

Monograph

# Efecto del Yoga sobre el Metabolismo Oseo en Mujeres Post-Menopáusicas

Martín F Bottaro<sup>2</sup>, Victor Machado Reis<sup>3,4</sup>, R. J Oliveira<sup>2</sup>, Lúdia Bezerra<sup>1</sup>, Lúdia Abdhala<sup>5</sup>, Ricardo M Lima<sup>2</sup>, Sandra Soares<sup>5</sup> y Adriana Furtado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Physical Education, Catholic University of Brasilia, Brasil.

<sup>2</sup>College of Physical Education, University of Brasilia, Brasil.

<sup>3</sup>University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal.

<sup>4</sup>Research Centre for Sport, Health, and Human Development, Portugal.

<sup>5</sup>SABIN laboratory, Brasil.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue verificar, en mujeres de edad avanzada, los efectos del Yoga sobre los marcadores bioquímicos óseos (BBM) de formación (osteocalcina) y absorción (telopéptido carboxil terminal del colágeno, CTX) y sobre la hormona estradiol. Cuarenta y ocho mujeres post-menopáusicas ( $63,9 \pm 5,6$  años) fueron distribuidas en dos grupos: Grupo que realizó Yoga (YG,  $n=24$ ) y un Grupo Control (CG,  $n=24$ ). El grupo YG, realizó yoga tres veces por semana (una hora cada sesión), durante seis meses, mientras que el grupo CG recibió instrucciones de no alterar su rutina habitual diaria. La densidad mineral ósea (DMO), los marcadores bioquímicos óseos (BBM) y el estradiol, fueron analizados antes y después del programa de yoga por medio de procedimientos estándar. Para analizar las diferencias intra e inter grupo se realizó un ANOVA factorial mixto. Se observó una disminución significativa en la densidad mineral ósea (DMO) en la región lumbar de la columna y en la cadera completa en el grupo control (CG), mientras que en el grupo que realizó yoga (YG) solo se observó una disminución de la DMO en la región lumbar de la columna. Los valores de osteocalcina aumentaron en el grupo YG y disminuyeron en el grupo CG, y los valores de CTX disminuyeron en ambos grupos. No se observaron diferencias en los valores de la hormona estradiol. Se concluye que la práctica de yoga no logró inducir aumentos significativos en la DMO de mujeres post-menopáusicas, pero fue capaz de aumentar los marcadores bioquímicos de formación de hueso, tal como se observara a través de los valores de la osteocalcina sérica lo que sugiere un mayor recambio óseo.

**Palabras Clave:** estímulo estático óseo, densidad mineral ósea, marcadores bioquímicos óseos, estradiol

## INTRODUCCION

Se ha postulado que la falta de movimiento, los hábitos alimenticios irregulares, la ingesta deficiente de calcio, la falta de vitamina D y las deficiencias hormonales, serían los principales factores que producen disminución de la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres post-menopáusicas (4, 5, 16). De manera contraria, se ha sugerido que el ejercicio físico ayuda a conservar, mantener o aumentar la masa ósea. Numerosos estudios han demostrado los mecanismos a través de los cuales, el ejercicio físico puede afectar la salud de los huesos en las mujeres post-menopáusicas (1, 3, 7, 18, 26). Por ejemplo, se

han realizado estudios sobre la relación entre la fisiología de los huesos y el entrenamiento con sobrecarga, caminatas, jogging, ciclismo, ejercicios acuáticos, saltos verticales y gimnasia. Sin embargo no está claro, que tipo de ejercicio físico es el más efectivo para conservar la masa ósea (27).

Entre los fenotipos que caracterizan la pérdida de masa ósea, se ha informado que la DMO es un buen factor de predicción de riesgo de fracturas (15). De hecho, la osteoporosis, un desorden asociado a la edad que representa un problema para los costos de la salud pública, se caracteriza por una baja DMO (10).

La densitometría ósea es una medición estática de ciertos sitios específicos del esqueleto que no necesariamente refleja el metabolismo óseo en el cuerpo entero (19). En tal sentido, se ha sugerido que los marcadores bioquímicos óseos proporcionan una medición más dinámica del metabolismo esquelético total del cuerpo (15,17) y serían más sensibles para determinar la respuesta de los huesos frente a una dada intervención (14). La osteocalcina (OC) es una proteína no colagénica producida por las células osteoblásticas durante la formación del hueso (8) mientras que el telopéptido carboxil terminal del colágeno (CTX) es un marcador de resorción ósea (14). Ambos marcadores han sido extensamente utilizados para evaluar el recambio óseo (8, 14, 26).

Se ha sugerido que el ejercicio físico tendría un efecto piezoeléctrico sobre la masa ósea, inducido por una vía dinámica. Lanyon y Rubin (12) demostraron que la tensión estática es ineficiente en comparación con la tensión dinámica. Por otra parte, Swezey (25), en un estudio con mujeres post-menopáusicas utilizando un entrenamiento progresivo estático isométrico con una pelota a medio inflar, observó un aumento significativo en la fosfatasa alcalina ósea, un marcador óseo de la formación de hueso. Estos datos sugieren que un estímulo estático puede activar las células formadoras de hueso, estimulando la formación e inhibiendo la resorción ósea.

El yoga es una actividad física que consiste en movimientos isométricos, ejercicios respiratorios y meditación. Se ha informado que este tipo de ejercicio es efectivo para mejorar la función y para reducir el dolor de la zona baja de la espalda (22).

Además, un estudio demostró que un programa basado en yoga, era muy útil para aliviar algunos síntomas y signos del síndrome del túnel carpiano (6). Sin embargo, hasta la fecha ningún estudio se ha centrado en evaluar los efectos de la práctica de yoga sobre los fenotipos relacionados a los huesos tales como DMO o los marcadores bioquímicos. Debido a que previamente se ha informado que el estradiol sérico es un determinante importante de la remodelación ósea en mujeres de edad avanzada (4), también sería interesante evaluar los efectos de yoga sobre ésta hormona. Por lo tanto, el propósito de éste estudio consistió en evaluar los efectos de un programa de Yoga de 6 meses de duración, sobre los marcadores bioquímicos (BBM) de formación (osteocalcina) y resorción ósea (CTX), y sobre la hormona estradiol en mujeres post-menopáusicas.

## MÉTODOS

---

### Sujetos

En el presente estudio participaron en total 48 mujeres post-menopáusicas (edad media  $63,9 \pm 5,6$  años). Las voluntarias fueron reclutadas de un programa de trabajo social desarrollado por la Universidad que ofrece la realización de actividad física, asesoramiento nutricional y asistencia médica a la población de personas mayores del vecindario.

Según la clasificación de Spirduso (24) las voluntarias eran físicamente independientes. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: haber sufrido fracturas recientes, padecer osteoartritis, poseer un diagnóstico previo de osteoporosis, tener hipertensión no controlada, ser fumador y padecer obesidad mórbida (i.e, índice de masa corporal  $\geq 40 \text{ kg.m}^{-2}$ ). Además, las voluntarias no habían realizado ejercicio de manera regular durante los seis meses previos al estudio. Las voluntarias recibieron la instrucción de no participar en ninguna sesión de entrenamiento y se les solicitó que realicen sus actividades habituales diarias durante el estudio.

Luego de que cada participante diera su consentimiento informado por escrito, fueron asignadas al azar a uno de dos grupos: Grupo que realizó yoga (YG, n=24) y grupo control (CG, n=24).

El estudio fue realizado siguiendo la Declaración de Helsinki y todos los procedimientos fueron aprobados por el Comité de Ética de Asuntos Humanos de la Universidad.

### Procedimientos

## Densitometría Ósea y Composición Corporal

El peso corporal se determinó mediante una balanza de brazos calibrada (modelo 31, *Filizola, São Paulo, Brazil*) con un nivel de apreciación de 0,1 kg con las mujeres vestidas de manera liviana con una remera y shorts. La talla se determinó con un estadiómetro cuya apreciación era de 0,1 cm (modelo 31, *Filizola, São Paulo, Brazil*) con las mujeres descalzas y luego de que realizaran una inspiración voluntaria profunda. El índice de masa corporal (IMC) se calculó dividiendo el peso corporal por la talla al cuadrado ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ). Las mediciones de la densidad mineral ósea (DMO) corporal total (TB), de la zona lumbar de la columna (L2-L4), del cuello femoral (FN), del triángulo de Ward (WT), del trocánter (TR), de cadera completa (TH) y del antebrazo (gramos por centímetro cuadrado  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) fueron realizadas por medio de Absorciometría de Rayos X con Energía Dual (DEXA) en un equipo *Lunar DPX-IQ (Lunar Corporation, Madison, WI)*. El scanner DEXA fue calibrado diariamente con un maniquí de aluminio provisto por el fabricante y los procedimientos fueron realizados por el mismo técnico experimentado. Los coeficientes de variación porcentual para las mediciones de la DMO de FN, WT y L2-L4 fueron 2,4%, 2,2% y 1,3%, respectivamente.

## Bioquímica de los Huesos

Los marcadores bioquímicos de la formación (osteocalcina, OC) y resorción de hueso (telopéptido carboxil terminal del colágeno, CTX) fueron determinados en el suero por medio de un inmunoensayo de electroquimioluminiscencia realizado en un analizador automático (*Elecsys 2010, Roche Diagnostics®, Mannheim, Germany*). La hormona estradiol fue determinada con la misma metodología mencionada previamente. A cada participante se le realizó una extracción de sangre al inicio del estudio y otra extracción luego del período de intervención de seis meses, que fueron analizadas subsecuentemente. Los coeficientes de variación intra e inter tratamiento fueron respectivamente 3,84% y 6% para CTX, 2,21% y 3% para OC, y 9,2% y 4,4% para el estradiol.

## Programa de Yoga

La práctica de Yoga se realizó tres veces por semana durante un período de seis meses. Cada sesión tenía una duración de una hora y estaba dividida en tres partes; 1) cinco minutos de ejercicios respiratorios en el suelo, con las participantes sentadas con las piernas cruzadas; 2) 45 minutos de posturas de Yoga (20 segundos en cada postura); 3) cinco minutos de meditación seguidos por 5 minutos de relajación en el suelo en posición supina. Las participantes que no realizaban como mínimo el 80% de las sesiones eran excluidas del análisis.

## Análisis Estadísticos

Para todas las variables se realizó el análisis de la estadística descriptiva y los valores de las mismas fueron expresados en forma de  $\text{media} \pm \text{desviación estándar}$ . Se utilizó el *test-t* de muestras independientes para establecer las diferencias al comienzo del estudio (línea de base) entre los grupos en edad, talla, BMI, porcentaje de grasa corporal, masa magra y masa grasa. Los efectos del yoga sobre las variables dependientes (i. e. DMO, BBM y estradiol) fueron analizados mediante un ANOVA factorial mixto (tiempo x grupo) donde los factores intra-sujeto eran los valores observados pre y post-intervención y el factor fijo entre-sujetos era el grupo (YG y CG). La significancia estadística se fijó en un nivel de alfa de  $p < 0,05$  y todos los análisis fueron realizados con el *software* SPSS 14.0 (Chicago, IL, USA).

## RESULTADOS

Las características descriptivas de ambos grupos se presentan en la Tabla 1. Treinta voluntarias comenzaron el programa de yoga pero solo 24 completaron satisfactoriamente el protocolo, lo que significó una tasa de adhesión de 80%. Los motivos de abandono fueron; falta de interés o cambio de domicilio. No se observaron diferencias significativas entre los grupos en edad, talla, peso corporal, BMI, porcentaje de grasa corporal, masa magra, BMI o masa grasa. No se observaron diferencias significativas en los valores iniciales (línea de base) de la densidad mineral ósea (DMO) en ninguno de los sitios de medición. Se observó que el grupo CG presentó una disminución significativa pre vs post-intervención en la DMO de la zona lumbar de la columna y de la cadera completa mientras que el grupo YG solo presentó una disminución significativa en los valores de la DMO de la zona lumbar de la columna. Como se observa en la Tabla 2, no se registraron diferencias significativas entre los valores antes (pre) de la intervención y los valores después de la intervención (post), en los otros sitios de medición de DMO en ninguno de los grupos. No se registraron lesiones durante el estudio.

Variable	Grupo Yoga (n=24) (Media±DS)	Grupo Control (n=24) (Media±DS)
Edad (años)	63,988 ± 5,7	65,3 ± 3,9
Talla (cm)	150,3 ± 6,4	152,4 ± 4,3
Masa Corporal (kg)	63,9 ± 12,0	66,8 ± 15,3
Indice de masa corporal (kg.m <sup>-2</sup> )	28,4 ± 5,4	28,6 ± 5,7
% de Grasa Corporal	41,6 ± 7,2	40,9 ± 8,9
Masa Grasa (kg)	26,7 ± 8,1	27,85 ± 11,5
Masa Magra (kg)	36,4 ± 5,7	37,6 ± 4,6

**Tabla 1.** Datos descriptivos de las participantes.

DMO (g/cm <sup>2</sup> )	Grupo Yoga (n=24)		Δ%	Grupo Control (n=24)		Δ%
	Pre-	Post-		Pre	Post	
DMO.TB	1,075 ± 0,121	1,072 ± 0,115	0,28	1,090 ± 0,133	1,084 ± 0,129	0,56
L2 - L4	0,984 ± 0,190	0,959 ± 0,175 * †	2,55	1,021 ± 0,227	0,989 ± 0,235 * †	3,14
Cuello Femoral	0,843 ± 0,172	0,836 ± 0,182	0,84	0,870 ± 0,128	0,865 ± 0,132	0,58
Triángulo de Ward	0,675 ± 0,177	0,666 ± 0,185	1,39	0,677 ± 0,177	0,669 ± 0,178	1,19
Trocánter	0,738 ± 0,139	0,736 ± 0,134	0,28	0,789 ± 0,160	0,772 ± 0,166	2,16
Cadera Completa	0,915 ± 0,169	0,910 ± 0,174 †	0,55	0,970 ± 0,161	0,954 ± 0,164 †	1,65
FA.UD	0,288 ± 0,061	0,291 ± 0,058	1,04	0,287 ± 0,055	0,282 ± 0,054	1,75

**Tabla 2.** Comparación entre los valores de la densidad mineral ósea (DMO) al inicio del estudio (Pre) y luego de seis meses de seguimiento (Post). Los valores se presentan en forma de Media±DS. Abreviaturas: \*= Se observan diferencias significativas entre los valores pre y post-test ( $p < 0,05$ ), †= se observan diferencias significativas entre los grupos ( $p \leq 0,05$ ); DMO= Densidad mineral ósea; L2-L4= DMO de la zona lumbar de la columna; Trocánter= DMO del trocánter; FA.UD = Densidad mineral ósea de la región más distal del antebrazo.

No se observaron diferencias significativas en OC, CTX ni en el estradiol entre los grupos en los valores iniciales (Tabla 3). Sin embargo al comparar las mediciones antes y después de la intervención (pre vs post), el ANOVA reveló que OC presentaba un aumento significativo en el grupo YG y una disminución significativa en el grupo CG. Además se observó una interacción significativa tiempo x grupo y los valores post-intervención fueron significativamente mayores en el grupo que realizó yoga (YG) que en el grupo control (CG). Con respecto a los valores CTX, ambos grupos mostraron disminuciones significativas pre vs post, sin embargo el cambio porcentual fue considerablemente diferente entre los grupos YG y CG (8,29% vs. 46,36%, respectivamente), y se observó una interacción significativa tiempo x grupo. No se observaron diferencias significativas dentro de los grupos ni entre los grupos en los valores de la hormona estradiol, y tampoco se observó interacción significativa tiempo x grupo.

Variable	Grupo Yoga (n = 24)		Δ%	Grupo Control (n = 24)		Δ%
	Pre	Post		Pre	Post	
OC (ng.mL <sup>-1</sup> )	15,4 ± 6,2	20,9 ± 9,4 *	35,3	16,20 ± 7,0	14,2 ± 6,6 * †	-12,5
CTX (ng.mL <sup>-1</sup> )	0,35 ± 0,18	0,32 ± 0,26 *	-8,3	0,45 ± 0,13	0,243 ± 0,206 *	-46,4
Estradiol (pg.mL <sup>-1</sup> )	30,9 ± 14,7	30,01 ± 10,3	-2,6	28,2 ± 13,7	24,84 ± 8,7	-11,8

**Tabla 3.** Determinación de los marcadores bioquímicos y de estradiol antes (Pre) y después de la intervención (Post) en ambos grupos. Los valores se presentan en forma de Media ±SD. Abreviaturas: \*= Se observan diferencias significativas entre los valores pre y post-test ( $p < 0,05$ ), †= se observan diferencias significativas entre los grupos ( $p \leq 0,05$ ); OC= Osteocalcina; CTX= telopeptido carboxil terminal del colágeno.

## DISCUSION

---

Contrariamente a lo que esperábamos, la DMO de la zona lumbar de la columna y de la cadera completa disminuyeron significativamente luego del protocolo de estudio en el grupo control (CG) y la DMO de la zona lumbar de la columna disminuyó significativamente en el grupo que realizó yoga (YG). Los ejercicios de yoga que se realizaron en la presente investigación hicieron hincapié en las zonas óseas específicas que podían provocar tensión en la inserción de los huesos, por lo que se esperaba que produjeran un efecto piezoeléctrico y una posterior estimulación de las células formadoras de hueso. Sin embargo, la intervención analizada no logró preservar la DMO de la zona lumbar de la columna. Estos resultados sugerirían que el entrenamiento con yoga no es un estímulo efectivo para detener la pérdida de hueso, pero hay otros factores que deberían ser considerados a continuación.

Los ejercicios de yoga no requieren movimientos bruscos y se realizan a velocidad lenta y progresiva.

Algunos estudios han demostrado que los estímulos estáticos sobre los tejidos óseos no son eficientes para producir osteogénesis (12, 20). Sin embargo es necesario señalar que dichos estudios fueron realizados en animales y que el estímulo estático fue ejercido durante una duración relativamente larga. En tal sentido, se ha sugerido que los programas de ejercicio para personas, cuyo objetivo sea mantener la masa ósea serían más efectivos si el estímulo se divide en series más cortas separadas por períodos de recuperación (20). Además, previamente se demostró que los ejercicios de extensión o isométricos serían más apropiados para pacientes con osteoporosis post-menopáusica, ya que un gran número de fracturas por compresión vertebral se producen en aquellas personas que realizan programas de ejercicio con flexiones (23).

La densitometría ósea (DEXA) es una medición estática de sitios específicos y no necesariamente refleja el metabolismo en el cuerpo entero (19). Por otro lado, los marcadores de recambio óseo proporcionan una medida dinámica del metabolismo total del esqueleto corporal (17, 19). Aunque el estímulo de yoga utilizado en la presente investigación no logró producir aumentos en la DMO, si logró inducir cambios significativos en los marcadores de recambio óseo medidos. Mientras que en el grupo CG se observó una disminución significativa en la concentración de osteocalcina (marcador de formación de hueso), en el grupo YG se observó un aumento significativo en ésta variable a lo largo del estudio. La osteocalcina es una proteína específica del hueso producida por las células osteoblásticas durante la formación del hueso (9) y su medición ha sido ampliamente utilizada para evaluar el recambio óseo (13). Por lo tanto, nuestros resultados indican un aumento en el recambio óseo luego de la intervención de yoga, que a lo largo del tiempo podría conducir a un mantenimiento y aumento de la DMO. Los mecanismos que sustentan estas observaciones no fueron evaluados en el presente estudio. Podríamos especular que las posturas de yoga produjeron un estímulo en los huesos similar a la activación de los cristales de hidroxiapatita, lo que generaría cargas eléctricas que activarían a las células osteoblásticas e inhibirían a las células osteoclasticas (8, 17, 21). Los estudios futuros son importantes para descubrir tales mecanismos y evaluar el potencial de una intervención de mayor duración para reducir la velocidad de pérdida de DMO en mujeres post-menopáusicas.

Según Boyce et al. (2), el proceso de remodelación ósea se produce entre 120 y 170 días. En nuestro estudio, una intervención de yoga de una duración similar (seis meses) pudo aumentar la osteocalcina y disminuir los niveles de CTX. Swezey et al. (25) demostraron que en seres humanos, el entrenamiento estático y progresivo durante un período de seis meses, produjo un aumento significativo en la fosfatasa alcalina ósea y no produjo alteraciones significativas en el marcador de resorción. Vincent y Braith (26) analizaron los efectos de seis meses de entrenamiento con sobrecarga de alta intensidad en individuos de edad avanzada, e informaron que se produjeron cambios menores en las mediciones de DMO; sin embargo los niveles de osteocalcina habían aumentado en 25% y 39% con las intensidades baja y alta, respectivamente. Según nuestros conocimientos, ningún otro estudio se ha planteado analizar los efectos del yoga sobre los parámetros asociados a los huesos por lo que se hace difícil plantear comparaciones.

El estímulo estático causado por la práctica de yoga sobre los huesos podría haber alcanzado el umbral de tensión mínima efectiva y aumentado el reclutamiento de células osteoblásticas por adaptación de los huesos. Pavalko et al. (19) demostraron que las células osteoblásticas, reorganizan su citoesqueleto en respuesta a estímulos mecánicos, cambiando la sensibilidad mecánica de las células adaptándolas a la tensión ambiental. La práctica de yoga podría favorecer ésta reorganización de la sensibilidad mecánica de las células, a través del aumento en el número de osteoblastos en la matriz celular.

### Conclusiones

Los resultados del presente estudio indican que seis meses de práctica de Yoga, no lograron inducir aumentos significativos en la DMO de mujeres post-menopáusicas. Sin embargo, la intervención aumentó las concentraciones de marcadores bioquímicos de formación de hueso, tal como se determinara por medio de las concentraciones de osteocalcina sérica, que en el grupo control no presentaron cambios.

Estos resultados sugieren que el Yoga puede incrementar el recambio óseo en mujeres post-menopáusicas y que a lo largo

de un período de tiempo de mayor duración podría favorecer la conservación de la DMO. Es necesario realizar estudios adicionales para evaluar esta hipótesis.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a CNPq (Proc.478939/2003-5) y a la Universidad Católica de Brasilia por su aporte financiero.

### Dirección para Envío de Correspondencia

Campus Universitário Darcy Ribeiro. College of Physical Education. Sala 53. Faculdade de Educação Física – Universidade de Brasília. Zipcode: 70910-900; Brasília / DF / Brazil; Teléfono: +55 – 61 – 8195-0132. rjaco@unb.br

## REFERENCIAS

1. Basse E., Rothwell M. and Littlewood J (1998). Pre and postmenopausal women have different bone mineral density response to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 19:1805-1813
2. Boyce B. and Xing L (2003). Regulation of bone remodeling and emerging breakthrough drugs for osteoporosis and osteolytic bone metastases. *Kidney Int* 63:2-5
3. Cussler E., Lohman T., Going S., Houtkooper L., Metcalfe L., Flint-Wagner H., Harris R. and Teixeira P (2003). Weight lifted in strength training predicts bone change in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc* 35:10-17
4. Ettinger B., Pressman A., Skalarin P. and Bauer C (1998). Associations between low levels of serum estradiol, bone density, and fractures among elderly women: the study of osteoporosis fractures. *J Clin Endocrinol Metabol* 83: 2239-2243
5. Frost M (2000). Muscle, bone, and the utah paradigm: a 1999 overview. *Med Sci Sports Exerc* 32:911-917
6. Garfinkel M. S., Singhal A., Katz W. A., Allan D. A., Reshetar R. and Schumacher H. R (1998). Yoga-Based Intervention for Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Trial. *JAMA* 280:1601-1603
7. Hayashi R., Okano H. and Hizuma H (1993). The effects of walking at the anaerobic threshold on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 52:411-414
8. Hof R. and Rabston S (2001). Nitric oxide and bone. *Immunology* 103:255-261
9. Johnell O. and Kanis J. A (2004). An estimate of the worldwide prevalence, mortality and disability associated with hip fracture. *Osteoporos Int* 15:897-902
10. Kerr D., Dick I. and Prine R (1996). Exercise Effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res* 11:218-225
11. Lanyon L. and Rubin C (1984). Static vs dynamic loads as an influence on bone remodeling. *J Biomechanics* 12:897-907
12. Lello S., Paoletti A. M., Migliaccio S. and Melis G. B (2004). Bone markers: biochemical and clinical significance. *Aging Clin Exp Res* 16:33-6
13. Marshall D., Johnell O. and Wedel H (1996). Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 312:1254-1259
14. Notelovitz M (2002). Overview of bone mineral density in postmenopausal women. *J Reprod Med* 47:71-81
15. Nulend J., Bacabac R. and Mullender M (2005). Mechanobiology of bone tissue. *Pathol Biol* 53:576-580
16. Owroll S., Ferar J., Oviatt K., McClung M. and Huntington K (1989). The relationship of swimming exercise to bone mass, in men and women. *Arch Intern Med* 149:2197-2200
17. Pavalko F., Chen N., Turner C., Burr D., Atkinson S., Hsieh Y., Qiu J. and Duncan R (1998). Fluid shear-induced mechanical signaling in mc3t3-e1 osteoblasts requires cytoskeleton-integrin interactions. *Am J Physiol* 275:1591-1601
18. Robling A., Hinant F. and Burr D (2002). Shorter, more frequent mechanical loading sessions enhance bone mass. *Med Sci Sports Exerc* 34:196-202
19. Rubinacci A., Covini M. and Bisogni C (2001). Bone as an ion exchange system: evidence for a link between mechanotransduction and metabolic needs. *Am J Physiol Endocrinol Metabol* 282:851-864
20. Sherman K. G., Cherkin D. C., Erro J., Miglioretti D. L., Deyo R. A (2005). Comparing Yoga, Exercise, and a Self-Care Book for Chronic Low Back Pain: A Randomized, Controlled Trial. *Ann Intern Med* 143:849-856
21. Sinaki M. and Mikkebsen B (1984). Postmenopausal spinal osteoporosis: flexion vs extension exercise. *Arch Phys Med Rehabil* 65:593-596
22. Spirduso (1995). WW. Physical Dimensions of Aging. *Champaign, IL: Human Kinetics* 329-357
23. Swezey R., Swezey A. and Adams J (2000). Isometric progressive resistive exercise for osteoporosis. *J Rheumatol* 27:1260-1264
24. Vincent K. and Braith R (2002). Resistance exercise and bone turnover in elderly men and women. *Med Sci Sports Exerc* 34:17-23
25. Vuori I (2001). Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 33:551-586

### Cita Original

Bezerra L, Bottaro M, Reis, VM, Abdhala L, Lima R, Soares S, Furtado A, Oliveira, R. Effects of Yoga on Bone Metabolism in Postmenopausal Women. *JEPonline*; 13 (4): 58-65, 2010.