

## IMAGENOLOGÍA EN ORTODONCIA

Forero C.; Rodríguez M<sup>a</sup> I.;  
Tutor: Sierra F.

### Resumen

En la presente revisión de la literatura, se describen las diversas técnicas de imagenología más actuales, como son: la tomografía computarizada, la resonancia magnética, la tomografía por emisión de fotón único (SPECT), la gammagrafía ósea, así como las técnicas de imagenología molecular más recientemente desarrolladas. De la misma manera, se hace una síntesis de la utilidad de los diferentes sistemas de obtención de imágenes en el área de la ortodoncia, de manera tal que se tenga un mejor manejo de la información en esta área y por último se realiza un análisis de lo que será el futuro en esta materia, sobre todo con el desarrollo de las técnicas moleculares.

**Palabras clave:** Técnicas de Imantología, Ortodoncia.

## IMAGENOLOGY IN ORTHODONTIC

### Abstract

In the present review are described the most recent developed imaging techniques, such as computerized tomography, magnetic resonance imaging, single photon emission computerized tomography (SPECT) and molecular imaging techniques. In that way, it is also made a synthesis of the usefulness of this different imaging systems in orthodontics, so it would be a better use of the known information in this field, and at last an analysis is made about the future of this techniques, specially of the molecular ones.

**Key words:** Imagenology Techniques, Orthodontic.

## INTRODUCCIÓN

La imagenología es una herramienta útil en el diagnóstico y en el seguimiento de pacientes ortodónticos. La radiografía lateral con su respectivo análisis cefalométrico es uno de los elementos más utilizados para el estudio del crecimiento craneofacial. Dentro de las cefalometrías que mayor aplicación han tenido dentro de la historia de la ortodoncia encontramos las elaboradas en las proyecciones radiográficas postero-anteriores, panorámica y lateral. Sin embargo, estos métodos convencionales tienen grandes inconvenientes, tal vez la principal limitante es: la utilización de múltiples ángulos y/o puntos,

que deben ser ubicados en radiografías de 2 dimensiones, siendo referencias anatómicas corporales de los 3 planos del espacio<sup>1</sup>. A pesar de esto, sigue siendo una herramienta de rutina en la práctica diaria.

### TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA (CT)

Los métodos radiológicos convencionales presentan limitaciones para identificar procesos patológicos y estructuras anatómicas. En 1971 Godfrey Hounsfield construye el primer escáner de tomografía computarizada, constituyéndose la base de casi todos los sistemas de obtención de imágenes que se usan en la actualidad. Al comparar las radiografías

convencionales con otros métodos diagnósticos como las Tomografías computarizadas (CT), se ha encontrado que esta última permite la identificación y la medición de estructuras en múltiples planos. La exposición a rayos X de la CT puede ser reducida significativamente con equipos calibrados, pudiéndose comparar con la radiografía panorámica. Por estas razones, la CT es usada para el diagnóstico y seguimiento de los tratamientos odontológicos. En ortodoncia es usada ampliamente gracias a su alta resolución, mostrando tamaños reales. Se pueden hacer reconstrucciones en múltiples planos con programas para 2 y 3 dimensiones, ayudando al clínico a realizar el plan de tratamiento biomecánico, especialmente para dientes impactados. En casos difíciles en donde el anclaje necesita ser incrementado con elementos adicionales, como mini-implantes palatinos y corticales, es de gran ayuda para calcular el hueso disponible y la dirección de inserción.<sup>2</sup>

En un estudio donde se posicionó la mandíbula anteriormente con un monoblock de resina acrílica se evaluó el cambio en el espacio aéreo posterior por medio de CT, demostrando la efectividad del tratamiento. Siendo la CT determinante en la evaluación de vías aéreas en las diferentes modalidades de tratamiento y en el monitoreo de la efectividad de los posicionadores mandibulares.<sup>3</sup>

Dentro de los métodos diagnósticos que permiten mayor precisión en la localización de dientes impactados, y gérmenes dentarios en estadios tempranos de maduración, se encuentra la CT, comparada con radiografías convencionales, especialmente en cuanto a la ubicación de estructuras y a la irradiación sobre el individuo e refiere, y así mismo a la obtención y reconstrucción de imágenes en 3D<sup>4</sup>.

## IMAGEN DE RESONANCIA MAGNÉTICA (IRM)

La resonancia magnética, se empezó a desarrollar en 1845 con los estudios de Michael Faraday donde analizó las propiedades magnéticas de la sangre seca. Luego en 1936, Linus Pauling y Charles D. Coryell descubren que el estado magnético de la hemoglobina cambia según su estado de oxigenación. En 1937, Rabi y colaboradores desarrollan la resonancia magnética de haces moleculares al hacer pasar un haz de moléculas de cloruro de litio a través de un campo magnético y, a continuación, someterlo a ondas de radio. Con tres semanas de diferencia, los grupos de investigación dirigidos por Edward Purcell y Felix Bloch (1945) demuestran de forma independiente el fenómeno conocido como "resonancia magnética nuclear en materia condensada". Paul Lauterbur (1972) combina la idea del gradiente con la idea del escáner de tomografía computarizada para realizar varias proyecciones y reconstruirlas obteniendo la primera imagen por resonancia magnética.<sup>5</sup>

La resonancia magnética se produce cuando la fuerza del campo magnético se manipula hasta que la frecuencia de precisión de la partícula coincide con la de la frecuencia de radio aplicada. Esto hace que el momento magnético de la partícula cambie de orientación en relación al campo magnético externo, una señal detectable que revela la estructura interna y la actividad de cualquier elemento, desde sustancias químicas hasta el cerebro humano.

Bloembergen, Purcell y Pound publicaron en 1948 como la manipulación de los tiempos de relajación proporciona un método eficaz en química y biología para analizar la estructura de las moléculas. Este grupo de investigadores, descubrieron al igual que otros, que resulta esencial la manipulación de los tiempos para producir el contraste necesario en la obtención de imágenes de tejidos del organismo humano.

## GAMMAGRAFÍA ÓSEA

Aproximadamente para la década de los 70's, se inició el desarrollo de la medicina nuclear, en la cual se utilizan medios diagnósticos caracterizados por el uso de isótopos radioactivos como medio de obtención de las imágenes.

La gammagrafía ósea ha sido ampliamente usada para la detección de vascularización anormal y osteogénesis en el sistema esquelético, debido a que esta identifica fisiopatológicamente y no morfológicamente como las radiografías convencionales.<sup>6</sup>

Este sistema de obtención de imágenes, juega un papel importante en la evaluación de procesos patológicos que envuelven la cara y, más específicamente, los maxilares.

El procedimiento consiste en colocar por medio de una inyección intravenosa un agente radiofármaco que tiene afinidad por los cristales de hidroxapatita. Su absorción depende de la cantidad de irrigación sanguínea, remodelado óseo y actividad osteoblástica, permeabilidad de membranas, varios factores fisiológicos y hormonales que influyen en el metabolismo. Estas imágenes son obtenidas por medio de unas cámaras (Gamma) ubicadas anterior, posterior y lateralmente.<sup>7</sup>

## TOMOGRAFÍA POR EMISIÓN DE FOTÓN ÚNICO (SPECT)

Un avance real de la gammagrafía ósea ha sido la aplicación de un fotón de emisión simple ó único (SPECT). Este es un método no invasivo que permite evaluar en tres dimensiones los huesos craneales. La técnica consiste en inyectar por vía endovenosa un marcador biológico, tal como el bifosfonato metilado Tectenio 99 (Tc-99m-MDP), y entre dos a cuatro horas después de su inoculación, se escanea la zona a estudiar con una gamma – cámara la cual está unida a una computadora que genera y analiza imágenes electrónicas

directamente obtenidas del escaneado, pudiéndolas reconstruir en tres dimensiones y evitar las dificultades que se pueden encontrar por la superposición o por la sobre posición de hueso y tejidos blandos.<sup>8</sup>

## IMAGENOLOGIA MOLECULAR

La imagenología molecular es una disciplina relativamente nueva, que se desarrolló durante el siglo pasado (XX), inicialmente basada en la tecnología de imágenes de marcadores *in situ*. Las imágenes *in vivo* no invasivas que se han desarrollado más recientemente, están basadas en la imagenología nuclear (Ej. SPECT), en la resonancia magnética y en las imágenes ópticas *in vivo*. Esta tecnología tiene su fundamento en la biología celular y molecular, así como en las nuevas técnicas de obtención de imágenes<sup>9</sup>.

De esta manera, se hace evidente el gran interés que existe actualmente por el desarrollo de técnicas de imágenes tales como la IRM, el SPECT, el micro-PET (tomografía por emisión de positrones) y la micro-CT, las cuales ofrecen penetración de los tejidos profundos y una gran resolución. Sin embargo, cuando son comparadas con técnicas no invasivas de imágenes ópticas utilizadas en animales pequeños (Ej. en ratones), las primeras son costosas y consumen tiempo al implementarlas. Por su parte, las imágenes ópticas son efectivas en cuanto al costo, rapidez, facilidad de uso y son muy útiles para evaluar la biología y los procesos patológicos *in vivo*. Las imágenes ópticas *in vivo*, son el resultado de la integración de tecnologías provenientes de la física, química y biología. El desarrollo de sistemas de detección altamente sensibles a la luz ha permitido a los biólogos utilizarlas en el estudio de las funciones fisiológicas.<sup>10</sup> Así, los marcadores fluorescentes y bioluminiscentes, han encontrado una gran utilidad en las imágenes moleculares.<sup>11</sup> Las técnicas de imágenes

bioluminiscentes (BLI), se basan en el uso de enzimas emisoras de luz como fuentes internas biológicas de luz que pueden ser detectadas externamente como indicadores biológicos. Las BLI se han utilizado para probar los patrones de expresión de genes blancos y terapéuticos en animales de laboratorio vivos. También se utiliza para analizar la distribución génica, las terapias con células inmunes y la eficacia de los inhibidores de RNA. Actualmente se están desarrollando nuevas herramientas en esta área, que ofrezcan mayor flexibilidad en la detección y el análisis y de esta manera poder tener una mejor evaluación de las estrategias terapéuticas experimentales y, al poderlas realizar de todo el cuerpo, ofrecen la oportunidad de revelar los efectos de los nuevos enfoques para el tratamiento de diversas enfermedades.<sup>12</sup>

#### **UTILIDAD DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE IMAGENOLÓGIA PARA EL DIAGNÓSTICO EN ODONTOLOGÍA Y ORTODONCIA.**

En los últimos años se ha hecho más frecuente el uso de métodos de diagnóstico diferentes a las radiografías convencionales, en el diagnóstico de patologías y en los posibles efectos de la terapia ortodóntica, sobre todo en lo que a la articulación temporomandibular (ATM) se refiere. El uso de imágenes por resonancias magnéticas (IRM), se ha convertido en un arma muy útil en esta área, entre otras cosas porque permite evaluar tanto los tejidos blandos como duros de la ATM<sup>13</sup>. Así mismo, se ha reportado que la exactitud de la IRM en la evaluación de la posición del disco ha llegado a ser hasta del 95%. En un estudio realizado en niños entre 9-12 años que fueron sometidos a terapia con Fränkel para corregir maloclusiones de clase II comparándolos con niños no tratados, se observó una baja prevalencia de desplazamiento anterior del disco con el uso de esta aparatología en las 112 ATM estudiadas.<sup>14</sup> Por otra parte, en una

investigación en donde se analizaron los cambios en la posición condilar de pacientes sometidos a terapia con Twin-block, se observó que después de 6 meses de tratamiento el 75% de la muestra presentaba una posición condilar adelantada, y que dichos cambios no eran apreciables por la inspección clínica. Además, en ese mismo estudio se concluyó que esta terapia no produce efectos negativos o positivos en los casos de desplazamiento del disco.<sup>15</sup> También, se han realizado estudios para observar los líquidos de la ATM y su relación con patologías como los desplazamientos discales<sup>16</sup>, evidenciándose así el alcance del uso de la IRM en las evaluaciones de la articulación.

Otra aplicación que se le ha dado a la IRM, y más recientemente a la IRM de alta resolución (arIRM) es la evaluación del crecimiento craneal en fetos humanos o recién nacidos. Debido a que la IRM y la arIRM son métodos no invasivos, y porque muestran la mayoría de los tejidos, desde los huesos hasta las meninges. Todo esto ha permitido el estudio del crecimiento de la base de cráneo *in útero*, confirmando que este se da de manera más rápida en la parte anterior que en la posterior, como también, que la fosa craneal posterior crece de manera desproporcionada, es decir, mas en ancho que en largo.<sup>17</sup> Así mismo, los estudios realizados con IRM permiten diagnosticar problemas del desarrollo del cerebro fetal en momentos tempranos de gestación, que pueden ser intervenidos incluso antes del nacimiento.<sup>18</sup> Por otra parte el uso de estas tecnologías, especialmente de la arIRM, permite evaluar el hueso tanto del maxilar como de la mandíbula, siendo utilizada como un sistema de microscopía, que tendrá grandes implicaciones en la valoración de los desórdenes temporomandibulares y en la prescripción y viabilidad de los implantes, así como el monitoreo de los mismos.<sup>19</sup>



Otra herramienta útil en la observación y el diagnóstico de los componentes de la ATM, es la tomografía por emisión de fotón único (SPECT, de su nombre en inglés). Con esta técnica se utilizan marcadores biológicos para observar el metabolismo óseo, como por ejemplo el bifosfonato metilado tectenium 99 (Tc-99m MDP), y de esta manera se puede cuantificar la actividad ósea, relacionándola con estructuras de referencia como la cuarta vértebra cervical<sup>20</sup>, o el clivus en pacientes que no están en crecimiento, es decir, en aquellos en los que la sincondrosis esenooccipital ha cesado de tener actividad de osificación. Sin embargo, anormalidades en el metabolismo óseo sistémico, puede alterar los puntos de referencia antes mencionados, pudiéndose convertir esto en una gran desventaja de la técnica.<sup>21</sup>

En odontología, y mas específicamente en ortodoncia, el SPECT es ampliamente utilizado para evaluar la ATM, debido a su alta sensibilidad al metabolismo óseo y al flujo sanguíneo, por lo cual permite observar si existe alguna patología en la misma, aunque la técnica no es muy específica para distinguir entre el remodelado y la degeneración ósea, por lo que no permite diferenciar si lo que se presenta es un tumor, un quiste, una perforación del disco, o cualquier otra patología de la ATM. Algunos autores sugieren que el bifosfonato metilado Tc-99m al ser inyectado se separa en tectenio y bifosfonato metilado, teniendo el primero predilección por el nuevo osteoide formado, mientras que el segundo es captado principalmente por el tejido mineral en formación.<sup>22</sup> A pesar de lo antes expuesto, sigue siendo actualmente la ayuda diagnóstica más exacta en los desórdenes temporomandibulares.<sup>23</sup>

Güner y col evaluaron la ATM con SPECT en sujetos tratados con una placa de reposicionamiento mandibular anterior, observando formación ósea en los cóndilos

mandibulares que contribuye al incremento del prognatismo mandibular resultante de un aparato ortopédico funcional.<sup>24</sup>

Arat y colaboradores en una investigación realizada para evaluar la actividad ósea en la sutura media palatina estimulada biomecánicamente por la expansión rápida maxilar, observaron con tomografía computarizada de emisión simple de fotón (SPECT) en tres tiempos que la actividad ósea estaba aumentada más en la parte anterior que en la parte media, observando la efectividad del SPECT, en la evaluación de la actividad ósea de la sutura media palatina.<sup>25</sup>

Otros avances en la tecnología que se vienen aplicando en las ciencias de la salud, y más específicamente en ortodoncia, para el estudio de las fuerzas aplicadas en sus tratamientos y sus efectos al ser aplicadas en cavidad oral ha sido el estudio elementos finitos (FEM), siendo una herramienta de gran utilidad para solucionar problemas estructurales mecánicos. Este ha sido aplicado para describir físicamente cambios en estructuras biológicas, principalmente en la forma de crecimiento y desarrollo como también en odontología restaurativa. Hay dos tipos de aplicación en estudios biomecánicos; uno es el análisis de la fuerza compresiva y tensional entregadas por un sistema de fuerzas aplicadas a los dientes o al complejo cráneo facial, y otra en la evaluación del crecimiento craneofacial con un desplazamiento esquelético dado, observado durante los cambios del crecimiento<sup>26</sup>.

## PERSPECTIVA

El uso de IRM y CT tridimensionales, traerán una nueva forma de hacer diagnóstico en ortodoncia, permitiendo evaluar al paciente con reconstrucciones tridimensionales tanto de la cara, como del esqueleto que la forma y de los dientes.<sup>27</sup>

El progreso en las técnicas de captación de imágenes ha permitido, así mismo, grandes avances en la medicina y la odontología. La utilización de los nuevos sistemas de imágenes moleculares y nucleares, permiten obtener datos más exactos en cuanto al diagnóstico, pronóstico y tratamientos de las diversas enfermedades que pueden afectar al sistema estomatognático. Así mismo el uso de las nuevas tecnología de los sistemas de captación de imágenes, que se han desarrollado a partir del descubrimiento de la secuencia del genoma humano, permiten monitorear de manera muy precisa las diferentes técnicas actualmente desarrolladas para tratamientos, por ejemplo, evaluando el desarrollo correcto de las células madre, como ocurre en la terapia periodontal para regeneración de hueso o tejidos blandos en defectos mucogingivales, cuyo uso se ha desarrollado ampliamente en los últimos años. De esa misma forma, permite evaluar la actuación de los diferentes fármacos, para observar que estos estén llegando al sitio al que se necesitan, un ejemplo de esto es en las terapias para cáncer, donde se hace imperante este tipo de monitoreo para que el fármaco utilizado llegue solo al sitio afectado, lo cual puede ser realizado mediante el uso de la nanotecnología o los “nanorobots” que se encargarían de llevarlos a dicho sitio, tratando de reducir al máximo los efectos secundarios producidos por la quimioterapia a nivel sistémico.

Así, se hace evidente, la importancia que ha tenido durante los últimos años el estudio de las ciencias básicas para el mejor entendimiento y desarrollo de las nuevas técnicas de obtención de imágenes, las cuales se convierten en el punto de convergencia de todas las disciplinas desarrolladas gracias al proyecto genoma humano, ya que es la manera de poder observar los resultados que se están obteniendo con las diversas técnicas.

Por todo esto, se hace imperante la necesidad de profundizar aun más en esta

área, efectuando mayores investigaciones al respecto en la odontología, y especialmente, en la ortodoncia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> Kitarura H, Yonetsu K, Kitamori H, Kobayashi K, Nakamura T. Standardization of 3-D CT Measurements for Length and Angles by Matrix Transformation in The 3-D Coordinate System. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, July 2000, Vlo. 37 No. 4
- <sup>2</sup> GÜNDÜZ E, RODRIGUEZ C, GAHLEITNER A. Bone regeneration by bodily tooth movement: Dental computed tomography examination of patient. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 100-6.
- <sup>3</sup> OGUTCEN-TOLLER M, SARAC S, CAKIR-OZKAN – N, SARAC D. Computerized tomographic evaluation of effects of mandibular anterior repositioning on the upper airway: a pilot study. *J Prosthet Dent* 2004;92:184-9.
- <sup>4</sup> KITAI N, FUJII Y, MURAKAMI S. Three-dimensional evaluation of a rare case with multiple impacted teeth using CT. *J Clin Pediatr Dent* 27 (2):117-122, 2003.
- <sup>5</sup> [www7.nationalacademies.org](http://www7.nationalacademies.org)
- <sup>6</sup> O´MARA Robert. Scintigraphy of Facial Skeleton. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*.1992. Vol 4:1;51-60
- <sup>7</sup> O´MARA Robert. Scintigraphy of Facial Skeleton. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*.1992. Vol 4:1;51-60.
- <sup>8</sup> POGREL MA, et al. A comparison of single – photon emission computed tomography and planar imaginig for quantitative skeletal scintigraphy of the mandibular condyle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;80:226-31.

- <sup>9</sup> BLASBERG RG., GELOVANI J. Molecular-genetic imaging: a nuclear medicine-based perspective. *Mol Imaging*. 2002 Jul;1(3):280-300.
- <sup>10</sup> CHOY, G., COUYKE, P., LIBUTTI SK. Current advances in molecular imaging: noninvasive in vivo bioluminescent and fluorescent optical imaging in cancer research. *Mol Imaging* 2003 Oct;2(4):303-12
- <sup>11</sup> TROY T., JEKIC-McMULLEN D., SAMBUCETTI L., RICE B. Quantitative comparison of the sensitivity of detection of fluorescence and bioluminescence reporters in small animals. *Mol Imaging* 2004 Jan;3(1):9-23
- <sup>12</sup> McCAFFREY A., KAY MA., CONTAG CH. Advancing Molecular therapies through in vivo bioluminescent imaging. *Mol Imaging* 2003 Apr;2(2):75-86.
- <sup>13</sup> CHINTAKANON K., SAMPSON, W., WILKINSON T., TOWNSEND G. A prospective study of Twin-block appliance therapy assessed by magnetic resonance imaging. *Aj J Orthod Dentofac Orthop* 2000;118:494-504.
- <sup>14</sup> FRANCO A., YAMASHITA H., LEDERMAN H., CEVIDANES L., PROFFIT W., VIGORITO J. Fränkel appliance therapy and the temporomandibular disc: A prospective magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2002;121:447-57
- <sup>15</sup> CHINTAKANON K., SAMPSON, W., WILKINSON T., TOWNSEND G. A prospective study of Twin-block appliance therapy assessed by magnetic resonance imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2000;118:494-504.
- <sup>16</sup> YANO K., SANO T., OKANO T. A longitudinal study of magnetic resonance (MR) Evidence of temporomandibular joint (TMJ) fluid in patients with TMJ disorders. *J Craniomand Prac* 2004;22(1):64-71
- <sup>17</sup> JEFFREY N. A high-resolution MRI study of linear growth of the human fetal skull base. *Neuroradiology* 2002;44:358-366.
- <sup>18</sup> SCHIERLITZ L, DUMANLI H, ROBINSON J, BURROWS P, SCHREYER A, KIKINIS R, JOLESZ F., TEMPANY C Three-dimensional magnetic resonance imaging of fetal brains. *THE LANCET* 2001;357:1177-1178
- <sup>19</sup> MAJUMDAR S. Advances in imaging: impact on studying craniofacial bone structure. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 (Suppl. 1):48–51
- <sup>20</sup> HODDER S., REES J., OLIVER T., FACEY P., SUGAR A. SPECT bone scintigraphy in the diagnosis and management of mandibular condylar hyperplasia. *Br J Oral and Maxillofac Surg* 2000;38:87-93
- <sup>21</sup> POGREL MA, et al. A comparison of single – photon emission computed tomography and planar imaging for quantitative skeletal scintigraphy of the mandibular condyle. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;80:226-31
- <sup>22</sup> SCHWARTZ Z, SHANI J, SOSKOLNE WA, TOUMA H, SELA J. Uptake and biodistribution of technetium-99m-MD<sup>32</sup>P during rat tibial bone repair. *J Nucl Med* 1992;34:104-8
- <sup>23</sup> HERSEK N, et al. Bone SPECT imaging of patients with internal derangement of temporomandibular joint before and after splint therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002;94:576-80.
- <sup>24</sup> GÜNER D, ÖZTÜRK Y, SAYMAN H. Evaluation of effects of functional orthopaedic treatment on temporomandibular joints with single-photo emission computerized tomography. *European J Orthod* 2003;25: 9-12.
- <sup>25</sup> ARAT M, GÖKALP H, ATASEVER T. Technetium-Labeled Methylene Diphosphonate

Uptake in Maxillary Bone and After Rapid Maxillary Expansion. Angle Orthod 2003;73:545-549.

Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces. Angle Orthodontist, 2003 73(1): 12-20.

<sup>26</sup> JAFARI A, SHETTY S, KUMAR M. Study Stress Distribution and Displacement of