

Generación de Modelos Estadísticos Predictivos de las Propiedades Antropométricas de Estructuras Craneofaciales.

M. I. Martínez-Valencia¹, J. A. Vázquez-López¹, J. L. Hernández-Arellano², C. Hernández-Navarro^{3*}

¹Departamento de Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Celaya, Gto., México

²Laboratorio de Diseño Ergonómico de Producto, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Ch., México

³Departamento de Ingeniería Mecánica, Tecnológico Nacional de México en Celaya, Celaya, Gto., México

* carolina.hernandez@itcelaya.edu.mx

Resumen— El objetivo de este estudio fue el generar modelos estadísticos predictivos de las dimensiones antropométricas de estructuras craneofaciales, a partir de imágenes médicas obtenidas por Tomografía Computarizada (TC). El estudio consistió en la medición bidimensional de las distancias entre los puntos antropométricos Glabella, Vertex, Eurion, Nasion y Opisthocranion para conseguir las dimensiones: longitud del cráneo (G-Op), ancho de cabeza (Eu-Eu) y altura de la cabeza (V-N). Para realizar la medición, se utilizó el software iQ-VIEW/ iQ-Lite. Se midieron un total de 27 cráneos de adultos con edades entre 45 y 71 años, todos ellos habitantes del estado de Guanajuato, México. Se calcularon los valores de media y desviación estándar. Se desarrolló un modelo predictivo utilizando regresión lineal múltiple, el cual, predice la distancia correspondiente a la altura de la cabeza (V-N) en relación con los regresores G-Op y Eu-Eu, obteniendo un valor de R cuadrada de 0.369. Se observaron correlaciones positivas entre las tres dimensiones craneofaciales.

Palabras clave— ANOVA, Antropometría, Procesamiento de imágenes médicas, Tomografía Computarizada.

I. INTRODUCCIÓN

Las lesiones en la cara, la cabeza y el cuello son relativamente comunes. La incidencia y la gravedad de las lesiones craneofaciales varían mucho dependiendo del tipo de lesión y de la gravedad de ésta, por ejemplo, en algunos países, los accidentes de tránsito son la causa más común de fracturas en la cabeza [1]. Por otro lado, los defectos craneofaciales pueden ocurrir por resorción ósea, infección, tumores o por pérdida traumática asociada con agresiones, accidentes de tránsito y deportes. La craneoplastia, o reconstrucción craneal posterior a dichos defectos, utiliza el empleo de implantes óseos para lograr la reparación. Sin embargo, dentro de los principales inconvenientes, se encuentra la complicada geometría que puede presentar el defecto [2].

Los recientes desarrollos en las reconstrucciones craneofaciales han mostrado avances importantes tanto en los materiales como en los métodos utilizados, sin embargo, los métodos convencionales de reconstrucción craneofaciales aún no logran imitar la compleja anatomía 3D y la biología de los tejidos nativos [3]. Por otro lado, el implante promedio no está diseñado para acomodar las variaciones específicas

cada paciente, por lo que el diseño de implantes personalizados representa un desafío reconstructivo importante debido a la dificultad de predecir la geometría faltante. Los modelos biométricos pueden potencialmente resolver este problema al transformar estadísticamente la forma promedio del cráneo y aplicar el modelo para predecir la anatomía faltante para generar implantes personalizados [4].

Existe una clara evidencia de variación entre las dimensiones craneales de diferentes poblaciones como coreanos, caucásicos, indios, entre otros [5-7]. Se afirma que las características raciales están mejor definidas en el cráneo [7]. Como resultado, las dimensiones craneales constituyen una de las propiedades más importantes para determinar parámetros antropométricos. Actualmente no existe un estudio que muestre un modelo estadístico para predecir dimensiones craneofaciales para la población del estado de Guanajuato, México.

El propósito de este estudio es generar modelos estadísticos predictivos de las dimensiones antropométricas de estructuras craneofaciales tridimensionales para el diseño de implantes óseos, basado en un conjunto de datos estadísticos de cráneos adultos tridimensionales de una muestra de adultos sanos del estado de Guanajuato, México.

II. METODOLOGÍA

A. Adquisición de imágenes TC

Las imágenes por Tomografía Computarizada (TC) fueron proporcionadas por el hospital Centro Médico Quirúrgico de Celaya en formato DICOM. Las imágenes debieron cumplir con los siguientes criterios de inclusión: que provinieran de cráneos de adultos sanos sin fracturas faciales ni deformidades. Los criterios de exclusión consideraron el tener fracturas faciales, defectos o deformidades postraumáticas, malformaciones congénitas o del desarrollo o asimetrías, o la presencia de implantes

La calidad de la exploración por TC fue, al menos, de HQ helicoidal, de 2.5×1.25 mm de colimación, 7.5 mm / rotación, 120 kVp, 200 mA, 1 segundo y el uso de un algoritmo STD / hueso. De un total de 100 cráneos, 27 con edades entre los 45 y 71 años correspondientes a la población del estado de Guanajuato en México, cumplieron los criterios

de inclusión y se utilizaron para el posterior análisis antropométrico.

B. Análisis Antropométrico

La técnica de medición utilizada en este estudio se basó en la medición bidimensional de los puntos antropométricos localizados en las imágenes de la tomografía computarizada tridimensional del rostro del paciente (ver Figura 1). Se utilizó el software iQ-VIEW/ iQ-Lite, el cuál es un software diseñado por radiólogos para el procesamiento de imágenes médicas. Se midieron tres dimensiones craneofaciales correspondientes a las distancias entre cinco puntos anatómicos antropométricos de referencia: Glabella, Vertex, Eurion, Nasion y Opisthocranion (ver Tabla 1). En la Tabla 2 se muestran los nombres de las dimensiones antropométricas craneofaciales [8-9].

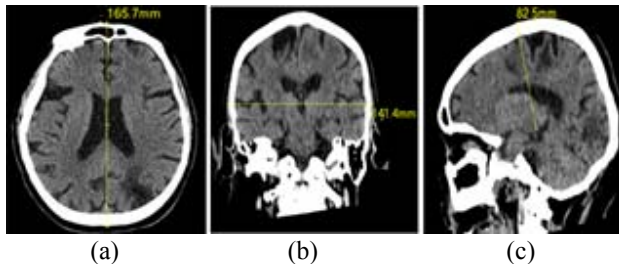


Fig. 1. Medición de la distancia entre los puntos antropométricos (a) G-Op de un corte axial, (b) Eu-Eu de un corte coronal, (c) V-N de un corte sagital de una tomografía computarizada bidimensional de cráneo.

TABLA 1. PUNTOS ANTROPOMÉTRICOS ANATÓMICOS.

Nº	Nombre	Abreviatura	Descripción
1	Eurion	Eu	El punto más lateral del hueso parietal
2	Vértex	V	Zona más elevada del cráneo, se sitúa cerca del centro de la sutura sagital.
3	Opisthocranion	Op	Parte más posterior del cráneo en el plano medio sagital
4	Glabella	G	La línea media más prominente entre las cejas
5	Nasion	N	Unión entre los huesos nasales y frontal, en la línea media de la sutura frontonasal

TABLA 2. MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS CRANEOFACIALES.

Nº	Dimensión antropométrica	Puntos Antropométricos de Referencia
1	Ancho de cabeza	Eu-Eu
2	Longitud de cráneo	G-Op
3	Altura de la cabeza	V-N

1	Ancho de cabeza	Eu-Eu
2	Longitud de cráneo	G-Op
3	Altura de la cabeza	V-N

C. Análisis Estadístico

Los datos fueron capturados en el software Excel® y luego migrados para su análisis estadístico en el software SPSSv17. Se realizó la búsqueda y el tratamiento de valores atípicos teniendo en cuenta los intervalos aceptables para cada dimensión. Se calculó la media aritmética, la desviación estándar, el mínimo y el máximo. Para el desarrollo de modelos predictivos de las dimensiones antropométricas, se aplicó el análisis de regresión lineal múltiple. Un valor de significancia de 0.05 fue utilizado para todos los análisis realizados.

III. RESULTADOS

A. Estadísticos descriptivos

De acuerdo a una muestra correspondiente a 27 estructuras craneofaciales de adultos sanos del estado de Guanajuato, se obtuvo un valor medio de la longitud de cráneo (G-Op) de 174.73 mm±5.2727, un valor medio del ancho de la cabeza (Eu-Eu) de 143.03 mm ± 4.2959 y una media de 84.01 mm ± 3.3223 correspondiente a la altura de la cabeza (V-N). En la Tabla 3 muestran los valores correspondientes a la media aritmética, la desviación estándar, el mínimo y el máximo.

TABLA 3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS ESTRUCTURAS CRANEOFACIALES.

Dimensiones	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
G-Op	27	163.40	182.70	174.7333	5.27279
Eu-Eu	27	134.40	152.10	143.0333	4.29597
V-N	27	78.90	91.30	84.0111	3.32234

B. Modelos predictivos

El análisis de los datos para la generación del modelo predictivo se realizó mediante un análisis de regresión lineal múltiple en el software SPSSv17 obteniendo la ecuación de predicción (1). Esta ecuación predice el resultado la altura de la cabeza (Eu-Eu) en función de las variables ancho de cabeza (Eu-Eu) y longitud de cráneo (G-Op). El modelo se obtuvo con un valor R cuadrado de 0.369 y una correlación positiva de 0.607. En la Tabla 4 se muestra un resumen de las propiedades del modelo predictivo generado.

$$-17.736 + 0.336*(G-Op) + 0.301*(Eu-Eu) = V-N \quad (1)$$

demuestra que los residuos están distribuidos aleatoriamente y tienen una varianza constante.

TABLA 4.
RESUMEN DEL MODELO PREDICTIVO

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	1	.607 ^a	.369	.316

a. Variables predictoras: (Constante), EuEu, GOP

El resultado del estudio de análisis de varianza (ANOVA) se muestra en la Tabla 5, en donde se demuestra que los factores comparados contra un valor alfa de 0.05 son significativos.

TABLA 5.
ANOVA^b CORRESPONDIENTE AL MODELO PREDICTIVO

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	105.766	2	52.883	7.004	.004 ^a
1 Residual	181.220	24	7.551		
Total	286.987	26			

a. Variables predictoras: (Constante), Eu-Eu, G-Op

b. Variable dependiente: V-N

A continuación se presenta el histograma de residuos (ver Figura 2), en donde se observa que los residuos se distribuyen de forma normal con una media cero, lo que indica que los datos no incluyen valores atípicos.

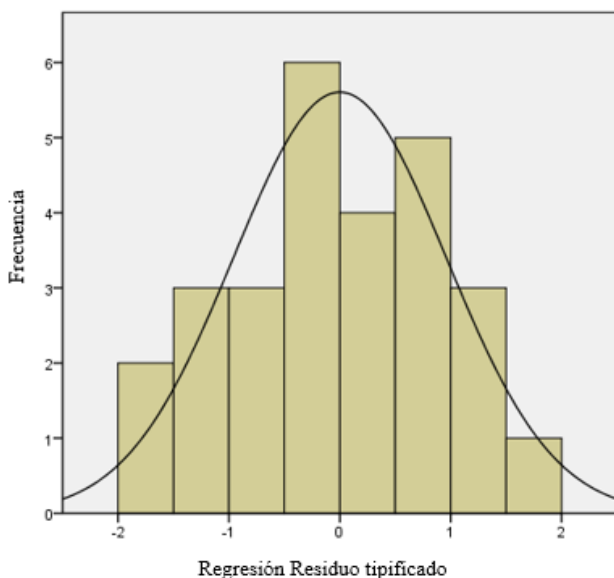


Fig. 2. Histograma de residuos.

En la Figura 3 muestra un gráfico de los residuos contra los valores predichos de la altura de la cabeza V-N, lo que

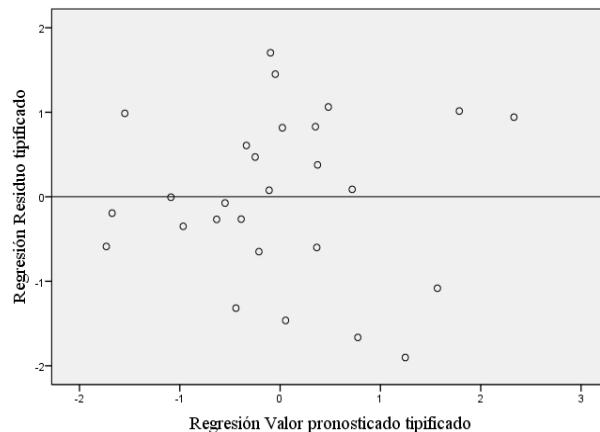


Fig. 3. Gráfico de residuos contra los valores predichos V-N.

IV. DISCUSIÓN

El presente estudio proporciona una serie de datos estadísticos relacionados con las principales dimensiones craneofaciales correspondientes a una muestra de adultos sanos del estado de Guanajuato, México y la correlación entre ellas (60.7%).

El modelo predictivo puede ser utilizado para estimar la altura de la cabeza (V-N) a partir de las dimensiones craneofaciales ancho de cabeza (Eu-Eu) y la longitud del cráneo (G-Op), el cual, puede servir como referencia para reconstruir la zona de daño en esta área mediante la aproximación estadística de las dimensiones reales del cráneo. Sin embargo, el análisis de regresión lineal múltiple mostró que existe diferencia entre los valores reales contra los valores pronosticados; por lo que es importante tener en consideración que la confiabilidad del modelo sólo contabiliza una varianza del 36.9%, lo que es bajo, pero significativo.

Mediante el histograma de residuos (Figura 2) se comprueba que los residuos se distribuyen de forma normal lo que indica que en los datos no se incluyen datos atípicos. El gráfico de los residuos contra los valores predichos (Figura 3) indica que no existe ningún patrón de comportamiento de los residuos respecto a la variable de respuesta V-N. Por lo tanto, en el modelo de regresión lineal múltiple propuesto, los regresores G-Op y Eu-Eu están linealmente relacionados con la variable de respuesta V-N, sin embargo es posible mejorar el modelo si se agregan un mayor número de variables significativas.

En términos de antropometría no es confiable estimar una dimensión “longitudinal” en función de otra “transversal”, por lo que resulta necesario mejorar el modelo agregando nuevos puntos antropométricos, así como el obtener una

muestra mayor de individuos para la estimación de los parámetros craneofaciales y mediante la incorporación de mediciones antropométricas manuales.

V. CONCLUSIÓN

Se observó una correlación positiva entre las dimensiones craneofaciales. Se generó un modelo de regresión lineal múltiple para la predicción de la altura de la cabeza (V-N) a partir de las dimensiones longitud de cráneo (G-Op) y ancho de cabeza (Eu-Eu). Las dimensiones craneales proporcionan un medio significativo para estimar las dimensiones de la geometría faltante de un individuo al sufrir un trauma, lo que facilitará al cirujano el diseño de implantes personalizados al utilizar los datos de la presente investigación como referencia estadística. El modelo predictivo derivado de este estudio podrá ser utilizado para el diseño de implantes óseos craneales, sin embargo, dentro de las limitantes del modelo resulta el hecho de que fue desarrollado utilizando una muestra pequeña de individuos. Como mejora y continuación de esta investigación, se recomienda agregar un número mayor de mediciones, las cuales podrían realizarse de manera manual agregando al menos 10 puntos antropométricos craneofaciales.

RECONOCIMIENTOS

El autor agradece a CONACYT por la beca de posgrado con número de convenio 474489, proporcionada para realizar la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Ward Booth, B. Eppley y R. Schmelzeisen, *Maxillofacial Trauma and Esthetic Facial Reconstruction*, 2nd Edition, St. Louis, Missouri: Saunders, 2016.
- [2] C. Díaz; R. García; G. Santacruz; G. Aguilar, "Craneoplastia con implante de titanio individualizado mediante tecnología CAD/CAM", *Implantol Act*, vol 12, no. 24, pp. 4-7, 2016.
- [3] D. O. Visscher, E. Farré-Guasch, M. N. Helder, S. Gibbs, T. Forouzanfar, P. P. van Zuijlen y J. Wolff, "Advances in Bioprinting Technologies for Craniofacial Reconstruction," *Trends Biotechnol.*, vol. 34, no. 9, pp. 700–710, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2016.04.001>
- [4] T. Teshima, V. Patel, J. Mainprize, G. Edwards y O. Antonyshyn, "Three-Dimensional Statistical Average Skull: Application of Biometric Morphing in Generating Missing Anatomy," *J. Craniofac. Surg.*, vol. 26, no. 5, pp. 1634–1638, 2015. DOI: 10.1097 / SCS.0000000000001869
- [5] Y. Hwang, K. H. Lee, B. Choi, K. S. Lee, H. Y. Lee, W. S. Sir, "Study on the Korean adult cranial capacity", *J. Korean Sci.*, vol. 10, pp. 239-42, 1995.
- [6] K. Y. Manjunath, "Estimation of cranial volume-an overview of methodologies". *J. Anat. Soc. India*, vol. 51, pp. 85-91, 2002b.
- [7] K. Krishan, "Anthropometry in Forensic Medicine and Forensic Science-Forensic Anthropometry". *Int. J. Foren. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8, 2007.
- [8] R. Ward, P. Jamison, "Measurement precision and reliability in craniofacial anthropometry: implications and suggestions for clinical applications", *J Craniofac Genet Dev Biol.*, vol. 11, no. 3, pp. 156-64, 1991.
- [9] J. B. Droessler, *Craniometry and Biological Distance: Biocultural Continuity and Change at the Late-Woodland-Mississippian Interface*, Evanston, Illinois: Center for American Archaeology Research Series, 1981.