en adultos. Por lo general se acepta que el ejercicio (especialmente de fuerza) tiene una influencia positiva sobre la masa ósea a lo largo de la juventud, y puede prevenir y minimizar la pérdida de masa ósea en edades avanzadas<sup>75</sup> pero, además, existen varios estudios que demuestran que la práctica del tenis por sí sola es un factor de mantenimiento y mejora de la masa ósea<sup>26</sup>. Evidentemente, esta participación en la práctica del tenis afecta a la masa ósea de forma variada, con diferencias en BMC entre al brazo dominante y no dominante que oscilan entre el 6 y el 13%<sup>68,69</sup>. Parece que la práctica del tenis durante toda la vida puede incrementar el BMC en el brazo dominante, con valores mayores (4-7%) en hombres, y que mantienen su masa muscular y ósea en comparación con sujetos de su misma edad y sexo<sup>26,57</sup>. El caso de las mujeres es algo distinto, ya que sus valores de BMD máximos llegan a los 40 años de edad y, posteriormente, sin ejercicio con cargas o tratamiento médico, existe un retroceso hasta después de la menopausia<sup>76</sup>. Los resultados de diversos estudios con jugadoras de tenis muestran que éstas tienen mayores BMC y BMD en la zona del

**Jaime Fernández Fernández<sup>1</sup>**

**David Sanz<sup>1,2</sup>**

**Benjamín Fernández García<sup>3</sup>**

**Nicolás Terrados<sup>4</sup>**

**Alberto Méndez-Villanueva<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Grupo de Investigación y Rendimiento en Tenis. Área de Docencia e Investigación de la Real Federación Española de Tenis (RFET)

<sup>2</sup>Dpto. de Psicología y Educación. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Camilo José Cela. Madrid

<sup>3</sup>Dpto. de Morfología y Biología Celular. Universidad de Oviedo

<sup>4</sup>Unidad Regional de Medicina Deportiva del Principado de Asturias. Avilés

<sup>5</sup>Performance Enhancement & Talent Identification Section, ASPIRE Academy for Sports Excellence, Doha, Qatar

#### CORRESPONDENCIA:

Jaime Fernández Fernández  
Avenida del Cristo, 18, 1.º D. 33006 Oviedo. Asturias.  
E-mail: jauma\_fernandez@hotmail.com

**Aceptado:** 08.10.2007 / **Revisión nº** 217

radio y zona lumbar, y que estas mejoras están asociadas a la práctica del ejercicio con cargas durante toda la vida<sup>70</sup>. En este sentido, las jugadoras de tenis mostraron un 12% más de BMD que corredoras en la zona lumbar, lo que puede ser debido a los esfuerzos de torsión a los que se ven sometidas las jugadoras de tenis<sup>64</sup>. Como en los hombres, los estudios que han investigado las diferencias de BMD entre el brazo hábil y el no hábil muestran que en las mujeres también existe un incremento de BMD en el brazo hábil (5,9%)<sup>63</sup>, aunque existen resultados contradictorios como los obtenidos por Moysi, *et al.*<sup>57</sup>, que no encontraron diferencias en el BMD entre los dos brazos, ni diferencias en la masa ósea femoral ni lumbar entre jugadoras y sujetos de un grupo control. Además, un estudio de 2 años de duración mostró que no hubo cambios en estas diferencias. Los autores sugieren que estas diferencias en la adaptación ósea entre hombres y mujeres pueden ser debidas a la intensidad del juego e impacto mecánico producido durante el mismo, siendo éste mayor en los hombres<sup>58</sup>.

Los estudios referenciados muestran que la práctica del tenis está relacionada con una estructura ósea más saludable en ambos sexos y en un rango de edades variado<sup>56</sup>. Esta asociación dependerá del tiempo de participación en el tenis y la frecuencia de juego, y es más fuerte en principiantes jóvenes. Las mejoras obtenidas son más observables en zonas de carga física como el brazo dominante, la zona lumbar o el cuello del fémur. Estos resultados coinciden con las recomendaciones del ACSM<sup>24</sup>, 77 prescribe 20-40 min de ejercicio con cargas, al menos 3 veces por semana para el aumento de la BMD en jóvenes y adolescentes, y 30-60 min de estas actividades, también 3 veces a la semana, para preservar la salud ósea durante la etapa adulta.

### Sarcopenia

Un segundo componente importante de la salud músculo-esquelética es la pérdida de masa muscular y fuerza (sarcopenia) que ocurre con la edad. Esta pérdida puede verse influida por diversos factores (p. ej., hormonas, factores de crecimiento, etc.)<sup>78</sup>. Con una pérdida en la salud

músculo-esquelética existe un incremento en el riesgo de caídas, baja densidad ósea, y aumento de fracturas. Además, esto conlleva que las personas mayores puedan mantenerse más activas y tener un estilo de vida saludable<sup>28</sup>. Esta pérdida de masa muscular puede verse atenuada por un buen protocolo de entrenamiento de fuerza<sup>48</sup>. Por desgracia no existen muchos estudios que relacionen los valores de fuerza con un estado físico saludable en jugadores de tenis. LaForest, *et al.*<sup>46</sup> mostraron que los jugadores de tenis poseían valores de fuerza en los flexores y extensores de la rodilla más altos que un grupo control de personas sedentarias. Swank, *et al.*<sup>44</sup>, en cambio, no encontraron diferencias significativas en los valores de fuerza de los extensores de la rodilla entre jugadores veteranos y sujetos control, algo que sugieren que puede deberse al número de lesiones de rodilla que había padecido este grupo de jugadores de tenis (un 32% frente a un 5,6% en el grupo control). El mantenimiento de la fuerza en la empuñadura puede ser también beneficioso para los jugadores de tenis, ya que previene que se produzcan lesiones en el hombro y el codo<sup>79</sup>, lo que también puede ser beneficioso para la actividad diaria.

### Equilibrio

Las caídas son un problema de salud considerable en las personas mayores en términos de alta mortalidad y coste social. De acuerdo con varias estadísticas, las personas mayores de 65 años que sufren problemas de salud (p. ej., fracturas) por caídas, superan el 12% de esta población<sup>80</sup> y los números aumentan. Existen una serie de estudios que muestran que el ejercicio puede ayudar a prevenir las caídas<sup>80-90</sup>; de todas formas, existen estudios que han encontrado pequeños beneficios e incluso ninguno<sup>90-94</sup>. Aunque los programas de ejercicio que incluyen entrenamiento del equilibrio parece que tienen efectos muy positivos sobre la postura y la prevención de caídas<sup>90</sup>, no existen estudios que hayan evaluado este aspecto en jugadores de tenis. Por lo tanto, parece importante que futuros estudios evalúen los efectos de la práctica del tenis sobre el equilibrio y la prevención de caídas en personas mayores.

## CONCLUSIONES

La práctica del deporte del tenis de una forma regular tiene como resultado la obtención de diferentes beneficios para la salud. Parece claro que la práctica de actividades físicas que mantengan los niveles de frecuencia cardiaca en un rango de 55-90% del máximo, de 20 a 60 min diarios, durante 3 días a la semana, alcanzando un gasto calórico de al menos 2.000 kcal semanales, conllevan estados saludables cardiorrespiratorios, metabólicos y de autoestima. En el caso del tenis se ha visto que su práctica conlleva la pérdida de grasa corporal, mejorando el perfil lipoproteico de los participantes, una mejora cardiaca y pulmonar, mejorando el estado físico general del jugador, disminuyendo los niveles de tensión arterial, mejorando su salud ósea y reduciendo el riesgo de enfermedad cardiovascular. Si la práctica del tenis de forma regular se combina con sesiones de entrenamiento de fuerza, siguiendo las recomendaciones del ACSM, se puede considerar el deporte del tenis como un deporte "para toda la vida", que tiene unos efectos positivos sobre la salud de sus practicantes. Evidentemente, todavía son necesarios estudios científicos realizados de manera longitudinal que aporten más información acerca de la relación existente entre los riesgos y los beneficios que puede tener la participación en este deporte (p. ej., tenis y diabetes).

## RESUMEN

Parece que la práctica del tenis por parte de personas adultas conlleva una serie de beneficios sobre la salud, como son una mejora en la capacidad aeróbica, una mayor densidad ósea en regiones específicas, menor masa grasa, mayores niveles de fuerza, y un mantenimiento del tiempo de reacción en comparación con individuos con las mismas edades pero menos activos. De todas formas, no existe certeza de que el tenis, por sí

solo, pueda contribuir a una mejora directa sobre las variables previamente mencionadas.

Existe una amplia información e investigación relacionada con la participación en el ejercicio aeróbico moderadamente intenso, pero no hay estudios que relacionen directamente la práctica del tenis de forma regular con los beneficios que ésta pueda suponer sobre el organismo. Además, no existen estudios que hayan eliminado los posibles efectos cruzados del entrenamiento sobre jugadores de tenis adultos. Este artículo proporciona una visión general de la literatura relacionada con los beneficios del tenis sobre la salud y además se intenta identificar las necesidades para investigaciones futuras.

**Palabras clave:** Tenis. Salud. Factores de riesgo cardiovascular. Osteoporosis. Sarcopenia.

## SUMMARY

It seems that the health of adult tennis players is improved by enhanced aerobic capacity, greater bone densities in specific regions, lower body fat, greater strength, and maintained reaction time performance in comparison with age matched but less active controls. However, it is not certain whether tennis alone can be a sole contributor to these physiological variables. There is ample research documenting the health benefits of regular participation in moderately intense aerobic activity, however there is no information available relating regular tennis practice and health benefits. Moreover, no tennis related study successfully eliminated all confounding cross training effects. This article provides an overview of health benefits of playing tennis literature and also tries to identify future research needs.

**Key words:** Tennis. Health. Factors of cardiovascular risk. Osteoporosis. Sarcopenia.

## B I B L I O G R A F Í A

1. Blair SN, Kohl HW, Gordon NE, Paffenbarger RS Jr. How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health* 1992;13:99-126.
2. Lee I-M, Sesso HD, Paffenbarger RS. Physical activity and coronary heart disease risk in men. Does the duration of exercise episodes predict risk? *Circulation* 2000;102:981-6.
3. Lee I-M, Sesso HD, Oguma Y, Paffenbarger RS. Relative intensity of physical activity and risk of coronary heart disease. *Circulation* 2003;107:1110-6.
4. Hu FB, Stampfer MJ, Solomon C, Liu S, Colditz G, Speizer FE, Willett WC, Manson JE. Physical activity and risk for cardiovascular events in diabetic women. *Ann Intern Med* 2001;134:96-105.
5. Wei M, Gibbons LW, Mitchell TL, Kampert JB, Lee CD, Blair SN. The association between cardiorespiratory fitness and impaired fasting glucose and type 2 diabetes mellitus in men. *Ann Intern Med* 1999;130:89-96.
6. Paffenbarger RS, Hyde RT, Wing AL, Lee I-M, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993;328:538-45.
7. Williams PT. Relationships of heart disease risk factors to exercise quantity and intensity. *Arch Intern Med* 1998;158:237-45.
8. Kraus WE, Houmard JA, Duscha BD, Knetzger KJ, Wharton MB, McCartney JS, Bales CW, Henes S, Samsa GP, Otvos JD, Kulkarni KR, Slentz CA. Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *N Engl J Med* 2002;347:1483-92.
9. Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, Houmard JA, Bales CW, Kraus WE. Effects of the amount of exercise on body weight, body composition, and measures of central obesity: STRRIDE--a randomized controlled study. *Arch Intern Med* 2004;164:31-9.
10. Church TS, Earnest CP, Skinner JS, Blair SN. Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2007;16;297:2081-91.
11. Barlow CE, LaMonte MJ, Fitzgerald SJ, Kampert JB, Perrin JL, Blair SN. Cardiorespiratory fitness is an independent predictor of hypertension incidence among initially normotensive healthy women. *Am J Epidemiol* 2006;163:142-50.
12. Houmard JA, Tanner CJ, Slentz CA, Duscha BD, McCartney JS, Kraus WE. Effect of the volume and intensity of exercise training on insulin sensitivity. *J Appl Physiol* 2004;96:101-6.
13. DiPietro L, Dziura J, Yeckel CW, Neufer PD. Exercise and improved insulin sensitivity in older women: evidence of the enduring benefits of higher intensity training. *J Appl Physiol* 2006;100:142-9.
14. Duncan GE, Anton SD, Sydemann SJ, Newton RL, Corsica JA, Durning PE, Ketterson TU, Martin AD, Limacher MC, Perri MG. Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency: a randomized trial. *Arch Intern Med* 2005;165:2362-9.
15. Lemura LM, Von Duvillard SP, Mokerjee S. The effects of physical training of functional capacity in adults ages 46-90: a meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40:1-10.
16. Borer KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 2005;35:779-830.
17. McTiernan A. Physical activity after cancer: physiologic outcomes. *Cancer Invest* 2004;22(1):68-81.
18. Daley AJ, Crank H, Saxton JM, Mutrie N, Coleman R, Roalfe A. Randomized trial of exercise therapy in women treated for breast cancer. *J Clin Oncol* 2007;25:1713-21.
19. O'Neal HA, Dunn AL, Martinsen EW. Depression and exercise. *Int J Sports Psychol* 2000;31:110-35.
20. Scully D, Kremer J, Meade MM, Graham R, Dudgeon K. Physical exercise and psychological well being: a critical review. *Br J Sports Med* 1998;32:111-20.
21. Del Valle Soto ME, Martínez AA, Izquierdo Aymerich MM, Cecchini Estrada JA. Asociación de la condición física saludable y los indicadores del estado de salud (I). *Archivos de medicina del deporte* 2003;96:339

22. Del Valle Soto ME, Martínez AA, Izquierdo Aymerich MM, Cecchini Estrada JA. Asociación de la condición física saludable y los indicadores del estado de salud (II). *Archivos de Medicina del Deporte* 2003;97:405-18.
23. ACSM. Position stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory fitness and muscular fitness in healthy adults *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:265-74.
24. Haskell WL, Lee IM, Russell PR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical Activity and Public Health. Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007;116:1081-1093.
25. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* 2005;98:1985-90.
26. Marks BL. Health benefits for veteran (senior) tennis players. *Br J Sports Med* 2006;40:469-76.
27. Hurley BF, Hagberg JM. Optimizing Health in Older Persons: *Aerobic or Strength Training?* En: Holloszy JO (ed.). *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 1998;26:61-89.
28. Méndez-Villanueva A, Fernández Fernández J. Prescripción de la actividad física en personas mayores: recomendaciones actuales. *Revista Española de Educación Física y Deportes* 2005;3:13-29.
29. Chilibeck PD, Paterson DH, Cunningham DA, Taylor AW, Noble EG. Muscle capillarization, O<sub>2</sub> diffusion distance, and O<sub>2</sub> kinetics in old and young individuals. *J Appl Physiol* 1997;82:63-9.
30. Vodak PA, Savin WM, Haskell WL, Wood PD. Physiological profile of middle-aged male and female tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:159-63.
31. Fernández J, Méndez-Villanueva A, Pluim BM. Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med* 2006;40:387-91.
32. Fernández Fernández J, Méndez Villanueva A, Pluim BM, Fernández García B, Terrados N. Aspectos físicos y fisiológicos del tenis de competición (I). *Archivos de Medicina del Deporte* 2006;116:451-4.
33. Fernández Fernández J, Méndez Villanueva A, Pluim BM, Fernández García B, Terrados N. Aspectos físicos y fisiológicos del tenis de competición (II). *Archivos de Medicina del Deporte* 2007;117:37-43.
34. Elliott B, Dawson B, Pyke F. The energetics of singles tennis. *J Human Mov Studies* 1985;11:11-20.
35. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Ross RM, Stuterville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of men, ages 25-70 yr. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:113-20.
36. Jackson AS, Beard EF, Wier LT, Beard EF, Stuterville JE, Blair SN. Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:884-91.
37. Wilmore JH, Davis JA, O'Brien RS, Vodak PA, Walder GR, Amsterdam EA. Physiological alterations consequent to 20-week conditioning programs of bicycling, tennis, and jogging. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:1-8.
38. König D, Huonker M, Schmid A, Halle M, Berg A, Keul J. Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:654-8.
39. George K, Sharma S, Batterham A, Whyte G, McKenna W. Allometric analysis of the association between cardiac dimensions and body size variables in 464 junior athletes. *Clin Sci* 2001;100:47-54.
40. Spirito P, Pelliccia A, Proschan MA, Granata M, Spataro A, Bellone P, Caselli G, Biffi A, Vecchio C, Maron BJ. Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am J Cardiol* 1994;74:802-6.
41. Méndez-Villanueva A, Fernández-Fernández J, Bishop D, Fernández-García B, Terrados N. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med* 2007;41:296-300.
42. Paffenbarger RS, Blair SN. Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:60-70.
43. Paffenberger RS, Hyde RT, Wing AL, Lee I-M, Jung DL, Kampert JB. The association of changes in physical-activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N Engl J Med* 1993;328:538-45.

44. Swank AM, Condra S, Yates JW. Effect of long term tennis participation on aerobic capacity, body composition, muscular strength and flexibility and serum lipids. *Sports Med Training Rehab* 1998;8:99-112.
45. Schneider D, Greenberg MR. Choice of exercise: a predictor of behavioral risks? *Res Q Exerc Sport* 1992;63:231-7.
46. Laforest S, St-Pierre DM, Cyr J, Gayton D. Effects of age and regular exercise on muscle strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1990;60:104-11.
47. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz KH, Emplaincourt PO, Jacobs DR, Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:498-504.
48. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, Buchner D, Ettinger W, Heath GW, King AC. Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 1995;273:402-7.
49. National Cholesterol Education Program. Third report of the National Cholesterol education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III), 2002. NIH Publication No 02-, 5215.
50. Ferrauti A, Weber K, Struder HK. Effects of tennis training on lipid metabolism and lipoproteins in recreational players. *Br J Sports Med* 1997;31:322-7.
51. Jette M, Landry F, Tiemann B, Blumchen G. Ambulatory blood pressure and Holter monitoring during tennis play. *Can J Sport Sci* 1991;16:40-4.
52. Chobanian AV. Prehypertension revisited. *Hypertension* 2006;48:812-4.
53. ACSM. Position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:533-53
54. Galanis N, Farmakiotis D, Kouraki K, Fachadidou A. Forced expiratory volume in one second and peak expiratory flow rate values in non-professional male tennis players. *J Sports Med Phys Fitness* 2006;46:128-31.
55. Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, Heinonen A, Sievänen H, Oja P, Vuori I. Changes in bone mineral content with decreased training in competitive young adult tennis players and controls: a prospective 4-yr follow-up. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:645-52.
56. Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, Sievänen H, Pasanen M, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: A prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *J Bone Miner Res* 2001;16:195-201.
57. Sanchís Moysi J, Dorado C, Vicente-Rodríguez G, Milutinovic L, Garcés GL, Calbet JA. Inter-arm asymmetry in bone mineral content and bone area in postmenopausal recreational tennis players. *Maturitas* 2004;48:289-98.
58. Calbet JA, Moysi JS, Dorado C, Rodríguez LP. Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int* 1998;62:491-6.
59. Haapasalo H, Kontulainen S, Sievanen H, Kannus P, Järvinen M, Vuori I. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density: a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone* 2000;27:351-7.
60. Nara-Ashizawa N, Liu LJ, Higuchi T, Tokuyama K, Hayashi K, Shirasaki Y, Amagai H, Saitoh S. Paradoxical adaptation of mature radius to unilateral use in tennis playing. *Bone* 2002;30:619-23.
61. Ashizawa N, Nonaka K, Michikami S, Mizuki T, Amagai H, Tokuyama K, Suzuki M. Tomographical description of tennis-loaded radius: reciprocal relation between bone size and volumetric BMD. *J Appl Physiol* 1999;86:1347-51.
62. Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, Pasanen M, Uusi-Rasi K, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998;13:310-9.
63. Haapasalo H, Sievanen H, Kannus P, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading. *J Bone Miner Res* 1996;11:864-72.
64. Etherington J, Harris PA, Nandra D, Hart DJ, Wolman RL, Doyle DV, Spector TD. The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *J Bone Miner Res* 1996;11:1333-8.

65. **Tsuji S, Tsunoda N, Yata H, Katsukawa F, Onishi S, Yamazaki H.** Relation between grip strength and radial bone mineral density in young athletes. *Arch Phys Med Rehabil* 1995;76:234-8.
66. **Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, Sievänen H, Pasanen M, Heinonen A, Oja P, Vuori I.** Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995;123:27-31.
67. **Kannus P, Haapasalo H, Sievanen H, Oja P, Vuori I.** The site-specific effects of long-term unilateral activity on bone mineral density and content. *Bone* 1994;15:279-84.
68. **Krahl H, Pieper HG, Quack G.** Bone hypertrophy as a results of training. *Orthopade* 1995;24:441-5.
69. **Krahl H, Michaelis U, Pieper HG, Quack G, Montag M.** Stimulation of bone growth through sports. A radiologic investigation of the upper extremities in professional tennis players. *Am J Sports Med* 1994;22:751-7.
70. **Jacobson PC, Beaver W, Grubb SA, Taft TN, Talmage RV.** Bone density in women: college athletes and older athletic women. *J Orthop Res* 1984;2:328-32.
71. **Kontulainen S, Sievanen H, Kannus P, Pasanen M, Vuori I.** Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: a peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *J Bone Miner Res* 2003;18:352-9.
72. **Jones JJ, Priest JD, Hayes WC, Tichenor CC, Nagel DA.** Humeral hypertrophy in response to exercise. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:204-8.
73. **Huddleston AL, Rockwell D, Kulund DN, Harrison RB.** Bone mass in lifetime tennis athletes. *JAMA* 1980;244:1107-9.
74. **Karjalainen P, Alhava EM.** Bone mineral content of the forearm in a healthy population. *Acta Radiol Oncol Radiat Phys Biol* 1976;16:199-208.
75. **Suominen H.** Muscle training for bone strength. *Aging Clin Exp Res* 2006;18:85-93.
76. **Marks BL.** Physiologic responses to exercise in older women. *Top Geriatr Rehab* 2002;18:9-20.
77. **ACSM.** Position Stand: Physical activity and bone health. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1985-96.
78. **Cannon JG.** Intrinsic and extrinsic factors in muscle aging. *Ann NY Acad Sci* 1998;20:854:72-7.
79. **Groppel JL, Roetert EP.** Applied physiology of tennis. *Sports Med* 1992;14:260-8.
80. **Masud T, Morris RO.** Epidemiology of falls. *Age Ageing* 2001;30:3-7.
81. **Province MA, Hadley EC, Hornbrook MC, Lipsitz LA, Miller JP, Mulrow CD, Ory MG, Sattin RW, Tinetti ME, Wolf SL.** The effects of exercise on falls in elderly patients: a preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *J Am Med Assoc* 1995;273(17):1341-7.
82. **Gillespie LD, Gillespie WJ, Robertson MC, Lamb SE, Cumming RG, Rowe BH.** Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev* 2001;3:CD000340.
83. **Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG, McNeely E, Coogler C, Xu T.** Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:489-97.
84. **Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Tilyard MW, Buchner DM.** Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women. *BMJ* 1997;315(7115):1065-9.
85. **Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Buchner DM.** Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing* 1999;28:513-8.
86. **Day L, Fildes B, Gordon I, Fitzharris M, Flamer H, Lord S.** Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *Br Med J* 2002;325(7356):128-31.
87. **Barnett A, Smith B, Lord SR, Williams M, Baumann A.** Community based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomised controlled trial. *Age Ageing* 2003;32:407-14.
88. **Lord SR, Castell S, Corcoran J, Dayhew J, Matters B, Shan A, Williams P.** The effect of group exercise on physical functioning and falls in frail older people living in retirement villages: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2003;51:1685-92.
89. **Li FZ, Harmer P, Fisher KJ, McAuley E, Chautemton N, Eckstrom E, Wilson NL.** Tai Chi and fall reductions in older adults: A randomized

- controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2005;60(2):187-94.
- 90. Means KM, Rodell DE, O'Sullivan PS.** Balance, mobility, and falls among community-dwelling elderly persons: effects of a rehabilitation exercise program. *Am J Phys Med Rehabil* 2005;84:238-50.
- 91. Reinsch S, MacRae P, Lachenbruch PA, Tobis J.** Attempts to prevent falls and injury: a prospective community study. *Gerontologist* 1992;32:450-6.
- 92. Lord SR, Ward JA, Williams P, Strudwick M.** The effect of a 12- month exercise trial on balance, strength and falls in older women: a randomized controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:1198-1206.
- 93. McMurdo MET, Miller AM, Daly F.** A randomized controlled trial of fall prevention strategies in old people's homes. *Gerontology* 2000;46:83-7.
- 94. Wolf SL, Sattin RW, Kutner M, O'Grady M, Greenspan AI, Gregor RJ.** Intense Tai Chi exercise training and fall occurrences in older, transitionally frail adults: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2003;51:1693-1701.