

DISEÑO DE UN MÉTODO CEFALOMÉTRICO TRIDIMENSIONAL MANDIBULAR A PARTIR DE UNA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA VOLUMÉTRICA DE RAYO DE CONO ÚNICO



Argotte E*. Borbely P*. Fernández N*. Pedraza R*. Reyes J*¹
Rodríguez E²
Malaver P³
López de Mesa C⁴

RESUMEN

Objetivo: Establecer un sistema de medición tridimensional para comparar las hemiarcadas mandibulares, a partir de una imagen tomográfica computarizada de rayo de cono único, que puede servir como herramienta confiable para el diagnóstico de asimetrías estructurales. **Método:** Estudio descriptivo observacional. La muestra fue tomada de una mandíbula de cráneo seco a la cual se le realizó una imagen tomográfica de rayo de cono único (CBCT). Posteriormente se almacenó la imagen tridimensional en un archivo DICOM, se realizó el análisis en un software específico desarrollado para el manejo de imágenes 3D obteniendo las medidas volumétricas de la estructura ósea mandibular. **Resultados:** A partir de los planos escogidos se establecieron 8 regiones para describir la mandíbula tridimensionalmente. Los resultados indican que hay diferencias significativas entre las hemiarcadas derecha e izquierda, tanto en volumen como en área, medidos respectivamente en mm³ y mm² siendo casi siempre mayor el lado derecho ($p < 0,001$) en la región posterior total hay diferencia significativa ($p=0.001$) entre el lado derecho e izquierdo y existe una correlación ($r=-0.34$); en la región condilar se observa una diferencia significativa siendo mayor el área en la región condilar derecha, ($p=0.001$) y una correlación ($r=0.760$). En la región media total hay diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=-0.27$), la región media derecha tiene mayor volumen que la izquierda. En cuanto a la región posterior total se encontró diferencia significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=-0.53$), la región posterior derecha tiene mayor volumen que la izquierda. En la región condilar, se encontró diferencia significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=0.90$) siendo el volumen de la región condilar izquierda mayor que la derecha. **Conclusiones:** Este estudio plantea un método tridimensional basado en datos de la CBCT para obtener unidades de medición como volumen y áreas superficiales. Se propone subdividir la mandíbula por regiones anatómicas y funcionales para determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías. Los programas digitales utilizados como el Autocad® y 3D Doctor® facilitan la localización exacta y consistente de los puntos de referencia con precisión y alta reproducibilidad.

PALABRAS CLAVE: Ortodoncia, tomografía tridimensional, asimetrías, volumen, área superficial, Rayo de cono.

ABSTRACT:

Objective: To establish a three-dimensional measurement system to compare jaw hemiarcades by a single cone beam computed tomographic imaging that may be a reliable tool to the diagnostic of structural asymmetries. **Method:** Observational descriptive study: The sample was a dry skull mandible which underwent tomographic imaging of single cone beam (CBCT), the three-dimensional image was stored in a DICOM file, and analyzed by a software specific 3D image management obtaining volumetric measurements of the mandibular bone structure.

Results: From the selected reference landmarks and planes were established 8 zones to describe the jaw in 3-D. It was found a significant difference between right and left hemiarcades, both in volume and area, being almost always higher the right-hand side ($p < 0,001$). In the full posterior region the side difference between areas was significant ($p=0.001$) and the correlation was $r=-0.34$; in the condilar region the difference was significant being greater the right-hand side condilar area, ($p=0.001$) and the correlation $r=0.760$. For the full mid region the volume difference was statistically significant ($p<0.001$) and the correlation $r=-0.27$; being higher the volume for the right-hand side. In the full posterior region, the volume difference was statistically significant ($p<0.001$) and the correlation $r=-0.53$, being bigger for the right-hand side. For the condilar region, the difference was statistically significant ($p<0.001$) and the correlation $r=0.90$, being higher the value for the left-hand side. **Conclusions** This study suggests a tridimensional method based on CBCT data to obtain measurement units such as volume and areas. It proposes to subdivide the jaw by anatomic and functional regions to determinate the affected areas with more accuracy in the event of asymmetries. The digital programs used as AUTOCAD® and 3D DOCTOR® facilitate the exact and consistent localization of the reference points with accuracy and high reproducibility.

KEY WORDS: orthodontics, tomography, three-dimensional asymmetries. Cone beam

¹ Residentes Postgrado de Ortodoncia

² Asesor Científico

³ Asesor Metodológico

⁴ Asesor Estadístico

INTRODUCCIÓN

El éxito del tratamiento en ortodoncia y ortopedia maxilar, al igual que en cirugía maxilofacial depende de un minucioso diagnóstico y planificación del tratamiento. Para ello es indispensable el uso de diferentes ayudas, como modelos, fotos y radiografías.

Las radiografías de perfil son el medio sobre el cual tradicionalmente se analiza el complejo maxilomandibular con respecto a sus bases óseas, posiciones dentales, dirección de crecimiento y biotipo. Estas son imágenes bidimensionales que se utilizan para tomar medidas lineales y angulares. En estos análisis se pueden presentar dos tipos de errores: de proyección y de identificación.¹ Los errores de proyección son causados por la representación en imágenes bidimensionales de un objeto tridimensional, en donde, los rayos X no son paralelos y se originan desde una fuente dando como resultado imágenes distorsionadas, producidas por las distancias entre el foco, el objeto y la película.^{2,3}

Los errores de identificación se dan por la superposición de estructuras, por ello se han incorporado imágenes más fiables, que permiten identificar estructuras óseas anatómicas reales.⁴

La tomografía computarizada de rayo de cono único (CBCT), permite usar las imágenes craneofaciales con menores márgenes de distorsión.

Estudios han demostrado que la exposición a la radiación es un 20% inferior para CBCT que para imágenes de tomografía convencional y la dosis que recibe el paciente es equivalente a la radiación emitida para la toma de un juego radiográfico periapical completo^{5,6}. Mediante este método de diagnóstico se obtiene una copia tridimensional de las estructuras craneales en un formato digital, que puede ser utilizado para evaluar la anatomía craneal, facial y dental con mínima exposición a la radiación.^{7,8}

En la actualidad, la obtención de imágenes diagnósticas multiplanares y en tercera dimensión está permite no sólo a los odontólogos sino también a todos los profesionales del área de la salud, contar con herramientas cada vez más precisas con múltiples beneficios.⁹

Teniendo en cuenta los grandes avances en imágenes diagnósticas, se puede obtener una ubicación y medición más confiable de los puntos anatómicos en estructuras óseas, comparada con los métodos radiográficos tradicionales, lo cual contribuye a obtener un mejor diagnóstico y planificación del tratamiento de los pacientes que van a ser sometidos a ortodoncia y cirugía maxilofacial.¹⁰

Con la tecnología CBCT todas las proyecciones radiográficas pueden ser obtenidas en menos de un minuto, logrando mayor calidad que las imágenes radiográficas bidimensionales y con base en un sola toma.⁶ Dentro de las aplicaciones clínicas de interés ortodóncico se encuentra la valoración de dientes impactados, localización del nervio dentario inferior, piso de seno maxilar, evaluación prequirúrgica para implantes, evaluación de senos paranasales, visualización de lesiones odontogénicas, evaluación de traumas, visualización de ATM, comparación de estructuras óseas contra laterales para diagnóstico de asimetrías, fabricación de guías quirúrgicas y evaluación quirúrgica craneofacial.^{6,11,12}

La incorporación de un análisis tridimensional a partir de la tomografía computarizada permitirá ubicar puntos y planos anatómicos exactos en la estructura ósea mandibular, para luego determinar su área y volumen específicos dentro del complejo craneofacial, para de esta forma comparar regiones de la estructura hemimandibular de un lado con respecto al otro. También, utilizando una tecnología compatible se obtienen réplicas de las estructuras anatómicas llamadas modelos estereolitográficos.

Existe muy poca información y estudios con respecto a este tipo de análisis tridimensional; no se dispone de criterios claros para el manejo de estas imágenes y a pesar de contar con los últimos avances tecnológicos en imagenología, se sigue pensando y midiendo de forma bidimensional en estructuras tridimensionales.

Para localizar y cuantificar estructuras anatómicas, se utilizan los puntos cefalométricos que se localizan en las zonas externas de los huesos craneofaciales, en estructuras óseas internas, o por su carácter descriptivo se obtienen por construcción geométrica (intersección de planos) o por selección visual.¹³

El plano cefalométrico es una abstracción geométrica, formada por dos o más puntos cefalométricos, que representan una estructura anatómica o una entidad funcional. La línea cefalométrica es una línea recta formada por la unión de dos puntos cefalométricos que se suele emplear como referencia, sin que represente necesariamente una zona anatómica.¹³

La geometría descriptiva como su nombre lo indica, es la descripción de un objeto de tres dimensiones, por medio de puntos en un sistema de referencia. El área, es la extensión o superficie comprendida dentro de una figura de dos dimensiones, expresada en unidades de medida denominadas superficiales. El volumen, es una magnitud definida como el espacio ocupado por un cuerpo, la unidad de medición es expresada en unidades cúbicas. A partir de estos puntos, planos y superficies se logra descubrir la verdadera forma y estructura del cuerpo objeto de estudio.¹⁴

El objetivo del presente estudio fue establecer un sistema de medición tridimensional para comparar las hemiarcadas mandibulares, a partir de una imagen tomográfica computarizada de rayo de cono único, que proporcione una herramienta confiable para la medición de asimetrías estructurales.

MÉTODO

Estudio descriptivo observacional. En el cual se empleó una mandíbula procedente de un cráneo seco como unidad de análisis, este se ha utilizado en diferentes investigaciones, y fue facilitado por una ortodoncista.

Para la selección de la mandíbula se establecieron los siguientes criterios de inclusión: mandíbula de cráneo seco en buen estado, con estructuras anatómicas íntegras.

Sobre el modelo de estudio se ubicaron puntos anatómicos de referencia definidos en las variables de estudio, y se marcaron con módulos elásticos de ortodoncia rellenos de gutapercha, por ser un material radiopaco y no metálico (Figura 1).



Figura 1: Mandíbula seca con los puntos anatómicos seleccionados marcados con material radiopaco

Se definieron las siguientes variables de estudio: **Puntos anatómicos mandibulares de referencia derechos e izquierdos:** Gonion (Go), agujero mentonero, (Am) escotadura sigmoidea (Rs), Coronoides anterior (Ca); Apófisis Geni (Ag), espina de Spix, (Sx), Polo medial de cóndilo (Cm), Polo lateral del cóndilo (Cl).

Se llevó al consultorio radiológico oral y maxilofacial “Alvaro Delgado Morales” para la toma de la CBCT. Se utilizó un tomógrafo de rayo de cono (i-CAT®) con sensor Flat Panel. El cráneo completo fue posicionado en el tomógrafo, verificando el paralelismo del plano de Frankfort con respecto al piso y ubicando la línea media facial perpendicular al piso (Figura 2).



Figura 2: Cráneo seco con mandíbula articulada ubicada en el equipo de tomografía computarizada con líneas de referencia horizontal y sagital.

El I-CAT permitió una captura completa del cráneo con un protocolo de 20 + 20 segundos y resolución de 0.4. Las imágenes obtenidas del modelo, se almacenaron en un archivo DICOM para su posterior edición. (Figura 3).



Figura 3. Captura con reconstrucción tridimensional del cráneo seco en archivo DICOM

Las 515 imágenes bidimensionales DICOM obtenidas de la tomografía fueron editadas en el software 3D DOCTOR® 4.0 de las cuales se seleccionaron 315, correspondientes a la región de interés para este estudio. Fue ajustada una resolución en 0.25 mm para el voxel en las dimensiones X, Y, Z, llevando a un modelado de la superficie tridimensional.

El archivo de la superficie generada, se convirtió a un formato compatible para el software AUTOCAD® versión 2010, donde se realizó la ubicación digital de los puntos definidos como variables, estableciendo las coordenadas X, Y, Z para cada uno, obteniendo los parámetros necesarios para los planos de referencia.

Planos de referencia bidimensionales: Plano Inter Espix (Plie), Plano inter Condileos (Plic), Plano inter apófisis geni, (Plia). Plano Basal (Am- Go), Plano Sigmoidal (Plsg), Plano Mentoniano, (Plm), Plano Coronioideo (Plc). **Plano de referencia tridimensional:** Plano medio sagital (Pms), que corresponde a la unión de los puntos medios de los planos (Plie), (Plic), (Plia). **Regiones óseas mandibulares derechas e izquierdas:** Región (I) Coronioidea, Región (II) Condilar, Región (III) posterior total. Región (IV) media alveolar, Región (V) media basal, Región (VI) media total, Región (VII) Anterior alveolar, Región (VIII) Anterior Basal, Región (IX) Anterior total, Región (X) hemiarcada, Región (XI) Cuerpo Completo.

Este proceso fue llevado a cabo por un grupo de seis observadores, conformado por cinco residentes del postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del Colegio Odontológico

Colombiano y un operador de software. Las medidas se registraron en un instrumento de recolección de datos diseñado para este propósito.

Para localizar el eje medio de rotación de la mandíbula y así obtener las dos Regiones óseas hemimandibulares (derecha e izquierda) denominada Región (X), se trazó el plano medio sagital en el software 3D DOCTOR®, a partir de la unión de los puntos medios de los planos inter espix (Plie), plano inter Condileos (Plic), plano inter apófisis geni, (Plia), posteriormente se trazaron los planos de referencia específicos para obtener las regiones óseas mandibulares; tomando como referencia el Plano Basal (Am- Go), se determinó la zona ósea alveolar, correspondiente a toda la superficie ósea ubicada por encima de este plano y la zona ósea basal, correspondiente a toda superficie ósea ubicada por debajo de este. A partir del plano Basal y paralelo a este se trazó el Plano Sigmoidal (Plsg) pasando por el punto Rs, determinando las regiones coronoidea (I) y Condilar (II). Para la obtención de las zonas anterior media y posterior se trazó el Plano Mentoniano, (Plm), perpendicular al Plano Basal pasando por el punto (Am) y el Plano Coronoideo (Plc), perpendicular al Plano basal pasando por el punto (Ca), de esta forma se obtuvieron nueve regiones óseas mandibulares de cada lado, quedando conformadas de la siguiente manera: Región (I) Coronoidea, Región (II) Condilar, región (III) posterior total, Región (IV) media alveolar, Región (V) media basal, Región (VI) media total, Región (VII) Anterior alveolar, Región (VIII) Anterior Basal, Región (IX) Anterior total (Figura 4).

Cada una de las regiones óseas mandibulares derecha e izquierda, se analizaron tomando en cuenta el área superficial (mm^2) y volumen (mm^3) estableciendo la comparación porcentual entre cada una de la regiones .

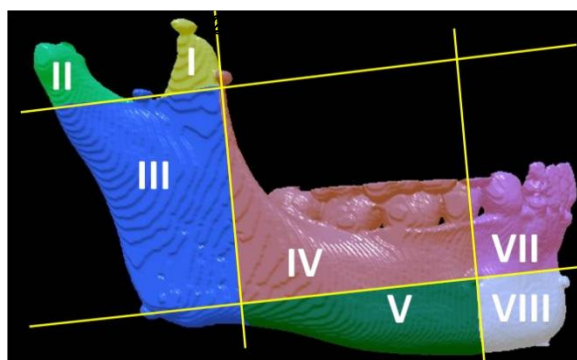


Figura 4. Reconstrucción tridimensional de la estructura ósea mandibular con los distintos planos y regiones del análisis.

Los datos se tabularon en una base excel y se validaron en el programa SPSS versión 17. Se compararon las hemiarcadas derecha e izquierda mediante la prueba t de Student y se determinaron los coeficientes de correlación. El nivel de significación fue $p = 0,05$

Adicionalmente el modelo mandibular digitalizado generado en 3D doctor se llevó a un proceso de modelado físico en un equipo Roland Modela MDX-40 obteniendo el modelo estereolitográfico de la estructura mandibular en una escala real de 1:1.

RESULTADOS

Los hallazgos encontrados en la investigación mostraron que, no hay diferencia estadísticamente significativa en la ubicación de los puntos de referencia tomográficos entre los observadores durante las diferentes mediciones. ($p > 0,05$)

En los hallazgos relacionados con los valores promedio de áreas y volúmenes de las hemiarcadas se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el lado derecho y el

lado izquierdo ($p<0.001$) y una correlación de -1 , lo cual significa que las mediciones son mayores en volumen y en área en el lado derecho (Figura 5).

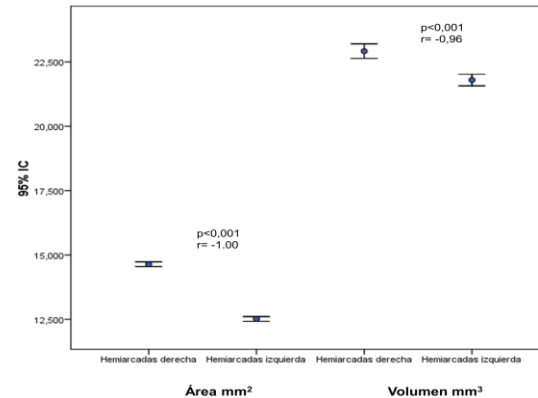


Figura 5. Valores promedio de las áreas y volúmenes de las hemiarcadas.

De igual forma se observó en la comparación de los valores promedio de las áreas totales mandibulares, que en la región anterior derecha hay una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=0.28$) siendo esta región mayor. En la región media se encontró un valor significativo del lado derecho ($p=0.001$) y una correlación ($r=-0.31$), siendo la región media derecha total de mayor área que la izquierda. En la región posterior total hay diferencia significativa ($p=0.001$) y una correlación ($r=-0.34$) donde el lado derecho es mayor; en la región condilar, se observa una diferencia significativa ($p=0.001$) y una correlación ($r=0.76$) donde hay mayor el área en la región condilar derecha (Figura 6).

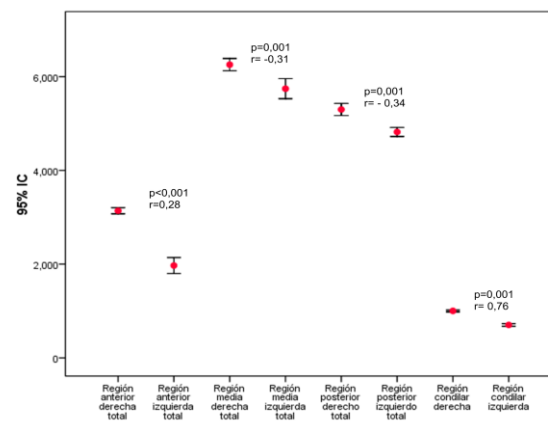


Figura 6. Valores promedio de las áreas totales mandibulares.

La comparación de los valores promedio de los volúmenes totales mandibulares mostraron que en la región anterior derecha existe diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=-0.16$), lo que significa que existe un mayor volumen del lado derecho que el izquierdo. En la región media total, hay diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=-0.27$) siendo para la región media derecha mayor el volumen que la izquierda. En cuanto a la región posterior total se encontró diferencia significativa ($p<0.001$) y una correlación ($r=-0.53$); siendo la región posterior derecha de mayor volumen que la izquierda.

Para la región condilar, se encontró diferencia estadísticamente significativa donde ($p<0.001$) y una correlación ($r=0.90$) siendo el volumen de la región condilar izquierda mayor que la derecha. (Figura 7).

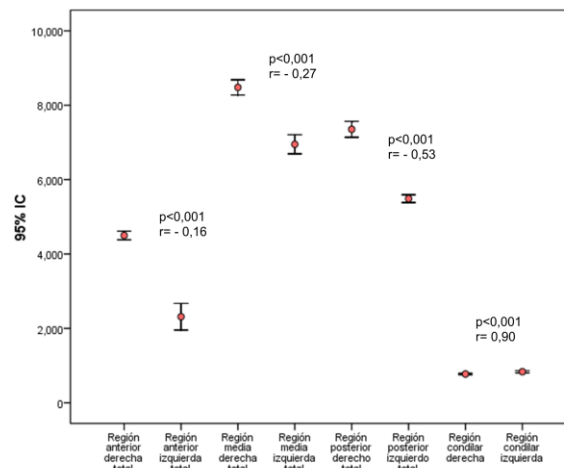


Figura 7. Valores promedio de los volúmenes (mm^3) totales mandibulares

Teniendo en cuenta los valores promedio de las áreas alveolares y basales mandibulares se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la región alveolar y basal anterior derecha e izquierda, ($p<0.001$) y una correlación ($r=0.43$), siendo el área de la región alveolar derecha mayor que el área de la región alveolar izquierda. En la región media basal se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p<0.085$) y una correlación ($r=-0.63$) siendo el área de la región media basal izquierdo mayor que el área de la región media basal derecha. (Figura 8.)

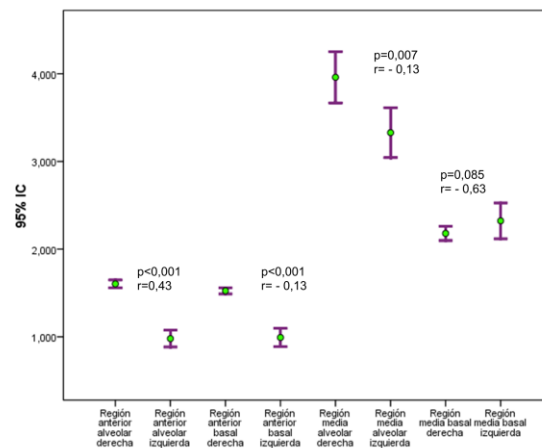


Figura 8. Valores promedio de las áreas alveolares y basales mandibulares

En los valores promedio de los volúmenes alveolares y basales mandibulares hay diferencias estadísticamente significativas en la región alveolar y basal anterior derecha e izquierda, ($p<0.001$) y una correlación ($r=0.15$), siendo el volumen de la región alveolar derecha mayor que el volumen de la región alveolar izquierda. En la región media basal se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p<0.01$) y una correlación ($r=0.93$) siendo el volumen de la región media basal izquierda mayor que el volumen de la región media basal derecha. (Figura 9).

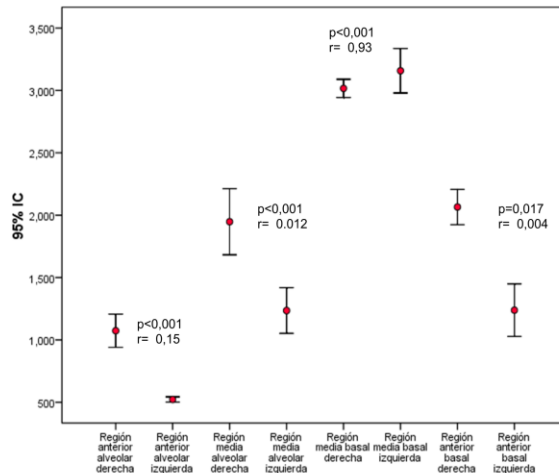


Figura 9: Valores promedio de los volúmenes (mm³) alveolares y basales

DISCUSIÓN

Ballrick y Col en el 2008 evaluaron la distorsión de la imagen y la resolución espacial de varios equipos de tomografía de rayo de cono, encontrando que las diferencias absolutas en las mediciones fueron menores a una décima de milímetro, lo cual probablemente no tiene significancia clínica.⁸ Esto coincide con los trabajos previos de esta línea de investigación⁹ que validan la CBCT como un método confiable por su alta precisión y mínima distorsión.

Aboudara y Col en 2009, utilizaron CBCT para reconstruir tridimensionalmente el espacio aéreo de la faringe y compararlo con las evaluaciones bidimensionales radiográficas cefalométricas, encontrando una correlación positiva entre las áreas y volúmenes: a mayor área mayor volumen de la vía aérea. Sin embargo, hubo gran variabilidad en el volumen de la vía aérea en pacientes con medidas similares faríngeas en sus radiografías laterales, los autores resaltan que esto conlleva a errores diagnósticos y sobre tratamientos. Utilizando las imágenes DICOM y exportadas al software 3D DOCTOR®, se obtuvieron imágenes con una resolución en plano de 0.30 x 0.30 mm.¹⁵ En el presente estudio se utilizó la misma metodología para el manejo de las imágenes con una resolución en plano de 0.25 x 0.25 mm en las mediciones totales y parciales por regiones de la mandíbula, se encuentra una correlación positiva entre el área superficial y el volumen, excepto en la región condilar en donde la correlación fue negativa, debido aparentemente a la variabilidad morfológica de la topografía del cóndilo y del cuello condilar.

Swennen y Col 2006, utilizan estructuras anatómicas de la base del cráneo para generar un sistema de referencia en los tres planos del espacio en la cefalometría tridimensional,¹⁶ sin embargo, se considera que la mandíbula debe ser evaluada de forma independiente porque cualquier variación a nivel de la base del cráneo podría afectar el análisis de la mandíbula, en especial las características de simetría. En el presente estudio se proponen referencias intramandibulares esqueléticas y dentales independientemente del resto del macizo cráneo facial y se subdividió cada hemimandíbula en regiones según criterios topográficos y funcionales, se proponen referencias esqueléticas dentales y combinadas para la determinación del plano medio sagital que sirva para dividir la mandíbula en dos partes.

CONCLUSIONES

Este estudio demuestra que a partir de los datos de una CBCT se puede realizar un análisis tridimensional empleando variables de medición como: volumen y área superficial.

Este nuevo método permite utilizar referencias esqueléticas intramandibulares y/o referencias dentales para poder comparar las dos hemimandíbulas

La subdivisión de la mandíbula por regiones anatómicas y funcionales permite determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías.

Este método permite realizar un análisis tridimensional de la región ósea de interés en forma independiente.

Los programas de ingeniería digitales utilizados como el *AUTOCAD®* y *3D Doctor®* facilitan la localización consistente de los puntos de referencia con precisión y alta reproducibilidad.

RECOMENDACIONES

Se sugiere aplicar este método en futuras investigaciones con una muestra significativa de pacientes reales, para verificar su utilidad y practicidad a la hora de tomar decisiones terapéuticas.

Se recomienda en casos de próximos estudios con cráneos secos no utilizar ningún tipo de marcador radiopaco como la gutapercha.

Se propone aplicar esta tecnología para la confección de modelos estereolitográficos que faciliten la planificación de procedimientos quirúrgicos.

Se sugiere evaluar el grado de utilidad entre las medidas de las áreas y volúmenes en análisis comparativos.

Los autores consideran que la medición de volúmenes es más representativo de la anatomía ósea que la medición de áreas superficiales y sugieren estudios que ayuden a determinar la utilidad práctica de estas mediciones.

REFERENCIAS

1. Latarjet y col. Anatomía humana. Editor. Panamericana. Buenos Aires. 2º edición. 2005.
2. Tetut L. y col. Compendio de Anatomía Descriptiva. Editor. Masson. Mexico D.F. 22º edición 2004. Cap 1.
3. Figun M. Anatomía Odontológica Funcional y Aplicada. Editor. El Atenéo. Mexico.D.F. 2º edición. 2002.
4. Goaz-wood. Diagnostico Radiográfico. Editor. Mosby. Buenos Aires.2000.Pg.229-230.
5. Redmond R. Huang J. Bumann A, Mah J. The cutting Edge. Three-Dimensional Radiographic Analysis in orthodontics. JCO 2005 Vol. XXXIX No 7 pages 421-428.
6. C. H. Kau and S. Richmond. Current Products and Practice Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics.Journal of Orthodontics, Vol. 32, 2005, 282–293.
7. Cevidanes J. y col. Image analysis and superiposition of 3-dmesional cone beam computed tomography model. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:611.
8. Ballrick J W, Palomo M J, Ruch E, Amberman B, Hans M. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics Volume 134, Number 4 october 2008 .573-582
9. Villamizar, C. Arévalo, T. Bernal, D. Silva, P. Vivas,T. concordancia de las medidas cefalométricas obtenidas entre la tomografía volumétrica de rayo de cono único y la radiografía extraoral posteroanterior. Tesis de grado UNICOC postgrado de ortodoncia. Bogota, 2009.
10. Hajeer M. Y. Millet D.T. Ayoub A.F. Siebert J.P. 3D imaging applications Orthodontics Parte II. Journal of Orthodontics, Vol 31, 2004, 154-162.
11. Heiland M, Habermann CR, Schmelze R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. J Oral Maxillofac Surg 2004; 62:1059-63.

12. Danforth R A, Du I and Mah J, "3-D volume imaging for dentistry: a new dimension", J Calif Dent Assoc (2003);31: pp.817–823.
13. Uribe G. Fundamentos de odontología ortodoncia teoría y clínica primera edición Capitulo 2 evaluación de fotografías y radiografías. Corporación para investigaciones biológicas Medellín Colombia 2004
14. Simmos George F. calculo y geometría analítica. McGraw Hill Interamericana.
15. Aboudara C, Nielsen I. Huang J, Maki K, Miller J, Hatcher D. Comparison of airway space with conventional lateral headfilms and 3-dimensional reconstruction from cone-beam computed tomography. American journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics volume 135, number 4 April 2009.: 468-479
16. Swennen G.R.J, Schutysen F., Hausamen J.E, Three-Dimensional Cephalometry. A Color Atlas and Manual. ISBN-10 3-540-25440-4 Springer Verlag Berlin Heidelberg New York. Berlin Heidelberg 2006.
17. Faruk Ayhan Basciftci, Hasan Hüsnü Korkmaz, Serdar Üsümez, and Oguz Eraslan. Biomechanical evaluation of chincup treatment with various force vectors. American Journal of orthodontics and Dentofacial Orthopedics 2008;134:773-781.
18. Adams, G. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004;126:397-409