

Detección precoz por Tomografía Computada Cuantitativa Multicorte de alteraciones en la densidad mineral ósea, inducidas por una dieta aterogénica, en un modelo experimental en ratas en crecimiento

Marcelo Joaquín Gubert ⁽¹⁾, Fabián Monforte ⁽¹⁾, Claudia Calo ⁽¹⁾, Silvia María Friedman ⁽²⁾, Pedro Lylyk ⁽¹⁾, Carlota Alicia Gamba ^(2,3)

Resumen

Propósito. Demostrar la utilidad de la tomografía computada cuantitativa multicorte (QCT-MC) en la detección precoz de alteraciones en la densidad mineral ósea (DMO) mandibular, inducidas por una dieta aterogénica, en un modelo experimental en ratas en crecimiento.

Materiales y Métodos. Ratas Wistar macho (n=16) al destete, loteadas por peso en 2 grupos: Control (C) y experimental (E); peso promedio inicial sin diferencias significativas ($p > 0,05$); recibieron a libre demanda: C, dieta stock para roedores y E, dieta aterogénica por 3 semanas. Se monitorearon zoometría (peso y longitud corporales) y consumo de dieta (g/100 g rata/día). A las 3 semanas en suero (mg/dL), se evaluó el perfil lipídico-lipoproteico: colesterol total (col-T), triglicéridos (TG), col HDL y noHDL, y la QCT-MC (Philips 64 CT, cuantificado con eFilm Workstation 2.1) de siete zonas mandibulares (ZM): n° 1 a 4, desde forámen mentoniano hacia mandibular; n° 5, proceso coronoides; n° 6, proceso condilar; n° 7, proceso angular. Se realizó análisis estadístico Pearson: correlación entre DMO de cada ZM y valor sérico de col-T (nivel de significación $p < 0,05$).

Resultados. (media \pm DE) A las 3 semanas no hubo diferencias zoométricas ni en la ingesta ($p > 0,05$). Los coeficientes de correlación (r) y respectivos niveles de significación (p) mostraron, en cinco de siete ZM, ser significativos: ZM 1: -0,580 ($p = 0,019$), ZM 2: -0,709 ($p = 0,002$), ZM 3: -0,635 ($p = 0,008$), ZM 5: -0,674 ($p = 0,004$), ZM 6: -0,564 ($p = 0,023$).

Conclusiones. Estos resultados sugieren que la QCT-MC es un método de diagnóstico por imágenes que permite detectar precozmente alteraciones inducidas por una dieta aterogénica en la arquitectura ósea de la mandíbula. La correlación inversa entre la DMO y el col-T indicaría una asociación entre el consumo de una dieta aterogénica y posibles disfunciones temporomandibulares.

Palabras clave. Arquitectura ósea. Dieta aterogénica. Mandíbula de rata. Tomografía Computada cuantitativa.

Abstract

Multislice Quantitative Computed Tomography allows early detection of bone mineral density alterations induced by atherogenic diet in a growing rat experimental model.

Purpose. To demonstrate the utility of Multislice Quantitative Computed Tomography (MS-QCT) in the early detection of mandibular bone mineral density (BMD) alterations induced by an atherogenic diet in a growing rat experimental model.

Materials and Methods. Male weanling Wistar rats (n=16) were divided by body weight (Wt) into 2 groups: control (C) and experimental (E), with no significant differences in the mean initial Wt ($p > 0.05$). C was fed rodent stock diet ad libitum, and E an atherogenic diet for 3 weeks (3w). Zoometry (body weight and length) and diet intake (g/100g rat/day) were monitored. At 3 w in serum (mg/dL) lipid-lipoprotein profile was studied: total cholesterol (t-C), triglycerides (TG), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), non-HDL cholesterol (non-HDL-C) and MS-QCT (Philips 64 CT, quantified with the eFilm Workstation 2.1) in seven mandibular areas (MA): n° 1 to 4: from chin to mandibular foramen, n° 5: coronoid process, n° 6: condylar process, n° 7: angular process. Statistics: Pearson's correlation between BMD in each MA and serum t-C. $p < 0.05$ was considered significant.

Results. (mean \pm SD) At 3w, neither zoometric nor intake differences were observed ($p > 0.05$). Correlation coefficients (r) and their significance levels (p) were relevant in 5/7 MA. MA1:-0.580 ($p=0.019$), MA2:-0.709 ($p=0.002$), MA3:-0.635 ($p=0.008$), MA5:-0.674 ($p=0.004$), MA6:-0.564 ($p=0.023$).

Conclusions. These results suggest that MS-QCT is an imaging diagnostic method that allows the early detection of mandible bone architecture alterations induced by an atherogenic diet. Inverse correlation between BMD and t-C would indicate an association between an atherogenic diet intake and potential temporomandibular disorders.

Keywords. Atherogenic diet. Bone architecture. Quantitative computed tomography. Rat mandible.

⁽¹⁾ Clínica Sagrada Familia, ENERI, Argentina. José Hernández 1642 (1426) - CABA.

⁽²⁾ Cátedra de Bioquímica, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires. Marcelo T. de Alvear 2142, Piso 12°B (1122) - CABA.

⁽³⁾ Cátedra de Histología y Embriología, Facultad de Odontología, Universidad de Buenos Aires. Marcelo T. de Alvear 2142, Piso 1°A (1122) - CABA.

Correspondencia: Dra. Carlota Alicia Gamba - alicia_gamba@yahoo.com

Recibido: octubre 2011; aceptado: enero 2012

Received: october 2011; accepted: january 2012

©SAR

INTRODUCCIÓN

En Argentina, el elevado consumo de grasas saturadas en niños y adolescentes ha dado como resultado una elevada prevalencia de algunos factores de riesgo para la enfermedad cardiovascular, como presión arterial elevada, colesterol elevado y sobrepeso-obesidad⁽¹⁻⁴⁾. Esto, sumado a la ausencia de políticas públicas efectivas⁽⁵⁾, nos posiciona en una situación de riesgo como parte de un fenómeno que se extiende a nivel mundial.

Dado que algunos tipos de grasa favorecen la formación ósea y otros la inhiben, resulta importante durante el crecimiento medir, además del contenido de grasa corporal, el contenido mineral óseo para determinar el riesgo de osteoporosis^(6,7).

Durante la niñez, el crecimiento y acumulación mineral del esqueleto es rápido y progresivo, seguido por un mayor incremento durante la pubertad. La acumulación mineral se va completando hacia los 18 años de edad en la mujer y hacia los 25 años en el varón, y termina en la tercera década de la vida⁽⁸⁾. Por ello, optimizar este pico de masa ósea es crucial para la prevención de osteoporosis en la vida adulta.

La masa ósea se puede medir en niños por varios métodos^(9,10), aunque la densitometría radiológica dual (DXA) es el más usado actualmente. Existe una muy buena correlación de las mediciones realizadas con los distintos equipos (Norland, Lunar u Hologic)⁽¹¹⁾ y en la bibliografía se cuenta con valores de referencia en Pediatría para la mayoría de las edades y aparatos⁽¹²⁻¹⁴⁾. Sin embargo, no se disponen de valores percentilados locales ni en preescolares⁽¹⁵⁾.

Por otro lado, la tomografía computada cuantitativa (QCT) mide la densidad trabecular ósea, la densidad cortical del esqueleto axial y apendicular y el volumen del hueso cortical. Esta medición resulta completa, ya que contempla al esqueleto entero en forma tridimensional y no en dos dimensiones como la DXA, cuya limitación es el costo y la radiación emitida. En la actualidad, los Tomógrafos Computados con multi-detectores y programas de QCT permiten evaluar con gran precisión las estructuras y variaciones de las densidades óseas con bajas dosis de radiación⁽¹⁶⁾. Así, la única limitante del método actual es el alto costo de estos sistemas y, en consecuencia, el de los estudios.

De particular interés odontológico es la arquitectura ósea del maxilar superior y la mandíbula, ya que difieren de los demás huesos del esqueleto humano por varios aspectos anatómicos y funcionales⁽¹⁷⁾. En primer lugar, en ellos se generan e insertan las piezas dentales, por lo que reciben cargas derivadas de elementos duros. Además, tienen la influencia conjunta de la musculatura regional y del efecto global de la masticación. Esto produce un ejercicio constante a lo largo de la vida, independientemente de cualquier otro hábito físico^(18,19). Su acción mecánica es una combinación de los biotipos funcionales, observados en el hueso plano, largo y axial a la vez. La tasa de recambio metabólico es muy elevada, por lo que pueden ocurrir

cambios microestructurales y geométricos en poco tiempo. La acción individual de cada pieza dentaria, de los hábitos masticatorios y de la dieta promueven importantes variaciones regionales, coexistiendo sitios densamente osificados con otros osteopénicos, aun en individuos con buena salud esquelética⁽²⁰⁻²³⁾.

Los maxilares son afectados por las mismas enfermedades metabólicas que perturban a los otros huesos, pero con algunas características particulares. Si bien no existen signos patognomónicos de osteoporosis y no se ha cuantificado la modalidad con que esta entidad afecta a los maxilares, pueden hallarse numerosos focos osteopénicos medulares en ambos maxilares y en ambas ramas mandibulares, especialmente en las zonas posteriores. Existen evidencias de afinamiento cortical y aumento del número de poros (densidad volumétrica disminuida) en pacientes que tienen osteoporosis lumbar o de cuello de fémur⁽²⁴⁻²⁶⁾. No obstante, los cambios regionales pueden darse en personas con densitometría normal.

Los intentos del uso de densitometría proyectiva han sido posibles con el diseño de detectores especiales. Sin embargo, la elevada densidad de las corticales (>1000 mg/cm³) enmascara cambios importantes en la medular, haciendo que los dispositivos de este tipo nunca hayan sido comercializados⁽²⁷⁾. La tomografía convencional volumétrica permite discriminar regiones corticales y medulares, y calcular sus densidades⁽²⁸⁻³⁰⁾. Los QCT multicorte pueden efectuar iguales cortes axiales, sagitales y reconstrucciones volumétricas que permiten ubicar focos osteopénicos con mayor precisión, utilizando bajas dosis de radiación⁽¹⁶⁾.

Las respuestas óseas de la mandíbula que generen modificaciones en la estructura ósea frente a una dieta aterogénica clínicamente podrían ocasionar una inadecuada inserción de las piezas dentales y su movimiento, además de disfunciones témporo-mandibulares provocadas por la maloclusión. Por razones éticas, resulta particularmente importante el uso de un modelo experimental en ratas en crecimiento que homologue el comportamiento en el humano⁽³¹⁻³³⁾. En este modelo hemos observado que la administración de una dieta aterogénica en etapas de crecimiento rápido provoca, en el adulto joven, cambios en ciertas unidades esqueléticas mandibulares y en el contenido y densidad mineral óseos (DXA, Lunar DPX) que reflejarían alteraciones en su estructura⁽³⁴⁾. Asimismo, la reducción del volumen óseo interradicular en la mandíbula puso en evidencia modificaciones en la remodelación ósea⁽³⁵⁾.

Por lo expuesto, el diseño del presente trabajo busca determinar si la tomografía computada cuantitativa multicorte (QCT-MC) es el método de diagnóstico por imágenes que permite detectar precozmente las alteraciones en la densidad mineral ósea (DMO) mandibular, inducidas por una dieta aterogénica, en un modelo experimental en ratas en crecimiento. De este modo, se intenta poner en evidencia las zonas mandibulares que reflejan alteraciones en su estructu-

ra, mediante la adquisición tomográfica multislice y posterior análisis por QCT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales. Ratas Wistar macho de 21 ± 2 días ($n=16$), pertenecientes al bioterio de la Cátedra de Bioquímica de la Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires. Al destete, se distribuyeron azarosamente en dos grupos de 8 ratas cada uno: control (C) y experimental (E). Se consideró un peso promedio inicial sin diferencias significativas entre C y E (C: $48,5 \pm 3,17$ y E: $48,5 \pm 1,17$; $p > 0,05$). C recibió dieta stock para roedores a libre demanda y E, dieta aterogénica. Durante las 3 semanas de experiencia, se mantuvieron en jaulas galvanizadas, con piso de malla, para controlar las condiciones de higiene y evitar la coprofagia. Se respetaron los ciclos luz-oscuridad, la temperatura ambiente (21 ± 1 °C) y la humedad relativa (50 - 60%), para no alterar el ritmo de alimentación. En todo momento se controló el agua para beber (dispuesta a libre demanda). Se siguieron las normas de la guía para el cuidado y uso de animales de experimentación de acuerdo al NIH (Res. 8023), observada en el Código de Ética de nuestra institución y de la Universidad de Buenos Aires (Res. CS 4081/04).

Dietas. Dieta control (C): la dieta comercial (pellets) para roedores. Dieta aterogénica (Experimental = E): a la dieta comercial (pellets) se le agregó grasa saturada (16% de manteca libre de gluten Sancor®) y colesterolina (1% Parafarm®). Esta dieta fue utilizada por nuestro grupo de trabajo porque, con ella, logramos un modelo experimental en ratas en crecimiento que homologa la ingesta habitual de niños y adolescentes, cuyo consumo es elevado en grasas saturadas y colesterol, pero que no presentan signos de sobrepeso u obesidad⁽³⁴⁾.

Zoometría. Las determinaciones se realizaron con un ayuno anterior (mínimo de 2 horas y máximo de 4 horas). El peso se midió, cada 3-4 días, con una balanza electrónica Mettler PC 4000 (precisión ± 1 mg) y la talla se evaluó, semanalmente, con el animal levemente anestesiado (atmósfera de éter sulfúrico pro-análisis Cicarelli Laboratorios) en posición supina, desde el hocico hasta los últimos pelos de la base de la cola, con una regla (precisión ± 1 mm).

Consumo de dieta. El consumo cada 3-4 días se calculó por la diferencia de peso del comedero con una balanza electrónica Mettler (precisión ± 1 mg) y se expresó en g dieta/100 g de rata/día.

Determinaciones bioquímicas (perfil lipídico-lipoproteico sérico). A los animales anestesiados se les extrajo sangre por punción cardíaca. El suero se envió al Laboratorio de Lípidos y Lipoproteínas (Facultad de Farmacia y Bioquímica, INFIBIOC-UBA) para la determinación de (mg/dL): triglicéridos (TG), colesterol total (col-T), col-HDL y col-noHDL, que se obtiene de la diferencia entre col-T y col-HDL. El col-noHDL representa la suma de las lipoproteínas aterogénicas

ricas en apo B y constituye un objetivo de tratamiento en humanos⁽³⁶⁾. Los métodos empleados fueron estandarizados y automatizados bajo estrictos controles de calidad interna y externa. Los resultados de estas determinaciones séricas nos permitieron confirmar que la dieta experimental fuera potencialmente aterogénica, lo cual constituyó la base de nuestro modelo experimental⁽³⁴⁾.

Adquisición tomográfica multislice. Se utilizó un equipo Philips Brilliance 64CT, perteneciente a la Clínica Sagrada Familia (ENERI, Argentina). Las imágenes obtenidas por QCT-MC fueron analizadas con el programa eFilm Workstation 2.1, midiéndose en unidades Hounsfield (UH). La obtención de datos de densidad ósea se basó en los principios de la QCT. La adquisición se realizó con el animal en posición prona, con fijación de las patas y bajo anestesia intraperitoneal (0,5 mg Xilacina + 8,75 mg Ketamina cada 100 g rata). Se efectuó una exploración del cuerpo entero de cada animal a las 3 semanas, utilizándose protocolos de alta resolución adaptados a pequeños animales, puestos a punto en estudios preliminares⁽³⁷⁾. Por estudios morfológicos e histológicos anteriores^(34,35) identificamos las zonas mandibulares (ZM) que consideramos de interés odontológico: de la zona media, la región de inserción de los molares de la rata y de la región posterior, los tres procesos que tienen relación directa con la oclusión, dada por la articulación temporomandibular (ATM) (Fig. 1)⁽³⁸⁾. Debido a la reconstrucción multiplanar (MPR), se pudieron obtener diferentes cortes axiales y sagitales de 1 mm de espesor de cada hemimandíbula (Figs. 2 y 3)⁽³⁷⁾. En la figura 3 se indican los puntos medidos y seleccionados en estudios preliminares⁽³⁷⁾.

Análisis estadístico. Los resultados expresados como la media \pm DE (desvío estándar) para las medidas zoométricas, de ingesta y del perfil lipídico-lipoproteico sérico se analizaron por el test de comparación de dos muestras independientes "t de Student".

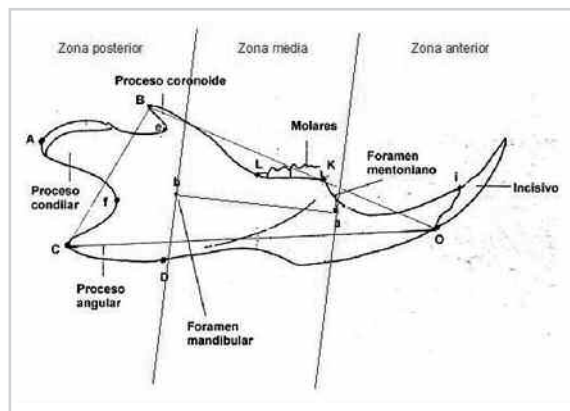


Fig. 1: Vista lateral de la hemimandíbula derecha de rata (8x). Se señalan los puntos que identifican las medidas mandibulares globales, las unidades esqueléticas mandibulares (LIEM) y las tres zonas que se definen entre los forámenes mentoniano y mandibular⁽³⁸⁾.

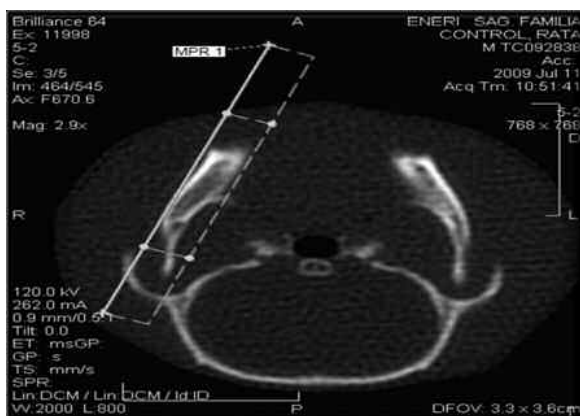


Fig. 2: MPR en corte axial, seleccionando la hemimandíbula derecha (37).

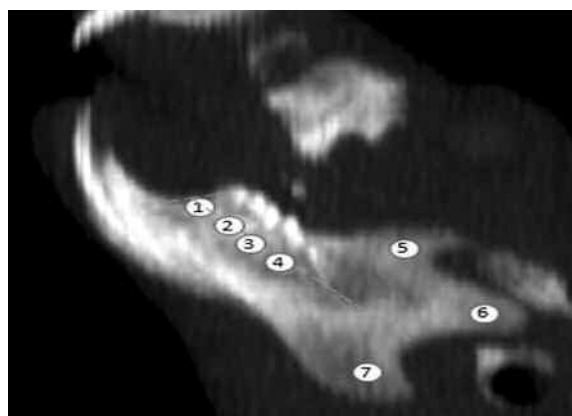


Fig. 3: MPR en corte sagital con las ZM seleccionadas: 1, 2, 3 y 4 se localizan sobre un segmento de referencia paralelo a la unidad esquelética basal (ab), abarcando la región de inserción de los molares de la rata (KL) (fig. 1); la 5 se realizó en el proceso coronoide, la 6 en el proceso condilar y la 7 en el proceso angular (37).

Se utilizó el test de Pearson para la correlación entre DMO de cada ZM y valor sérico de col-T, obteniéndose los coeficientes de correlación (r) y respectivos niveles de significación (p). Todos los análisis efectuados se consideraron significativos a un nivel del 5% de probabilidad (Programa "Statistix for Windows 2.1" © 1985, 99 Analytical Software).

RESULTADOS

A las 3 semanas, las medidas zoométricas del peso y la talla corporales no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$), indicando que el modelo experimental con el que contábamos nos permitía homologar a un niño en crecimiento hasta la pubertad que no muestra diferencias antropométricas por consumir una dieta aterogénica. En este aspecto, ubicamos como población de interés a aquellos niños y adolescentes que físicamente aparentan ser sanos y no evidencian sobrepeso u obesidad, a pesar de la alta ingesta de grasas saturadas y colesterol. Durante las 3 semanas de crecimiento rápido, el consumo de dieta en las ratas tampoco resultó significativo ($p > 0,05$) entre los grupos (Tabla 1).

El aumento significativo del col-T y del col-noHDL ($p < 0,05$) en el perfil lipídico-lipoproteico sérico confirmó la potencial aterogenicidad de la dieta experimental. Por el contrario, los TG y el col-HDL no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) (Fig. 4).

La correlación entre la DMO y el valor sérico de col-T resultó significativa ($p < 0,02$) en tres de las cuatro ZM correspondientes a la región de inserción de los molares de la rata (ZM 1 a 3). En esta región, ubicada en la zona media de la hemimandíbula (Figs. 1 y 3), estas ZM posicionaron las raíces de los molares primero y segundo. La posición del tercer molar, que corresponde a la ZM 4, no mostró un valor significativo en la correlación ($p > 0,05$) (Fig. 5). Al evaluar las ZM de los procesos coronoide (ZM 5) y condilar (ZM 6), ambas correlaciones resultaron significativas ($p < 0,05$), mien-

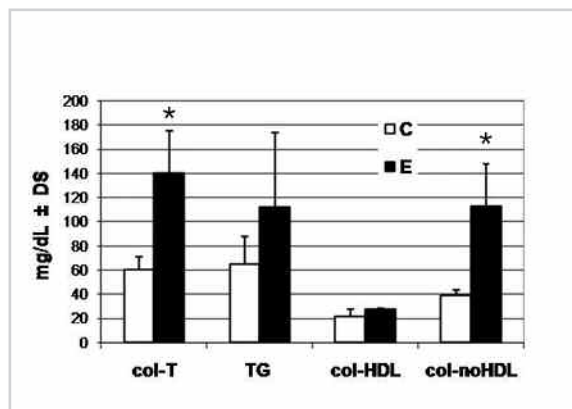


Fig. 4: Perfil lipídico-lipoproteico sérico (mg/dL): colesterol total (col-T), triglicéridos (TG), col HDL y noHDL. Los datos se expresan como media \pm DS ($n=8$ /grupo). En el grupo E hubo un aumento significativo del col-T y col-noHDL ($*p < 0,05$), mientras que los TG y col-HDL resultaron NS ($p > 0,05$) a las 3 semanas.

Grupo	C	E	Significación estadística
Peso corporal (g)	166,41 \pm 13,26 (8)	164,53 \pm 14,87 (8)	NS
Talla corporal (cm)	19,84 \pm 0,43 (8)	19,75 \pm 0,51 (8)	NS
Consumo (g dieta/100g rata/día)	11,78 \pm 4,13 (8)	11,53 \pm 3,88 (8)	NS

Tabla 1: Zoometría: peso (g) y talla (cm) corporales y consumo de dieta (g dieta/100 g rata/día). Los datos se expresan como media \pm DS (n). En los parámetros zoométricos y de ingesta no hubo diferencias significativas entre grupos, NS: $p > 0,05$ a las 3 semanas.

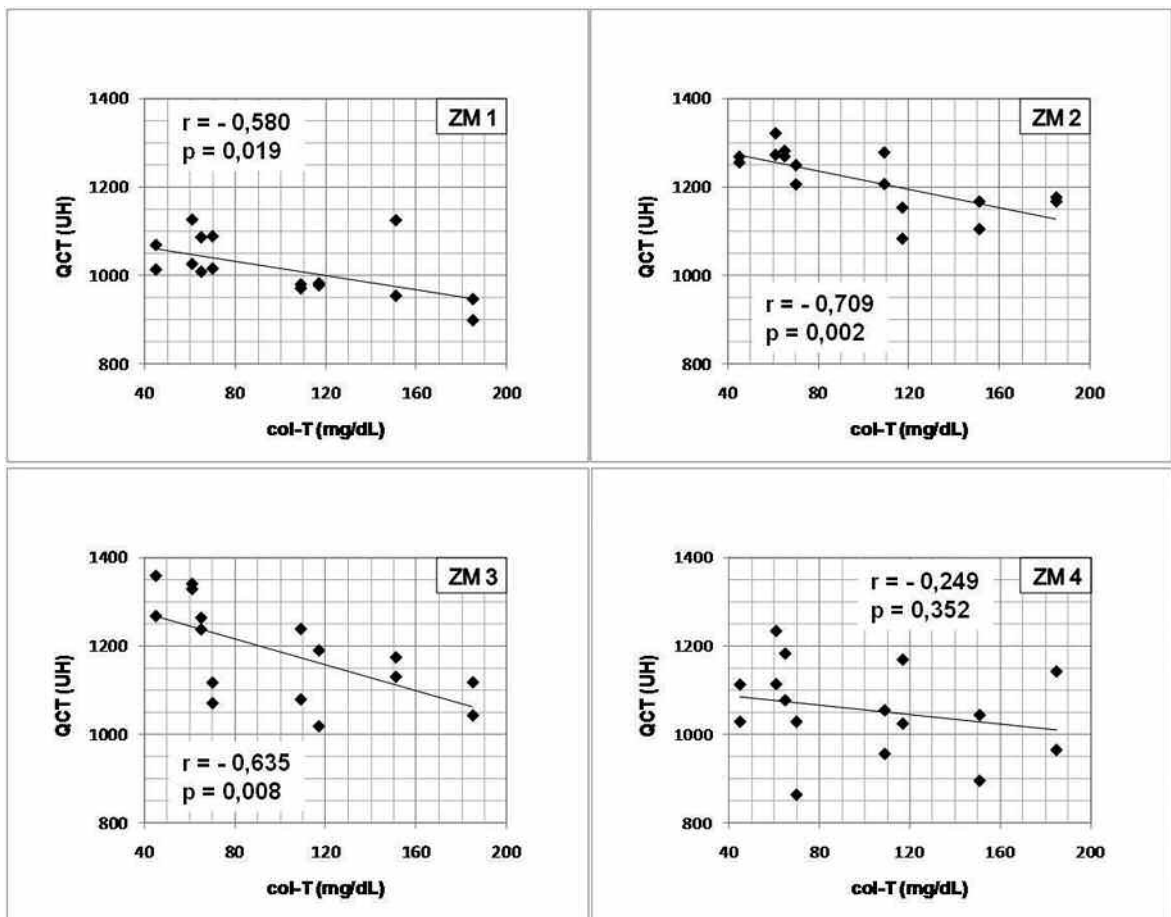


Fig. 5: Correlación entre DMO de cada ZM (QCT-MC: UH) y valor sérico de col-T (mg/dL) de ZM 1 a 4 (fig. 3). Los coeficientes de correlación (r) y respectivos niveles de significación (p) fueron significativos en ZM 1: $-0,580$ ($p = 0,019$), ZM 2: $-0,709$ ($p = 0,002$) y ZM 3: $-0,635$ ($p = 0,008$), mientras que en la ZM 4 resultó NS ($p > 0,05$) a las 3 semanas.

tras que la del proceso angular (ZM 7) no lo fue ($p > 0,05$) (Fig. 6).

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio realizado en un modelo experimental en ratas en crecimiento que evaluó, a través de la QCT-MC, el impacto de una dieta aterogénica de consumo habitual en niños y adolescentes, con el objetivo de predecir las posibles alteraciones de la calidad ósea.

La importancia de evaluar la DMO en las diferentes regiones del cuerpo humano durante las etapas de crecimiento se debe a que la biomecánica influye en cada uno de los huesos y merece un estudio individual y específico; desde la formación hasta el fortalecimiento de los mismos en la niñez, así como también en su evolución posterior y progresivo envejecimiento.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone a la DXA como el método ideal de valoración de la DMO. Sin embargo, diversos organismos internacionales cuestionan tal metodología⁽³⁹⁾

y reafirman las virtudes de la QCT, principalmente en cuanto a su valor predictivo.

Al analizar las limitaciones de algunos de los métodos más empleados actualmente en la determinación de la DMO, surge la relevancia del presente trabajo, ya que pone en consideración a la QCT-MC como una herramienta clave para el diagnóstico en ciertos casos.

La QCT permite valorar la variación de la estructura ósea según raza, etnia⁽⁴⁰⁾ y densidad volumétrica en relación a la edad⁽⁴¹⁾, promocionando al mismo tiempo una medición tridimensional de la DMO en comparación con las técnicas de la mayoría de los otros métodos⁽⁴²⁾. Además, brinda densidad volumétrica, permitiendo a la vez evaluar, en forma independiente, el hueso trabecular del cortical sin los errores causados en la DXA (por ejemplo, en las calcificaciones o hiperostosis)⁽⁴³⁾.

En el presente estudio, el acceso a la mandíbula por DXA no resultó posible *in situ* ni tampoco lo es en humanos.

Numerosos pacientes presentaron osteopenia focal o extendida en sus huesos maxilares. Estos

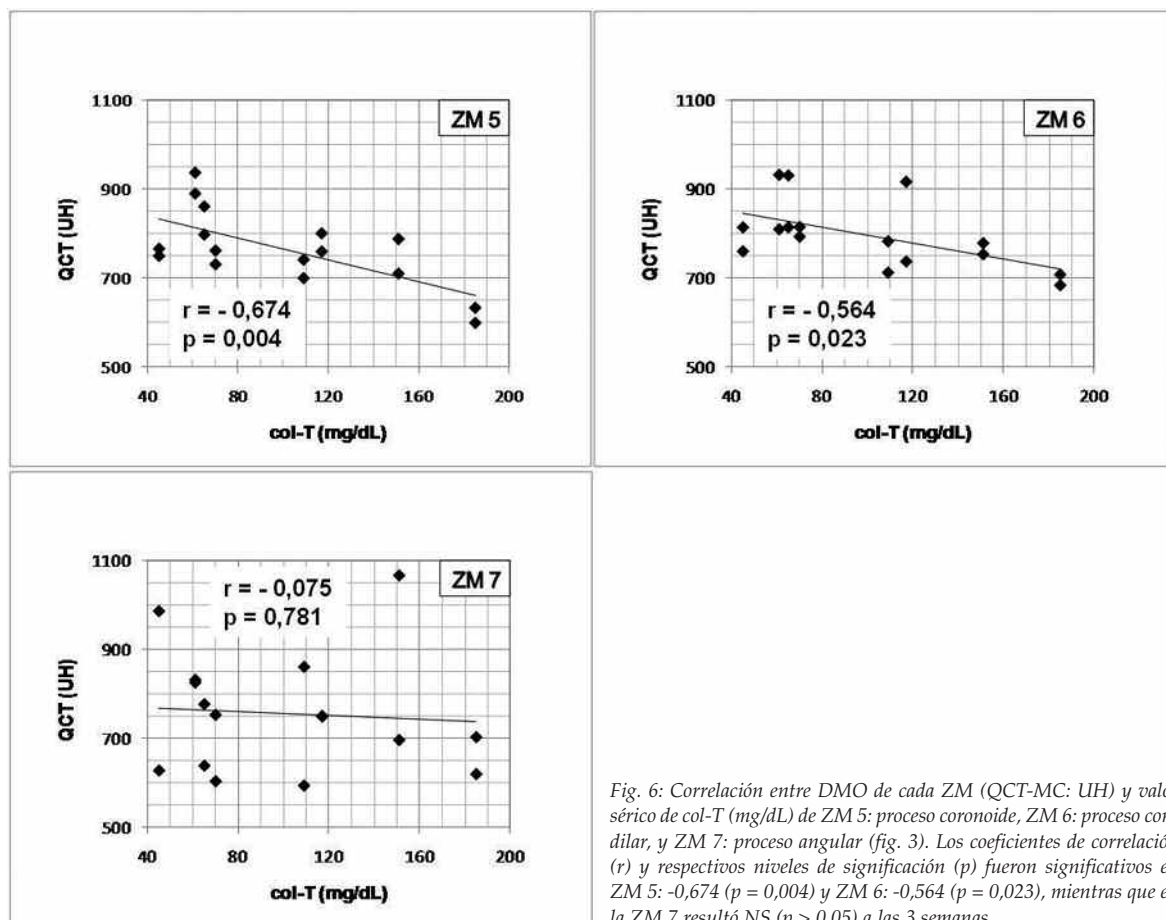


Fig. 6: Correlación entre DMO de cada ZM (QCT-MC: UH) y valor sérico de col-T (mg/dL) de ZM 5: proceso coroideo, ZM 6: proceso condilar, y ZM 7: proceso angular (fig. 3). Los coeficientes de correlación (r) y respectivos niveles de significación (p) fueron significativos en ZM 5: $-0,674$ ($p = 0,004$) y ZM 6: $-0,564$ ($p = 0,023$), mientras que en la ZM 7 resultó NS ($p > 0,05$) a las 3 semanas.

defectos condicionaron la estabilidad de las piezas dentales o de implantes y prótesis^(27,44,45,46). Por lo tanto, la detección temprana es importante al momento de considerar tratamientos “anti-osteopénicos” o de evaluar la conveniencia de modificaciones de las cargas mecánicas en el sitio afectado. El sistema pQCT (periférico) no está validado para el diagnóstico de osteoporosis, pero es un buen complemento de la densitometría por DXA. Los pacientes con osteoporosis lumbar o de cuello de fémur pueden tener sus maxilares afectados y los pacientes con osteopenia marcada en los maxilares deberían realizarse un estudio central por DXA para descartar osteoporosis. El diagnóstico topográfico y cuantitativo por pQCT constituye una doble herramienta de fácil uso clínico para el control del paciente con problemas óseos maxilares o en tratamiento anti-osteoporótico⁽⁴⁷⁾.

La DXA en su aplicación clínica utiliza rayos X de doble energía para calcular el área de tejido mineralizado. El contenido mineral se divide por el área, la cual se corrige parcialmente en función del tamaño corporal. Esta corrección es sólo parcial, dado que se trata de una cuantificación bidimensional y, por lo tanto, no puede determinar la profundidad o longitud pósterio-anterior del hueso⁽⁴⁸⁾.

Conocer las características macroestructurales del

hueso puede mejorar la capacidad para valorar su fortaleza y el riesgo de fracturas. Sin embargo, se debe ir más allá de la densitometría y buscar información sobre la microestructura mediante otras técnicas. La micro-tomografía computarizada (μ CT), una técnica de imágenes en 3D de alta resolución, permite la evaluación eficiente y cuantitativa de la arquitectura trabecular del hueso, un análisis tridimensional detallado de la arquitectura ósea y de la fuerza del mismo. Es así que, con la μ CT, se pueden realizar reconstrucciones bidimensionales a partir de las lecturas obtenidas con los detectores. Estas proyecciones axiales nos permiten construir una imagen tridimensional, proporcionando una oportunidad única para evaluar los efectos de la osteoporosis en la arquitectura ósea⁽⁴⁷⁾. Sin embargo, aunque la evaluación cuantitativa *in vivo* de la arquitectura trabecular axial por μ CT se ha hecho en animales, todavía no se ha conseguido en humanos. En la actualidad, con este método sólo son posibles las mediciones de la muñeca, el calcáneo y las falanges en personas.

Estas limitaciones nos llevaron a seleccionar a la QCT-MC como el método más acertado hasta el momento para valorar, en la mandíbula *in situ*, las posibles alteraciones óseas de múltiples causas.

En el presente trabajo, la correlación inversa entre

la DMO y el valor sérico de col-T de cinco de las siete ZM analizadas nos permite sugerir que la región de inserción de los molares se encuentra comprometida y que, en la rama montante del maxilar, los procesos condilar y coronoide, sitios donde tendrán inserción los músculos masticadores, muestran un debilitamiento de la ATM.

Existen evidencias que respaldan nuestra elección (siendo también de gran utilidad en odontología) por ser el método más preciso para evaluar en los maxilares los tejidos trabecular y cortical por separado⁽⁴⁷⁾. Asimismo, cabe recordar que la QCT, al determinar selectivamente el sitio metabólico activo y analizar separadamente al hueso trabecular, otorga la capacidad de discriminar pacientes con probabilidad de fracturas. Además, permite supervisar la respuesta esquelética al envejecimiento, enfermedad o terapia. En los estudios de evaluación de cambios a corto plazo, la QCT puede ser considerada como uno de los métodos más sensibles⁽⁴⁹⁾, al discriminar al hueso trabecular (el cual es unas ocho veces más activo metabólicamente que el hueso cortical).

Teniendo en cuenta que la dosis máxima tolerable en seres humanos, según la OMS, es de 2 mS, es importante considerar los valores de dosis efectivas en la medición de mineral óseo por DXA (1 μ S para lumbar) y por QCT (30 μ S para DMO), para compararlos con la exposición a rayos X dentales (50 μ S)⁽⁴⁷⁾. Recordando que la radiación natural/año es de 2,4 mS, será interesante realizar la adquisición tomográfica de la mandíbula y su análisis por QCT, ya que se ganará no sólo en la reducción de la exposición a radiación, sino también en la obtención de tejidos blandos que puedan resultar de interés odontológico.

En un estudio realizado, durante 5 años (1999 al 2003), por el Departamento de Investigación del Instituto Superior de Ciencias de la Salud con el objetivo de conocer los hábitos alimentarios de estudiantes secundarios aspirantes a la Universidad (n > 15.000), se señalaba una situación preocupante⁽⁵⁰⁾: uno de cada tres aspirantes presentaba alteraciones en su peso corporal y patrón alimentario, y el 2,7% de los adolescentes padecía hipertensión. Es posible que estas cifras se vinculen con nuestro país, dado que la Argentina está atravesando un proceso de transición nutricional caracterizado por un significativo incremento de obesidad como fenómeno de malnutrición.

Los resultados del trabajo en un modelo experimental, de homologarse a la población de niños y adolescentes que consumen dietas de composición semejante, nos plantea la necesidad de identificar tempranamente a los individuos en situación de riesgo para actuar de forma preventiva.

El posible detrimento óseo, particularmente en la mandíbula, podría ocasionar movilidad de las piezas dentales y/o problemas oclusales. En nuestro estudio, el modelo experimental señaló que las implicancias a largo plazo ya se detectan en la adolescencia. Prevenir las beneficiaría la calidad de vida futura.

CONCLUSIONES

Estos resultados sugieren que la QCT-MC es un método de diagnóstico por imágenes que permite detectar precozmente alteraciones, inducidas por una dieta aterogénica, en la arquitectura ósea de la mandíbula.

La correlación inversa entre la DMO y el col-T indicaría una asociación entre el consumo de una dieta aterogénica, la movilidad de las piezas dentales, los problemas oclusales y las posibles disfunciones témporo-mandibulares.

Bibliografía

1. American Academy of Pediatrics. Committee on Nutrition. Cholesterol in childhood. *Pediatrics* 1998; 101(1 Pt 1):141-7.
2. Ingelsson E, Schaefer EJ, Contois JH, et al. Clinical utility of different lipid measures for prediction of coronary heart disease in men and women. *JAMA* 2007; 298:776-85.
3. Smith SC Jr. Multiple risk factors for cardiovascular disease and diabetes mellitus. *Am J Med* 2007; 120(3 Suppl 1):S3-S11.
4. Romero-Corral A, Somers VK, Korinek J, et al. Update in prevention of atherosclerotic heart disease: management of major cardiovascular risk factors. *Rev Invest Clin* 2006; 58:237-44.
5. Ferrante D. Mortalidad por enfermedades crónicas: demasiado tarde para lágrimas. *Rev Argent Cardiol* 2006; 74:196-7.
6. Parhami F, Tintut Y, Beamer WG, Gharavi N, Goodman W, Demer LL. Atherogenic High-fat Diet Reduces Bone Mineralization in Mice. *J Bone Miner Res* 2001; 16:182-8.
7. Xu H, Watkins BA, Seifert MF. Vitamin E stimulates trabecular bone formation and alters epiphyseal cartilage morphology. *Calcif Tissue Int* 1995; 57:293-300.
8. Gilsanz V, Nelson DA. Childhood and adolescence. En: Favus MJ, ed. *Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism*. Washington DC: ASBMR; 2003:71-9.
9. Gilsanz V. Bone density in children: a review of the available techniques and indications. *Eur J Radiol* 1998; 26:177-82.
10. Estrada MD, Espallargues M, Sampietro-Colom L, del Río L, Solà M, Granados A. *Notes Tècniques: La densitometria òsea*. Barcelona: Agència d'Avaluació de Tecnologia i Recerca Mèdiques. Servei. Català de la Salut. Departament de Sanitat i Seguretat Social. Generalitat de Catalunya; 1999:1-6.
11. Tothill P, Hannan W. Bone mineral and soft tissue measurements by dual-energy X-ray absorptiometry during growth. *Bone* 2002; 31:492-6.
12. Zanchetta JR, Plotkin H, Alvarez Filgueira ML. Bone mass in children: normative values for the 2-20 year-old population. *Bone* 1995; 16:393S-399S.
13. del Río L, Carrascosa A, Pons F, Gusinyé M, Yeste D, Domenech FM. Bone mineral density of the lumbar spine in white Mediterranean Spanish children and adolescents: changes related to age, sex and puberty. *Pediatr Res* 1994; 35:362-6.
14. Glastre C, Braillon P, David L, Cochat P, Meunier PJ, Delmas PD. Measurement of bone mineral content of the lumbar spine by dual energy x-ray absorptiometry in normal children: Correlation with growth parameters. *J Clin Endocrinol Metab* 1990; 70:1330-3.
15. Rodríguez PN. Composición Corporal y su Distribución por Antropometría Simple, Bioimpedancia y DXA en Niños Preescolares: II Estudio de la Correlación entre Métodos. Subsidio UBACyT O-015 / 2008-2010.
16. Dory C. Low-dose Cardiac CTA: Five-month Old with History of Apnea. A GE Healthcare CT publication 2009: 16-8.
17. Gómez de Ferraris ME, Campos Muñoz A. *Histología y Embriología Bucodental*. Buenos Aires: Médica

- Panamericana; 2007:67-77.
18. Herrings SW, Rafferty KL, Liu ZJ, Marshall CD. Jaw muscles and the skull in mammals: the biomechanics of mastication, *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2001; 131:207-19.
 19. Roldán EJA. Determinaciones cuantitativas de calidad ósea y tratamientos de los estados de fragilidad. En: Ferretti JL, Roldán EJA, Ulla MR, Fonseca MM. Síntesis del 1er Forum Internacional de Osteología en Odontología. *Rev Fac Odontol (Córdoba)* 1998; 26:9-13.
 20. Capiglióni R, Roldán EJA, Pérez Lloret A. Evaluación cuantitativa de la densidad mineral cortical y trabecular en la mandíbula y en el maxilar superior humano. *Diagnóstico* 1998; 7:898-901.
 21. Roldán EJA, Capiglióni R, García S, Capozza RF, Cointry GR, Ferretti JL. Changes in endosteal resorption and cortical porosity in postmenopausal women as described by pQCT-assessed volumetric BMD. *J Bone Min Res* 1999; 14 (Suppl 1):S490.
 22. Klemetti E, Vainio P, Lassila V. Mineral density on the mandibles of partially and totally edentate postmenopausal women. *Scand J Dent Res* 1994; 102:64-7.
 23. Hobson RS. A pilot study of mineralization distribution in the cortical bone of the human mandible. *Arch Oral Biol* 1998; 3: 633-9.
 24. Capiglióni R, Roldán EJA. Evaluación cuantitativa de la osteoporosis oral. *EPOA* 1999; 1:2-6.
 25. Capiglióni R, Roldán EJA. Osteoporosis oral: cuándo y cómo exploramos la calidad del hueso periodontal. *Rev Asoc Implant Arg* 1999; 5:16-20.
 26. Kribbs PJ, Chesnut CH 3rd, Ott SM, Kilcoyne RF. Relationships between mandibular and skeletal bone in an osteoporotic population. *J Prosthet Dent* 1989; 62:703-7.
 27. Roldán EJA, Capiglióni R, Montangero V. Densitometría maxilar por QCT. *Rev Arg Osteol* 2003; 2:28-32.
 28. Lindh C, Nilsson M, Klinge B, Petersson A. Quantitative computed tomography of trabecular bone in mandible. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25:146-50.
 29. Ekstube A, Grondahl K, Grondahl HG. The use of tomography for dental implant planning. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26:206-13.
 30. Ekstube A, Gröndahl K, Ekholm S, Johansson PE, Gröndahl HG. Low-dose tomography techniques for dental implant planning. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996; 11:650-9.
 31. Friedman, S.M. Capacidad predictiva de los modelos experimentales en ratas para el estudio de la recuperación de niños desnutridos: una aproximación matemática. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad de Buenos Aires, 1988.
 32. Friedman SM, Boyer PM, Barrio Rendo ME, Morasso MC, Gamba CA, Río ME. Evaluación del crecimiento normal en ratas a través del puntaje Z. *Arch Latinoam Nutr* 1999; 49:143-8.
 33. Gamba CA, Friedman SM, Rodríguez PN, Macri EV, Vacas MI, Lifshitz F. Metabolic status in growing rats fed isocaloric diets with increased carbohydrate-to-fat ratio. *Nutrition* 2005; 21:249-54.
 34. Gamba CA, Macri EV, González Chaves M, et al. Rat mandible responses to experimental hypercholesterolemia. Online Meeting Abstract 0095. *Y Dent Res* 2008. Disponible en (Available at): <http://www.dentalresearch.org> (DIV/Argentina). Program for XLI Annual Meeting Argentina Division. Rosario. Of 285 Oral and Posters Presentations.
 35. Gamba CA, Macri EV, González Chaves M, et al. Dieta atrofica: efecto sobre el volumen óseo en mandíbula de rata. *Actual Osteol* 2009; 5(2):128-9.
 36. ATP III, NCEP 2001. El Tercer Reporte del Panel de Expertos del National Cholesterol Education Program (NCEP) sobre la Detección, Evaluación, y Tratamiento del Colesterol Sanguíneo Elevado en Adultos (ATP III – Adult Treatment Panel III), 2001.
 37. Gubert MJ, Monforte F, Calo C, Buck C, Arias M, Gamba CA. Confrontando al "Gold Estándar". Tesina de la Licenciatura en Tecnología para Diagnóstico por Imágenes. Facultad de Medicina. Universidad del Salvador, 2009.
 38. Gamba CA. Hipometabolismo en enfermedad no orgánica de origen nutricional y en enfermedad orgánica: sus manifestaciones metabólicas en la composición corporal, utilización del sustrato endógeno e histomorfometría ósea. Tesis doctoral. Facultad de Odontología. Universidad de Buenos Aires, 2005.
 39. Richmond BJ, Dalinka MK, Daffner R, et al. National Guideline Clearinghouse. ACR Appropriateness Criteria® osteoporosis and bone mineral density [publicación en línea] Disponible en (Available at): www.guideline.gov. Reston (VA): American College of Radiology (ACR), 2010. 14 p [79 references].
 40. Marshall LM, Zmuda JM, Chan BK, et al. Race and ethnic variation in proximal femur structure and BMD among older men. *J Bone Min Res* 2008; 23:121-30.
 41. Marshall LM, Lang TF, Lambert LC, Zmuda JM, Ensrud KE, Orwoll ES. Dimensions and volumetric BMD of the proximal femur and their relation to age among older U.S. men. *J Bone Min Res* 2006; 21:1197-206.
 42. McClung. Medición de la masa ósea en osteoporosis y en otras enfermedades. National Osteoporosis Foundation, 1995. Abstract disponible en: <http://vcgimagen.com.ar/abstract#1>. Revised: abril 12, 2004.
 43. Adams JE, Alsop C, Harrison EJ, et al. Quantitative Computed Tomography (QCT): The forgotten Gold Standard? *J Bone Min Res* 2000; 15:S169.
 44. Litsgarten MA. Soft and hard tissue response to endosseous dental implants. *Anat Rec* 1996; 245:410-25.
 45. Jacobs R, Van Steenberghe D, Nys M, Naert I. Maxillary bone resorption in patients with mandibular implant-supported overdentures of fixed prostheses. *J Prosthet Dent* 1993; 70:135-40.
 46. Schultes G, Gaggl A, Kärcher H. Stability of dental implants in microvascular osseous implants. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109:916-21.
 47. Capiglióni R. Tomografía computada y resonancia nuclear magnética. Su capacidad para medir estructura y función trabecular. Competencia ósea y micro-arquitectura. Biopsia ósea virtual, la medición incruenta del futuro: μ CT y μ MR. *Actual Osteol* 2006; 2:9-11.
 48. Bracho C, Arizaga E. Consenso en el Manejo de Fracturas Osteoporóticas; Sociedad Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatología. Aval Científico: Ecuador 2009.
 49. emedicinehealth; Definition of osteoporosis. Disponible en (available at): <http://www.emedicine.com>. Accedido (Accessed): enero 7, 2012.
 50. Santa María CJ. "Retrato de Estudiantes". Investigación sobre los hábitos de los estudiantes secundarios aspirantes a la Universidad. Buenos Aires: Editorial Instituto Superior de Ciencias de la Salud; 2004.

Agradecimientos

Al Dr. Héctor Lambre y al Lic. Carlos Marysczyzn, por su aporte en la valoración de las imágenes obtenidas por QCT-MC; a los técnicos de Tomografía Computada de la Clínica Sagrada Familia; y a Severiana Mirian M. Gutiérrez y Ricardo Orzuza, personal de la Cátedra de Bioquímica de la Facultad de Odontología de la UBA.

El autor y sus colaboradores son coautores de algunos artículos citados en este trabajo, pero declaran no tener ningún conflicto de intereses.