

Monograph

Análisis Densitométrico y Topográficos de las Interacciones Músculo-Esqueléticas en Seres Humanos

José L Ferretti^{1,2,3}, R F Capozza¹, G R Cointry¹, R Capiglioni², J R Zanchetta³ y E J Roldan²

¹Centro de Estudios del Metabolismo Fosfocalcio (CEMFOC), Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina

²pQCT - Biociencia, Buenos Aires, Argentina.

³Instituto de Investigaciones Metabólicas/Fundación (DIM/FIM), Buenos Aires, Argentina.

Palabras Clave: densitometría, masa muscular, masa grasa, contenido mineral óseo

ESTUDIOS PREVIOS CON DENSITOMETRIA STANDARD (DXA) Y CON QCT PERIFERICA (QCTP)

Hemos recolectado las siguientes evidencias experimentales de algunas interrelaciones músculo-esqueléticas interesantes en estudios con seres humanos.

1- Medimos el contenido mineral óseo total (CMO), la masa magra (MM), y la masa grasa (MG) a través de densitometría standard (DXA, Nrland XR-26) en 1500 hombres y mujeres, con edades entre 2 y 87 años, y observamos que tanto los valores crudos de CMO como los ajustados para los MG tuvieron una correlación lineal y estrecha con los valores de la MM, mostrando pendientes similares, independientemente de la edad, sexo, y hábito corporal. Sin embargo, las interpretaciones de estas correlaciones fueron mayores en los individuos post-púberes que en los pre-púberes; en las mujeres que menstruaban que en los hombres; y en las mujeres premenopáusicas que en las post-menoásicas. Los análisis de regresión múltiple mostraron que el determinante más significativo del CMO fue la MM, con muy poco o sin efecto independiente de la MG, o del hábito corporal en ambos sexo (1).

Esto sugirió: a) que la masa ósea depende estrechamente de la masa muscular en las especies, siguiendo una relación similar a cualquier edad; y b) que las hormonas sexuales o los factores relacionados potencian esa relación. Esto indicaría que el medio endocrino perturba en cierta forma, la regulación "mecanostática" de las propiedades ósea por los músculos (2) en término de "masas" densitométricas.

2- Al hacer un "scanning" del radio distal en hombres y mujeres normales con QCTp (Stratec QCT 960), hemos observado que: a) la pendiente de la correlación entre el momento transversal de inercia (MTI, y) y la superficie (x) de la región cortical fue mayor en los hombres que en las mujeres; mientras que b) la pendiente en la correlación entre la densidad volumétrica del mineral óseo (v DMO, y) y el contenido volumétrico (v CMO, x) del hueso trabecular fue mayor en las mujeres pre-menopáusicas que en hombres (3).

Esto indicó que el exceso de masa ósea por unidad de masa muscular, previamente observado en las mujeres

premenopáusicas (supuestamente adecuado para la crianza), se almacenaría en regiones óseas con relativamente poca relevancia mecánica (como las superficies corticalendosteal o trabecular) evitando, por lo tanto, la remoción orientada mecánicamente por el mecanostato óseo (4).

3- También hemos observado una relación lineal altamente significativa entre el índice “stress”/tensión [“Stress/Strain Index” o SSI (5)] determinado por QCTp del radio distal y el máximo momento dinámico de curvatura del antebrazo en hombres y mujeres normales, mostrando una sola pendiente para ambos sexos (6).

Además de confirmar las relaciones propuestas músculo/hueso desde un punto de vista más estructural (tomográfico) y mecánico (dinamométrico), esto sugiere la existencia de una relación “mecanostática” simple músculo/hueso para cualquier espécimen de homo sapiens, independientemente de las diferencias relacionadas con el sexo en la acumulación de masa ósea durante la vida reproductiva.

4- Al analizar los escaneos de QCTp de la pantorrilla de hombres y mujeres normales, también observamos correlaciones estrechas entre el MTI (momento transversal de inercia) o SSI (“Stress/Strain Index”) (variable y) y la superficie transversal de los músculos de la pantorrillas (variable x), siguiendo también pendientes únicas para hombres y para mujeres pre-menopáusicas. Sin embargo, en las mujeres post-menopáusicas las mismas correlaciones mostraban una dispersión de los datos compartitivamente mayor y una pendiente significativamente inferior (7).

Estos resultados muestran una mayor evidencia de rol perturbador del sistema endocrino sobre la regulación de la eficiencia de la estructura ósea a través del mecanostato óseo.

UN ESTUDIO CON RADIOGRAFIAS DE COLUMNA Y QCT AXIAL

Materiales y Métodos

Con el fin de investigar relaciones similares en regiones que son inaccesibles a la QCT, medimos el ángulo de curvaturas de la columna entre T4 y T12 con radiografías laterales, y las superficies transversales total, cortical y trabecular, el v CMO y v DMO del cuerpo vertebral, así como las áreas de masa total y masa magra (AMT, AMM, los cuales son mejores indicadores de la fuerza muscular que las “masas” magras evaluadas desitométricamente) de los grupos musculares flexores (ventrales) y extensores (dorsales) de la columna, con “scans” QST-axiales (Siemens Somatron plus 98, espesor de la banda = 1 cm), tomados al nivel L3, en una muestra con 93 mujeres pre- y post-menopáusicas con edades entre 35 y 79 años, a la cual se agregaron los datos de 5 hombres normales entre 32 y 74 años de edad como referencia.

Los sujetos que mostraban deformaciones en el control con las radiografías de frente, lo que hubieran podido interferir en las mediciones la curvatura de la columna, fueron excluidos del estudio. Ninguno de los individuos de otra manera no seleccionados, habían recibido alguna clase de tratamiento conocido que pudiese afectar al esqueleto.

Las interrelaciones entre los indicadores tomográficos y su valor como predictores de la condición espinal fueron evaluadas a través de análisis de regresión simples y múltiples.

RESULTADOS

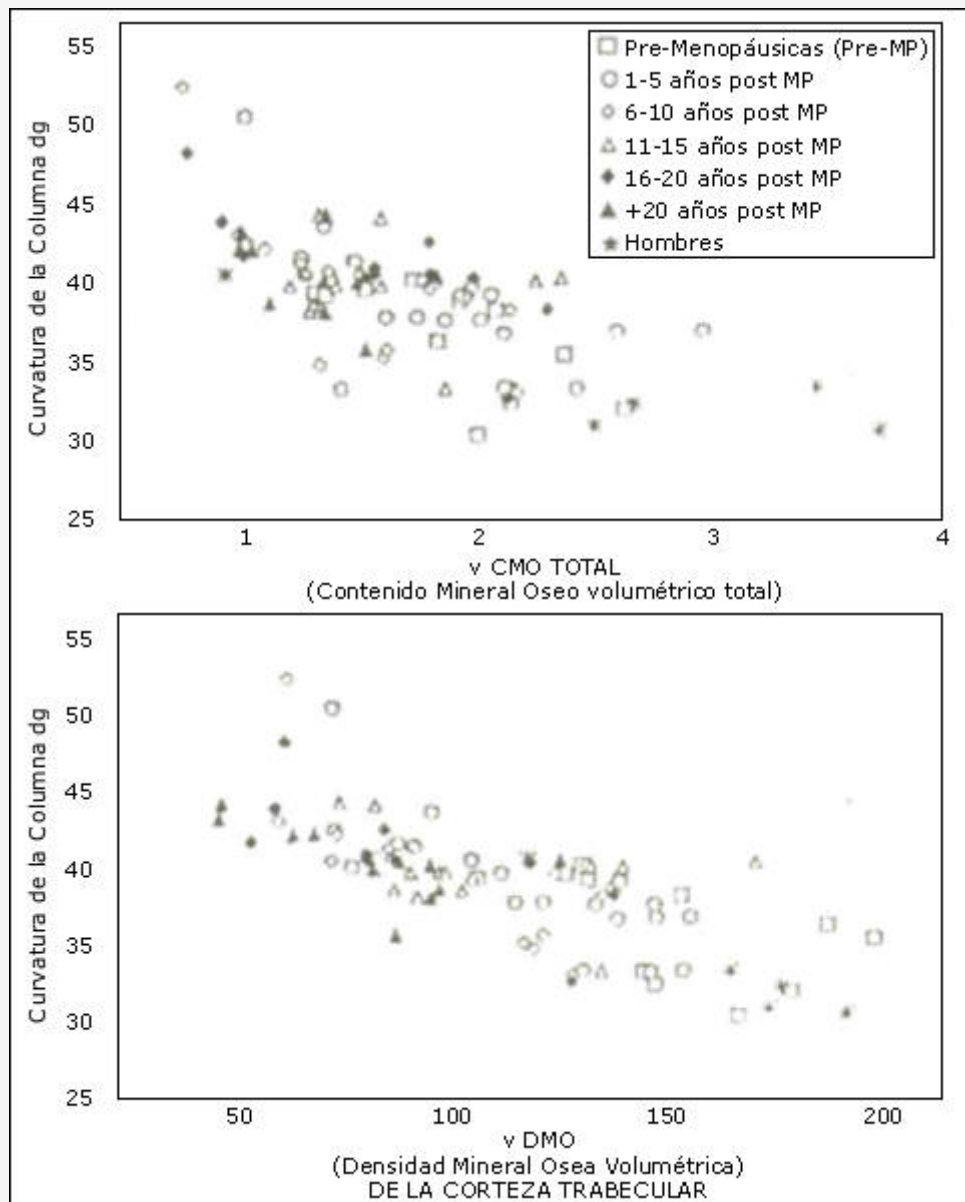
Tanto los indicadores óseos como musculares tuvieron una correlación negativa con la curvatura de la columna (Figura 1). El v CMO (del hueso total o cortical, mejor que el de trabecular) y la v DMO (del hueso trabecular, mejor que del total o cortical), más que las áreas óseas transversales, se ubicaron entre los indicadores tomográficos más confiables de la condición de la columna. Los dos mejores predictores fueron la v DMO de la corteza del hueso trabecular y el v CMO total del cuerpo vertebral (r parcial=0.749 y 0.693, respectivamente). No se pudo excluir alguna influencia independiente de cada uno de estos factores sobre la curvatura de la columna.

Anulando las variables óseas, las AMM total o dorsal (mas que el AMM ventral o cualquiera de las determinaciones del AM total) fueron las mejores predictoras significativas de la curvatura espinal (r parcial = 0.600 y 0.590 respectivamente). Concordantemente, el AMM dorsal también fue el mejor de cada indicador tomográfico de la salud ósea, especialmente de la v DMO de la corteza trabecular y v CMO total (Figura 2; r múltiple = 0.675 y 0.656, respectivamente, para el AMM dorsal).

Se examinaron las sucesivas zonas de distribución de los datos de individuos con rasgos progresivos de edad en los gráficos de correlación entre las variables óseas/óseas o musculares/ óseas. Sin embargo, los análisis de regresión múltiple descartaron alguna influencia independiente significativa de la edad o del tiempo desde la menopausia, así como del peso corporal o la estatura sobre estas asociaciones (r parcial $<$ a 0.170 en cada caso). La única excepción fue una débil correlación significativa entre el momento desde la menopausia y la DMO de las cortezas centrales (r parcial = 0.363).

La expresión de las variables óseas como *scores* "Z" no pudo mejorar ninguna de las correlaciones anteriores.

Los datos a partir del grupo de referencia (hombres) respetaron en todos los casos las mismas asociaciones observadas.



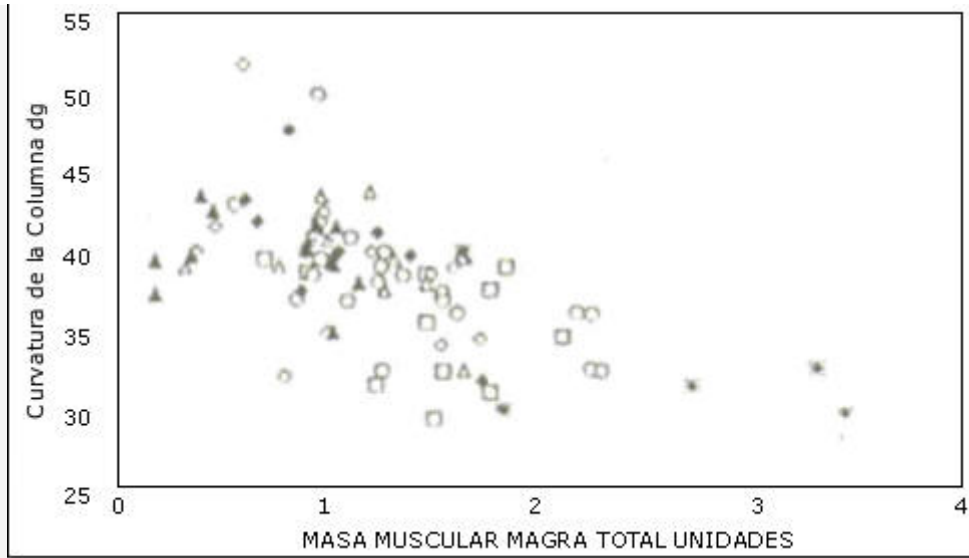
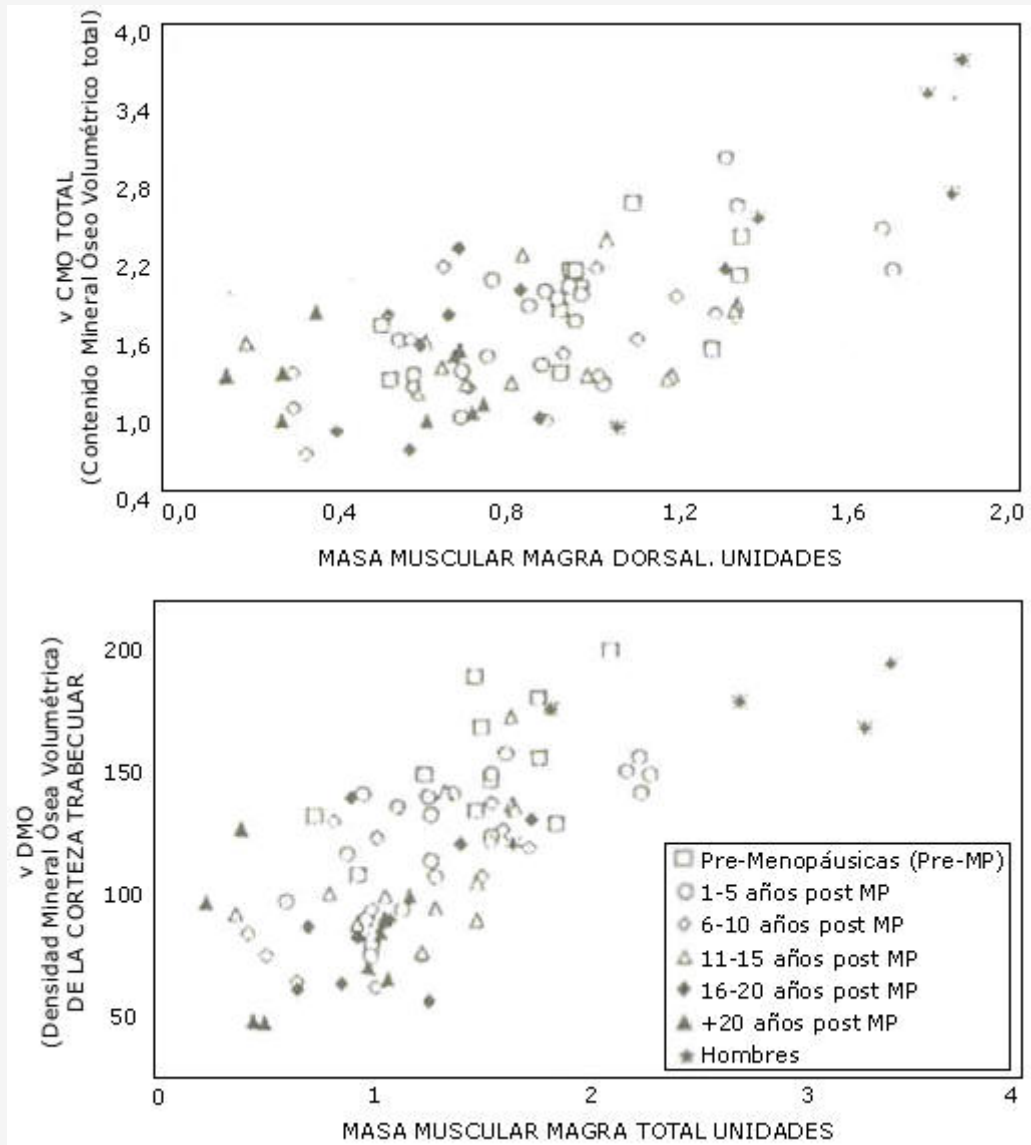


Figura 1.



DISCUSION

Este estudio proporciona evidencia adicional a las referencias anteriores concernientes al impacto directo, significativo de la fuerza muscular regional sobre la determinación de los indicadores tomográficos de la calidad mecánica del hueso, y su repercusión indirecta sobre la condición esquelética (curvatura de la columna) en una muestra estudiada, en una región que está siendo poco investigada.

Estos resultados contrastan con la poca influencia independiente si hay alguna de la edad, tiempo desde la menopausia, o hábitos corporales, ya sea sobre indicadores óseos o esqueléticos estudiados. La demostración de un mayor poder de determinación del AMM que del AM sobre la masa ósea o la capacidad mecánica, o sobre la condición esquelética, debería reflejar una independencia significativa de las influencias musculares sobre el hueso en las relaciones alométricas obvias, determinadas genéticamente.

De acuerdo a esta interpretación, las tensiones pico derivadas de las contracciones de los músculos regionales, más que de cualquier factor antropométrico o del sexo, de la edad o tiempo desde la menopausia en sí, deberían ser determinantes de primer orden de la capacidad biomecánica de la estructura ósea, en cuanto ninguna perturbación significativa proviene del medio endocrino-metabólico (8).

Interferencias Generales

El conjunto de datos referidos sugieren:

1. Que los esqueletos de los hombres y las mujeres no difieren significativamente desde el punto de vista biomecánico, como hemos propuesto anteriormente (1, 6).
2. Que los datos tomográficos (y densitométricos) de las variables óseas deberían ajustarse a indicadores adecuados de la masa muscular (o fuerza), en lugar de referirlos al sexo, edad, o hábito corporal, o expresarse como *Scores* "Z" o índices similares, antes de aplicarlos al diagnóstico ya sea de osteopenia (la única patología ósea que puede ser definida por DXA) o de osteoporosis (enfermedad que sólo pudo ser definida si las otras tecnologías complementarias como las empleadas en estos estudios permiten medir algún/algunos indicador/es relevante/s de la calidad mecánica del hueso) (8).

REFERENCIAS

1. Frost H. M., Ferretti J. L., W.S.S. Jee (1998). Some roles of mechanical usage, muscle strength, and the mechanostat in skeletal physiology, disease, and research. *Calcif Tissue Int*, 62: 1-7
2. Ferretti J. L., Zanchetta J. R., Capozza R. F., Cointry G. R., Braun M., Schneider P., Reiners C (1998). The premenopausal accumulation of bone material per unit muscle mass in women would be of little mechanical relevance. *Osteoporosis Int*, 8 (S3): 83
3. Ferretti J. L. (1998). Biomechanical properties of bone. In: Bone Densitometry and Osteoporosis. *Genant H. K., Jergas M., Guglielmi G. (Eds), pp. 143-161. Springer Verlag, Berlin*
4. Ferretti J. L. (1997). Noninvasive assessment of bone architecture and biomechanical properties in animals and humans employing pQCT technology. *J. Jap Soc Bone Morphom*, 7: 115-125
5. Schiessl H, Tysarczyk-Niemeyer G., Willnecker J., Ferretti J. L. (1998). Despite a different bone mineral storage per unit muscle mass, the determination of radial bone quality by forearm muscle strength follows the same relationship in men and women at any age. *Osteoporosis Int*. 8 (S3): 157
6. Ferretti J.L., Roldan E.J.A., Capozza R. F., Cointry G. R., Pasqualini T., Capigliioni R (1998). Muscle/bone interrelationships in the human leg. A pQCT study. *Bone*, 25 (5S): S510
7. Ferretti J.L., Schiessl H, Frost H.M (1998). On new opportunities for absorptiometry. *J Clin Densitom*, 1:41-53

Cita Original

Ferretti J.L., R. F. Capozza, G. R. Cointry, R. Capigliioni, E. J. A. Roldan, y J. R. Zanchetta. Análisis Densitométrico y

Topográficos de las Interacciones Músculo-Esqueléticas en Seres Humanos. Resúmenes del Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte, 139-141, 1999.