

APLICABILIDAD DEL SISTEMA DE MEDICIÓN TRIDIMENSIONAL DEL COMPLEJO CRÁNEOMAXILAR A PARTIR DE UNA IMAGEN TOMOGRÁFICA COMPUTARIZADA DE RAYO DE CONO ÚNICO (CONE BEAM)



García J *. Molina E*. Tavera C*. Osorio A*. ¹
Rodríguez E ²
Malaver P ³
López de Mesa C ⁴

RESUMEN

Objetivo: Determinar la aplicabilidad del sistema de medición tridimensional para comparar las hemicaras y estructuras anatómicas que componen el complejo cráneo maxilar a partir de una imagen tomográfica computarizada de rayo de cono único en un paciente y un cráneo seco. **Método:** Estudio analítico. Las muestras fueron obtenidas en una tomografía (CBCT) en cráneo seco y en un paciente. Posteriormente se almacenaron las imágenes tridimensionales en un archivo DICOM, se realizó el análisis en un software específico desarrollado para el manejo de imágenes tridimensionales (*3D doctor*®) obteniendo las medidas volumétricas del complejo cráneo maxilar. **Resultados:** Los hallazgos encontrados en la investigación mostraron que no hay diferencia estadísticamente significativa en la ubicación de los puntos de referencia tomográficos tanto inter-observadores como intra-observadores. ($p > 0,9$). En la comparación de las áreas superficiales de las regiones en las que se propuso dividir el complejo cráneo-maxilar como son: *Frankfurt superior, Frankfurt inferior, región basal, región alveolar y región orbital, derechas e izquierdas*, tanto en el cráneo seco, como en el paciente, se observó asimetría siendo mayor el área del lado izquierdo que del derecho, encontrándose diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$). En cuanto a la comparación de los volúmenes de las regiones: *Frankfurt inferior, región alveolar y región orbital, derechas e izquierdas*, tanto en el cráneo seco como en el paciente se observó mayor volumen del lado izquierdo que del derecho y en la región basal se encontró mayor volumen en el lado derecho que en el izquierdo, siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.001$). **Conclusiones:** El presente sistema de medición tridimensional es útil y preciso para comparar las hemicaras y estructuras anatómicas que componen el complejo cráneo maxilar a partir de una imagen tomográfica computarizada de rayo de cono único en pacientes y en cráneos secos, La subdivisión del complejo cráneo maxilar por regiones anatómicas y funcionales permite determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías o para evaluar efectos producidos por tratamientos o crecimiento y realizar un análisis tridimensional de la región ósea de interés en forma independiente.

PALABRAS CLAVE: Tomografía computarizada de rayo de cono único, cefalometría tridimensional, craneometría volumétrica.

ABSTRACT

Objective: To determine the applicability of three-dimensional measurement system to compare the half-face and anatomical structures that make up the complex craniomaxillary from a computed tomographic cone-beam only in one patient and a dry skull. **Method:** Analytic. The samples were obtained on a CT (CBCT) in dry skull in a patient. Later three-dimensional images were stored in a DICOM file, the scan was performed in a specific software developed for handling three-dimensional images (*3D Doctor*®) obtaining volumetric measurements craniomaxillary complex. **Results:** The findings from the research showed no statistically significant difference in the location of the tomographic benchmarks both inter-and intra-observer observers. ($P > 0.9$). In comparing the surface areas of the regions in which they proposed to divide the cranio-maxillary complex are superior *Frankfurt, Frankfurt lower basal region of the alveolar region and orbital region*, left and right, both in the dry skull, as the patient was observed to be greater the area asymmetry on the left than the right, statistically significant differences ($p < 0.001$). As for the comparison of volumes of regions: *Frankfurt inferior alveolar region and orbital region*, left and right, both in the dry skull as the patient had more volume left to the right and in the basal region increased volume found on the right side than on the left, these differences were statistically significant ($p < 0.001$). **Conclusions:** The present three-dimensional measurement system is useful and necessary to compare the half face and anatomical structures that make up the complex jaw skull from a computed tomographic cone-beam only in patients and dry skulls craniomaxillary The subdivision of the complex by anatomical and functional regions to determine more accurately the affected areas in case of asymmetric or to evaluate effects of treatments or growth and three-dimensional analysis of bone region of interest independently.

KEY WORDS: Beam computed tomography single cone, three-dimensional cephalometry, volumetric craniometric

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. Para ello es indispensable el uso de diferentes ayudas, como modelos, fotografías y radiografías.¹ Las radiografías de perfil son el medio sobre el cual tradicionalmente se analiza el complejo máxilo-mandibular 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 que permiten una mejor identificación de las estructuras.⁵

Estudios han demostrado que la exposición a la radiación es un 20% inferior para CBCT que para imágenes de tomografía convencional^{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 una mínima exposición a la radiación.^{7, 8}

En la actualidad, la obtención de imágenes diagnósticas multiplanares y en tercera dimensión nos permite contar con herramientas cada vez más precisas con múltiples beneficios.⁹

Los grandes avances en imágenes diagnósticas nos facilitan una ubicación y medición más confiables de los puntos anatómicos en estructuras óseas, comparado con los métodos radiográficos tradicionales, lo cual contribuye a un mejor diagnóstico y planificación del tratamiento de los pacientes que van a ser sometidos a ortodoncia o 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 pre quirúrgica para implantes, evaluación de senos paranasales, visualización de lesiones odontogénicas, evaluación de traumas, visualización de ATM, comparación de estructuras óseas contralaterales 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 del complejo cráneo maxilar, para luego determinar su área y volumen específicos, comparando las regiones de interés 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.

El objetivo del presente estudio fue determinar la aplicabilidad de un sistema de medición tridimensional para comparar las hemicaras y regiones anatómicas del

complejo craneomaxilar 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 analítico, en el cual se midió, sobre imágenes tomográficas, al complejo cráneo maxilar tanto en un cráneo seco como en un paciente.

Para la selección del cráneo se establecieron los siguientes criterios de inclusión: cráneo seco en buen estado, con estructuras anatómicas íntegras. (Figura 1) Para la selección de la tomografía del paciente se establecieron los siguientes criterios: tomografía de paciente sin alteraciones cráneo faciales evidentes, que el paciente no hubiera sido sometido a cirugía ortognática, igualmente que la tomografía cumpliera con la calidad requerida y autorizara el uso de sus imágenes.

Para el estudio se definieron las siguientes variables: **Puntos anatómicos del complejo craneomaxilar de referencia derechos e izquierdos:** Supraorbitario, (So) Orbitario (Or); Zigomático (Zg), Canto externo (Ce), Porion (Po)

Puntos anatómicos únicos: Nasion (Na), Espina nasal anterior (ENA), Espina nasal posterior (ENP), Crista galli (Cr), Silla turca (S)

Regiones anatómicas definidas para este estudio: (I) Frankfurt superior, (II) Frankfurt inferior (III) Orbitaria, (IV) Basal Superior, (V), Dentoalveolar, (VI) Cuerpo completo. (Figura 2)

Planos de referencia: Frankfurt (FH), Plano medio de referencia (PMR), Plano biespinal (ENA-ENP)

Se utilizó un tomógrafo de rayo de cono marca i-CAT® con sensor Flat Panel. El cráneo fue posicionado en el tomógrafo, verificando el paralelismo del plano de Frankfurt con respecto al piso y ubicando la línea media facial perpendicular al piso.



Figura 1. Cráneo seco sin mandíbula, ubicado en el equipo de tomografía computarizada con líneas de referencia horizontal y sagital.

Procedimiento de edición

El proceso de edición comienza con la recopilación de los archivos de la tomografía del cráneo seco en formato DICOM. Las 515 imágenes generadas en dicho formato son enviadas al programa **3D Doctor**® donde se realiza un ajuste de tamaño de voxel de 0.25mm. Posteriormente el proceso se subdivide en dos etapas:

1. Aislar el tercio medio de la cara en 12 secciones con la generación del sólido en **3D Doctor**®. Estas secciones se generan con los puntos Supraorbitario (So), Nasion (Na), Orbitario (Or), Zigomático (Zg), Porion (Po), Espina nasal anterior (ENA), Espina nasal posterior (ENP), Crista galli (Cr) y Silla turca (S). Estos puntos fueron ubicados de acuerdo a los criterios anatómicos y geométricos definidos por los investigadores, previamente calibrados, los cuales a su vez generan los planos Medio (ENA-ENP-Cr), Frankfort (Po-Or), alveolar (ENA), basal (Or-ENA) y orbital (So) (Tabla1)

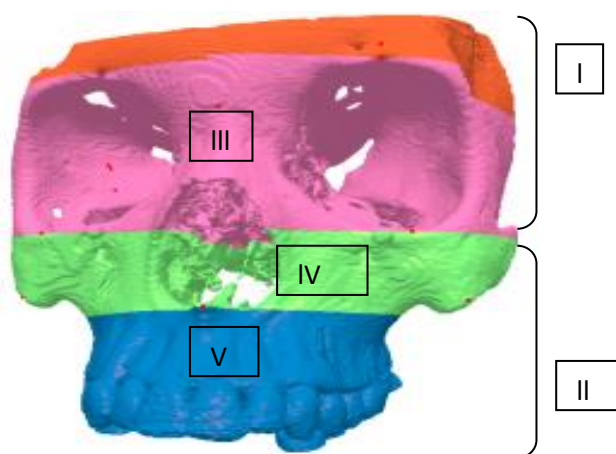


Figura 2. Reconstrucción tridimensional de la estructura ósea cráneo-maxilar con los distintos planos y regiones propuestas en este análisis: (I) Frankfurt superior, (II) Frankfurt inferior (III) Orbitaria, (IV) Basal Superior, (V), Dentoalveolar.

Secciones	Delimitación
Maxilar derecho e izquierdo	Plano medio
Frankfurt superior derecho e izquierdo	Plano Frankfurt hasta la parte superior del maxilar
Frankfurt inferior derecho e izquierdo	Plano Frankfurt hasta la parte inferior del maxilar
Basal derecha e izquierda	Plano basal hasta Plano orbital
Orbital derecha e izquierda	Plano orbital hasta supraorbitarios
Alveolar derecha e izquierda	Plano alveolar hasta parte inferior del maxilar

Tabla 1. Secciones a evaluar y delimitaciones

1. Una vez dividido el tercio medio de la cara se tomaron medidas del área superficial y el volumen de cada una de las secciones generadas.

Para el procedimiento de toma de datos por parte de los 4 observadores. Cada operador midió dos veces las imágenes ya procesadas de ambos especímenes.

Procedimiento de edición de la imagen del maxilar del paciente

El proceso de edición comienza con la recopilación de los archivos de la tomografía del paciente en formato DICOM. Las 551 imágenes generadas en dicho formato son transferidas al programa **3D Doctor®** donde se realiza un ajuste de tamaño de voxel de 0.4mm. En **3D Doctor®** el proceso se subdivide en tres etapas fundamentales:

1. Aislar los tejidos blandos de los tejidos duros a través de la herramienta autosegmento y la edición de fronteras en cada una de las imágenes DICOM (los tejidos blandos presentan una resolución de pantalla diferente a los tejidos duros).

2. Aislar el tercio medio de la cara en 12 secciones con la generación del sólido en **3D Doctor®**. Estas secciones se generan con los puntos Supraorbitario (So), Nasion (Na), Orbitario (Or), Zigomático (Zg), Porion (Po), Espina nasal anterior (ENA), Espina nasal posterior (ENP), Crista galli (Cr) y Silla turca (S). Estos puntos fueron ubicados de acuerdo a los criterios anatómicos y geométricos definidos por los investigadores, los cuales a su vez generan los siguientes planos: Medio (ENA-ENP-Cr), Frankfurt (Po-Or), Alveolar (ENA), Basal (Or-ENA) y Orbital (So).

3. Una vez dividido el tercio medio de la cara se tomaron medidas del área superficial y el volumen de cada una de las secciones generadas en el punto 2.

El procedimiento de toma de datos por parte de los 4 observadores fue igual al utilizado en el cráneo seco.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

De acuerdo a la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud el tipo de riesgo fue calificado: Sin Riesgo

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Las medidas se registraron en un instrumento de recolección de datos, para someterlos a análisis estadístico con el programa SPSS 18 se hicieron las pruebas: T Student, T de Bonferroni, análisis de varianza anova y correlación intraclase, en el Departamento de estadística de la Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC. Permitiendo observar el comportamiento interoperador e intraoperador para cada caso.

RESULTADOS

Los hallazgos encontrados en la investigación mostraron que: no hay diferencia estadísticamente significativa en la ubicación de los puntos de referencia tomográficos en las diferentes mediciones en la evaluación interobservadores ni en la comparación intraobservadores. ($p > 0,9$)

Aunque las medidas no son comparables entre el paciente y el cráneo seco se compararon las diferencias y se convirtieron en porcentajes, encontrando que hay pequeñas diferencias y variaciones en las mediciones.

En la comparación de las áreas superficiales de las siguientes regiones del maxilar: *Frankfurt Superior*, *Frankfurt Inferior*, *Región Basal*, *Región Alveolar* y *Región Orbital Derechas e Izquierdas* tanto en el cráneo seco como en el paciente se encontró mayor área del lado izquierdo que

del derecho, encontrándose diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) (Figura 3)

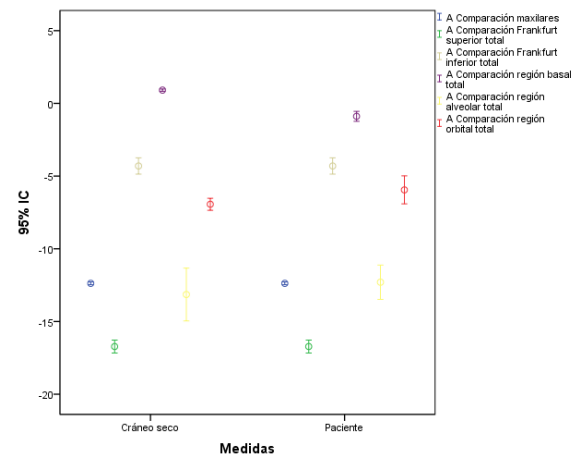


Figura 3. Comparación porcentual de las mediciones de las áreas del tercio medio en cráneo seco y paciente

En cuanto a la comparación de los volúmenes de las siguientes regiones del maxilar: *Frankfurt inferior*, *región alveolar* y *región orbital derechas e izquierdas* tanto en el cráneo como el paciente se encontró mayor volumen del lado izquierdo que del derecho, excepto en la *Región Basal* encontrándose mayor volumen en el lado derecho que en el izquierdo siendo estadísticamente significativo ($p < 0.001$) (Figura 4)

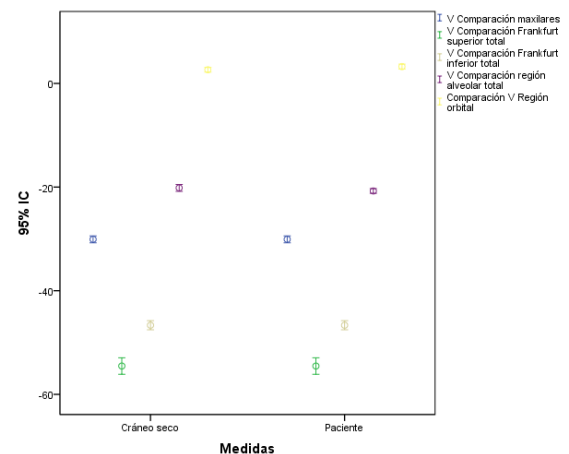


Figura 4. Comparación porcentual de las mediciones del volumen del tercio medio en cráneo seco y paciente

Las comparaciones de las áreas y de los volúmenes entre hemi-maxilares muestran una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) siendo de mayor tamaño el

maxilar izquierdo tanto en cráneo seco como en el paciente (Figura 5 y 6)

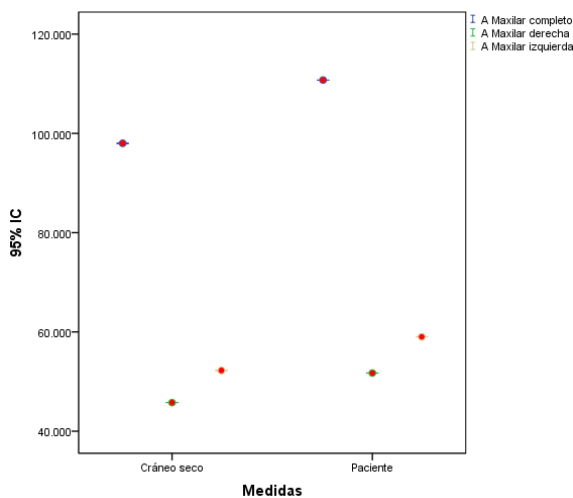


Figura 5. Comparación de las mediciones de área del maxilar del tercio medio en cráneo seco y paciente. Las comparaciones del área y del volumen entre las regiones *Frankfurt Superior derecha e izquierda* muestran una diferencia estadísticamente significativa $p < 0.001$ siendo mayor la *región Frankfurt izquierda* tanto en el cráneo seco como en el paciente (figura 7 y 8).

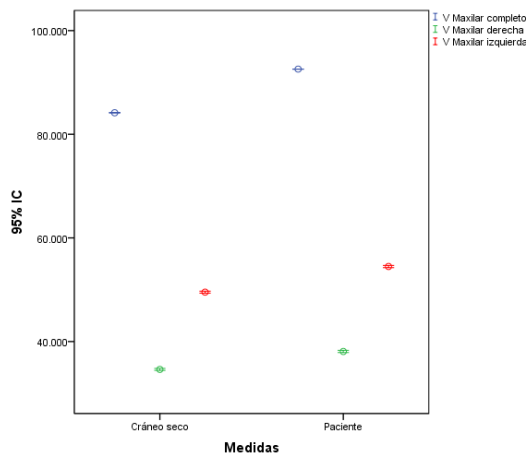


Figura 6. Comparación de las mediciones del volumen del maxilar del tercio medio en cráneo seco y paciente

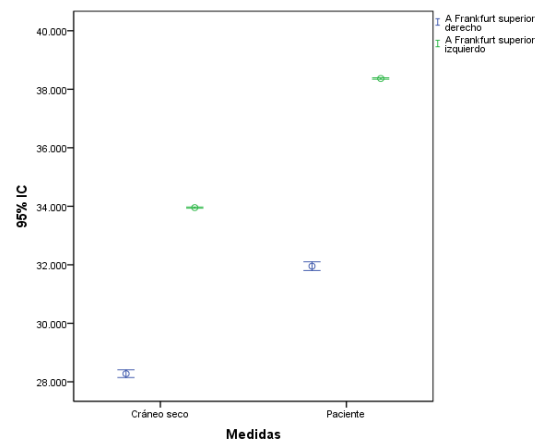


Figura 7 comparaciones de las mediciones de área Frankfurt superior izquierdo y derecho del tercio medio en cráneo seco y paciente

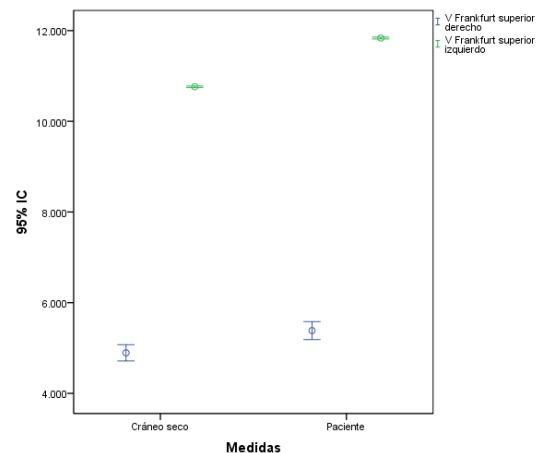


Figura 8. Comparación de las mediciones de volumen de las regiones Frankfurt Superior izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

Las comparaciones de las áreas y los volúmenes de la *Región Frankfurt Inferior* muestran una diferencia estadísticamente significativa $p < 0.001$ siendo mayor el lado izquierdo tanto en el cráneo seco como en el paciente (figura 9 y 10).

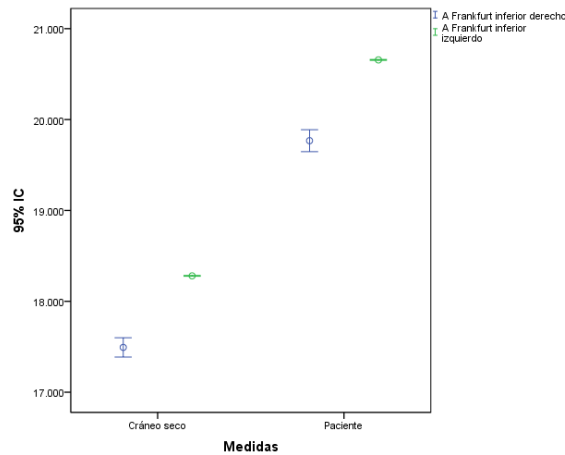


Figura 9. Comparación de las mediciones de área Frankfurt inferior izquierdo y derecho del tercio medio en cráneo seco y paciente

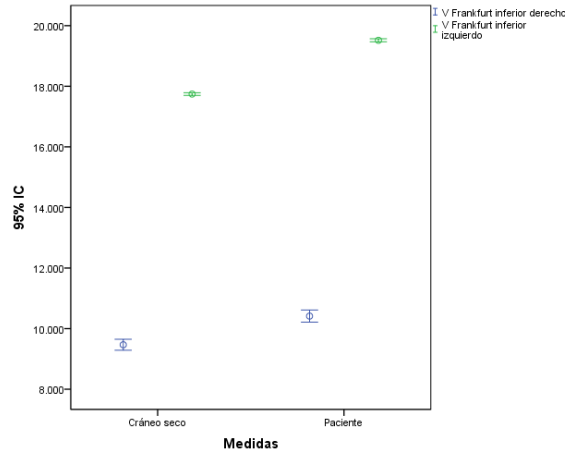


Figura 10. Comparación de las mediciones de volumen Frankfurt inferior izquierdo y derecho del tercio medio en cráneo seco y paciente

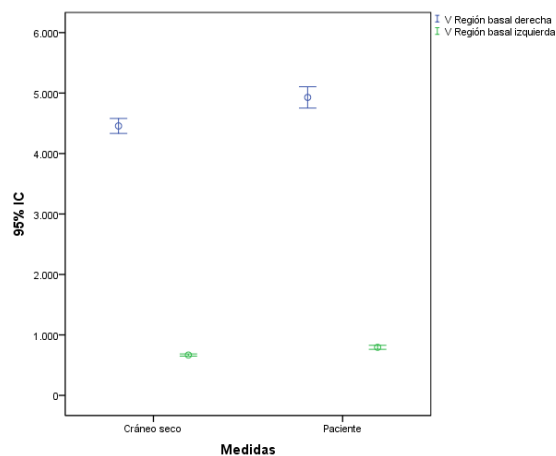


Figura 11 Comparación de las mediciones de volumen de las Regiones Frankfurt Inferior izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

La comparación de las áreas de las regiones Basal derecha e izquierda, muestra una diferencia estadísticamente significativa $p < 0.001$ siendo mayor la *región Basal izquierda* en el paciente y el cráneo seco presentó mayor área en el lado derecho (figura 12).

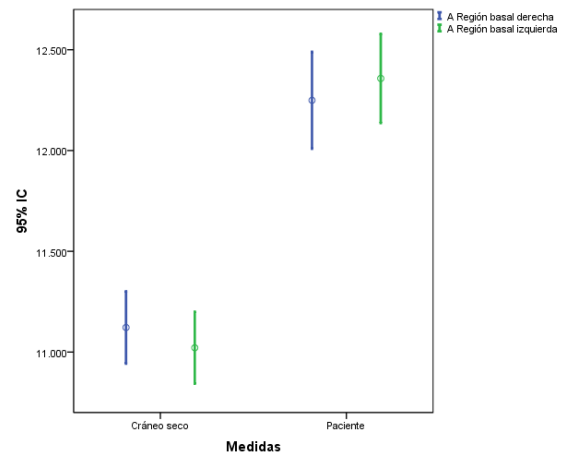


Figura 12. Comparación de las áreas de la Región Basal izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente.

La comparación de las áreas y los volúmenes derecho e izquierdo de la *Región Basal* muestra una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.001$) siendo mayor el lado derecho tanto en el cráneo seco como en el paciente (figura 13)

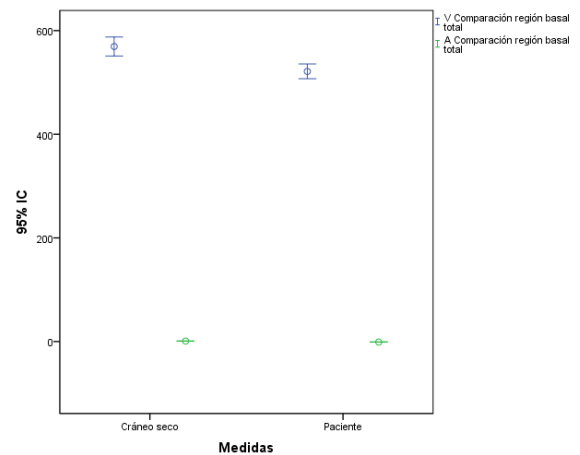


Figura 13. Comparación porcentual de las mediciones del volumen y área de la región basal en cráneo seco y paciente

Las comparaciones en área y volumen de la *región alveolar* muestran una diferencia estadísticamente significativa $p<0.001$ siendo mayor la *región alveolar izquierda* tanto en el cráneo seco como en el paciente (figura 14 y 15)

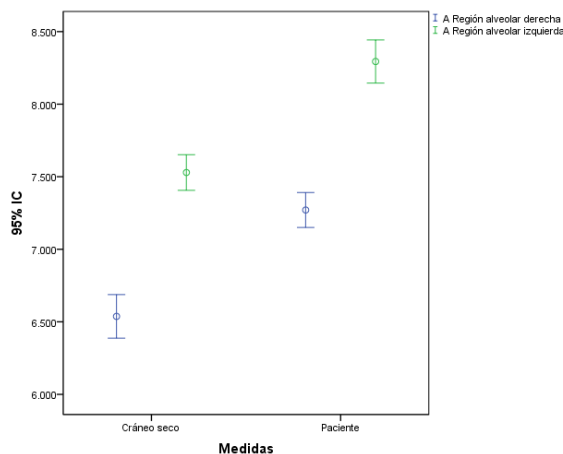


Figura 14. Comparación de las mediciones de área región alveolar izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

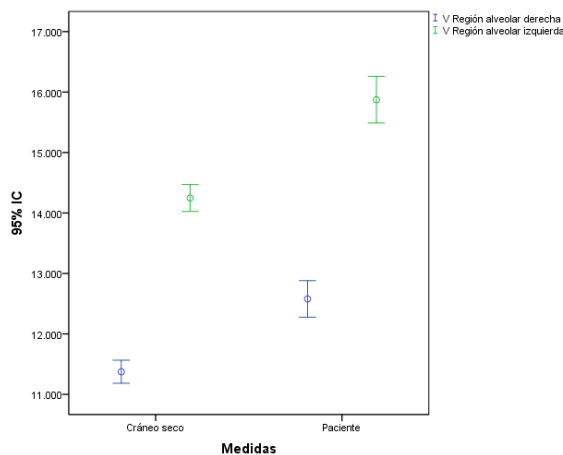


Figura 15. Comparación de los volúmenes de la Región alveolar izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

La comparación de las áreas de la *Región Orbital* muestran una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) siendo mayor la *Región Orbital izquierda*

tanto en el cráneo seco como en el paciente y en cuanto al volumen muestra una diferencia estadísticamente significativa ($p<0.001$) entre los lados siendo de mayor volumen el lado derecho (figuras 16 y 17)

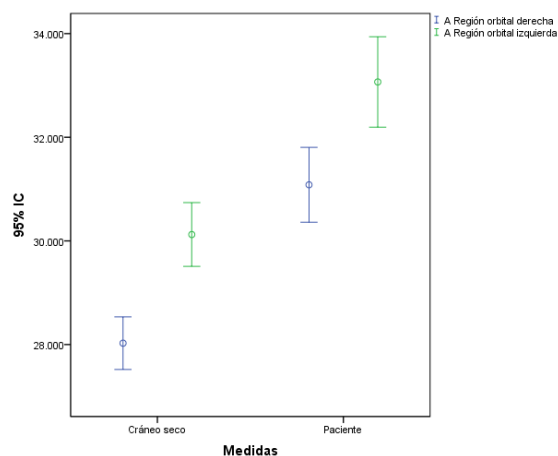


Figura 16. Comparación de las áreas de la Región Orbital izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

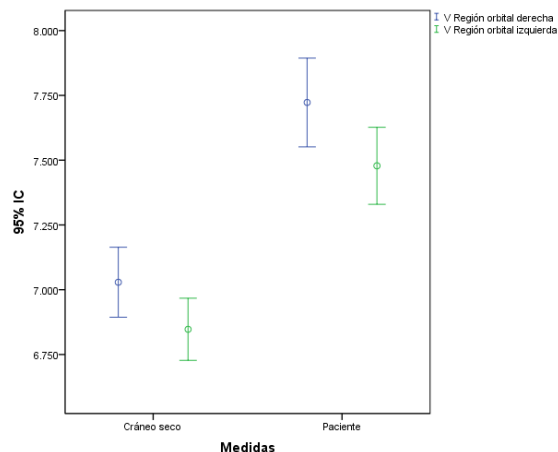


Figura 17. Comparación de los volúmenes de la Región Orbital izquierda y derecha del tercio medio en cráneo seco y paciente

DISCUSIÓN

Fuhrmann en el 2002²² Integrò la cefalometria tridimensional y modelos de cirugía 3D con modelos de cráneo esterolitográficos para el diagnóstico y plan de tratamiento ortodóncico quirúrgico. Estos permiten una verificación de la

viabilidad de la movilización y colocación de segmentos óseos y una mayor precisión del diagnóstico y plan de tratamiento, lo que se corrobora en este estudio para el diagnóstico de asimetrías dentomaxilofaciales con un nuevo sistema de división por regiones.

Esto coincide con los trabajos previos de esta línea de investigación que validan la CBCT como un método confiable por su alta precisión y mínima distorsión, siempre y cuando se utilicen adecuadamente los programas especiales para la medición de imágenes tridimensionales.

Badawi-Fayad y col. (2007) ²³ utilizaron muestras de cinco grupos regionales humanos para analizar la forma craneofacial usando imágenes de superposición 3D para establecer un modelo de referencia y validarlo en la tomografía computarizada. Confirman la alta exactitud de medidas hechas en scanner de CT y la importancia de la morfometría geométrica, la cual provee una caracterización exacta de toda la forma craneofacial y su variación con la población

En el presente estudio se utilizaron puntos anatómicos de uso común en cefalometría bidimensional y nuevos planos de referencia para poder realizar las comparaciones del lado derecho e izquierdo por regiones que permiten identificar con mayor exactitud dónde se presentan asimetrías.

Periago y col. (2008) ²⁴ compararon la exactitud de medidas lineales hechas en la Tomografía computarizada CONE BEAM, derivadas de imágenes volumétricas con las medidas reales de 23 cráneos humanos. Sospecharon que sobre pacientes pueden presentarse limitaciones que reducen la calidad de la imagen debido a la interferencia de los tejidos blandos, artefactos metálicos, movimiento del paciente y protocolo de scaneo.

Para la aplicación clínica se sospechó que se presentarían numerosas limitaciones como reducción en la calidad de la imagen. En el presente estudio por medio del programa 3D Doctor se retiraron los tejidos blandos en la tomografía para evitar distorsiones, se obtuvo una buena calidad de la imagen pero se necesitaron equipos más potentes y se aumentó el tiempo del procesamiento de la información por parte de asesores expertos en dichos programas.

Rodríguez y col. (2009) ²⁵ establecieron un sistema de medición tridimensional para comparar las dos hemiarcadas mandibulares con base a una Tomografía de Rayo Cono Único (CONE BEAM). Demostraron que a partir de los datos de una CBCT se puede realizar un análisis tridimensional empleando variables de medición como: volumen y área superficial de regiones predeterminadas.

El presente trabajo continúa con esta línea de investigación definiendo parámetros novedosos para evaluar el complejo craneomaxilar.

Este método permite realizar un análisis tridimensional de la región ósea de interés en forma independiente, permite utilizar referencias esqueléticas del complejo cráneo maxilar y/o referencias dentales para poder comparar las dos hemicararas y las diversas subregiones del tercio medio de la cara.

CONCLUSIONES

El presente sistema de medición tridimensional es útil y preciso para comparar las hemicararas y estructuras anatómicas que componen el complejo craneomaxilar a partir de una imagen tomográfica computarizada de rayo de cono único en pacientes y en cráneos secos.

La subdivisión del complejo cráneo-maxilar por regiones anatómicas y funcionales permite determinar con mayor precisión las zonas afectadas en caso de asimetrías y realizar un análisis tridimensional de la región ósea de interés en forma independiente.

Los programas de ingeniería digitales utilizados como el **3D Doctor®** facilitan la localización consistente de los puntos de referencia con precisión y alta reproducibilidad, pero exigen equipos muy potentes y ayuda técnica especializada.

El nuevo método utilizado evidenció las asimetrías del área y de los volúmenes de todas las regiones cráneo-maxilares propuestas, tanto en el cráneo seco como en el paciente.

Las diferencias interoperator e intraoperator de la localización de puntos y la medición de áreas y volúmenes en el cráneo seco y en el paciente fueron estadísticamente no significativas.

En las mediciones de las muestras utilizadas (cráneo seco y paciente) comparando el lado derecho con el izquierdo, se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto en las áreas como en los volúmenes en todas las regiones estudiadas.

RECOMENDACIONES

Se sugiere aplicar este método en futuras investigaciones con una muestra significativa de pacientes reales, para evaluar el grado de variabilidad según edad y género y proponer nuevos estándares craneométricos tridimensionales.

Se propone utilizar este método para análisis comparativos pre y postquirúrgicos o para evaluar resultados de tratamientos de ortopedia maxilar.

REFERENCIAS

1. Latarjet, M. Anatomía humana. 4a edición Buenos Aires. Médica Panamericana. 2006.
2. Testut L. y col. Compendio de Anatomía Descriptiva. 22º edición. Cap. 1. Editor. Masón. México D.F. 2004.
3. Figun M. Anatomía Odontológica Funcional y Aplicada. 2º edición. Editor. El ateneo. México. D.F. 2002.
4. Goaz-wood. Diagnóstico Radiográfico. 2ª edición. Pg.229-230 Editor. Mosby. Buenos Aires. 2000...
5. Redmond R. Huang J. Bumann A, Mah J. The cutting Edge. Three-Dimensional Radiographic Analysis in orthodontics. JCO 2005; Vol. 39: 421-428.
6. C. H. Kau and S. Richmond. Current Products and Practice Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. JCO 2005; Vol. 32:282-293.
7. Cevidanes J. y col. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone beam computed tomography model. AJODO 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. AJODO 2008 october; vol 134, 4 : 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) .Bogotá. Cundinamarca: Unicoc; 2009.
10. Hajeer M. Y. Millet D.T. Ayoub A.F. Siebert J.P. 3D imaging applications Orthodontics Parte II. JCO 2004; Vol 31: 154-162.
11. Heiland M, Habermann CR, Schmelze R. Indications and limitations of intraoperative navigation in maxillofacial surgery. JOMI 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 vol 31:817-823.
13. Uribe G. Fundamentos de odontología ortodoncia teoría y clínica. 1ª edición Capítulo 2 evaluación de fotografías y

- radiografías. Corporación para investigaciones biológicas Medellín Colombia 2004
14. Simmos G. calculo y geometría analítica. Ecuaciones diferenciales con aplicaciones y notas históricas. 2ª ed. McGraw Hill Interamericana. Madrid 1993
 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. *AJDO* 2009 April vol 135;4: 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. *AJODO* 2008; vol 134: 773-781.
 18. Adams, G. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *AJODO* 2004 ;vol 126: 397-409
 19. Trabajosdemedicina.iespana.es/cavidad es.htm Block MS, Kent JN. Maxillary Sinus Bone Grafting. *Atlas Oral Maxillofacial Clin North Am* 1994;2:63-76
 20. Hajeer M. Y. Millet D.T. Ayoub A.F. Siebert J.P. 3D imaging applications Orthodontics Parte II. *JCO* 2004 ; vol. 31: 154-162
 21. Adams, G. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *AJODO* 2004;vol 126:397-409
 22. Fuhrmann, Robert A. W. THREE-Dimensional Cephalometry and 3D Skull models in orthodontics/ surgical diagnosis and treatment planning (*Semin orthod* 2002; 8: 17-22)
 23. Badawi-Fayad, J; alain cabanis, E. Theree-dimensional Procrustes analysis of modern human craniofacial form, *Anat Rec*, 2007; 290:268-277.
 24. Periago D. linear accurary and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using and orthodontic volumetric redenring program. *angle ortho* 2008.may ;78 (3):387-95
 25. Rodríguez E, Argotte E, Borbely P, Fernández N, Pedraza R, Reyes .diseño de un método cefalométrico tridimensional mandibular a partir de una tomografía computarizada volumetrica de rayo de cono unicoc. (tesis de grado). Bogota. Cundinamarca: Unicoc; 2009.