



Facultad de Ciencias de la Salud

Especialidad de Ortodoncia

Tema:

Evaluación del espesor de la cresta ósea infracigomática, en patrones craneofaciales con tomografía computarizada de haz cónico.

**Tesis para la obtención del Título de
“Especialista en Ortodoncia”**

Presentado por:

Gabriela Yolanda García Campaña

Tutor:

Dra. Krisnaya Muñoz

Quito, marzo de 2026

Resumen

El éxito y la estabilidad primaria de los microtornillos en ortodoncia dependen intrínsecamente de la calidad y cantidad ósea del sitio receptor, siendo la cresta infracigomática (IZC) una zona de elección crítica que, no obstante, presenta desafíos anatómicos significativos relacionados con la proximidad del seno maxilar. Con el objetivo de establecer parámetros de seguridad clínica fundamentados en la evidencia, se desarrolló un estudio observacional, descriptivo y transversal, basado en el análisis tomográfico de 90 volúmenes obtenidos mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) de pacientes ecuatorianos, clasificados equitativamente por sexo y patrón craneofacial. Mediante el uso de un software especializado, se siguieron protocolos de medición estandarizados, se cuantificó la altura de la cresta (X0) y el espesor óseo a niveles de 2 mm, 4 mm y 6 mm apicales a la cresta alveolar, correlacionando estas variables con el biotipo facial, la edad y el género. Los resultados revelaron que la disponibilidad ósea no es uniforme, debido a una reducción progresiva del espesor cortical a medida que aumenta la altura vertical de inserción, confirmando que las zonas más basales (X2) ofrecen mayor seguridad que las apicales (X6). El hallazgo más relevante indicó que el patrón craneofacial actúa como un determinante morfológico crítico; los pacientes braquifaciales presentaron dimensiones óseas significativamente superiores en altura y grosor en comparación con los sujetos dolicofaciales, quienes mostraron las estructuras más limitadas y, por ende, mayor riesgo de complicaciones sinusales. Asimismo, se observó una correlación inversa entre la edad y la densidad dimensional ósea, particularmente en el lado derecho, donde los pacientes mayores de 30 años exhibieron una reducción de tejido óseo frente a los grupos más jóvenes, mientras que el dimorfismo sexual fue menos prevalente, este manifestó únicamente una ligera superioridad en las dimensiones del lado izquierdo en mujeres. En conclusión, la simetría bilateral observada valida la planificación clínica simultánea, pero la variabilidad

interindividual dictada por el patrón facial y la edad exige el abandono de protocolos de inserción estandarizados en favor de una planificación tomográfica individualizada, esto prioriza inserciones más coronales en pacientes dolicofaciales y de edad avanzada para garantizar la viabilidad biomecánica del anclaje esquelético.

Palabras clave: cresta infracigomática, tomografía, análisis cefalométrico, minitornillos, patrón esquelético.

Declaración de Aceptación de Norma Ética y Derecho

El presente documento se ciñe a las normas éticas y reglamentarias de la Universidad Hemisferios. Así, declaro que lo contenido en este ha sido redactado con entera sujeción al respeto de los derechos de autor, citando adecuadamente las fuentes. Por tal motivo, autorizo a la Biblioteca a que haga pública su disponibilidad para lectura dentro de la institución, a la vez que autorizo el uso comercial de mi obra a la Universidad Hemisferios, siempre y cuando se me reconozca el cuarenta por ciento (40%) de los beneficios económicos resultantes de esta explotación.

Además, me comprometo a hacer constar, por todos los medios de publicación, difusión y distribución, que mi obra fue producida en el ámbito académico de la Universidad Hemisferios.

De comprobarse que no cumplí con las estipulaciones éticas, incurriendo en caso de plagio, me someto a las determinaciones que la propia Universidad plantee.

García Campaña Gabriela Yolanda

C.I: 1718902701

Dedicatoria

A mis amados hijos Martín y Rebeca, por ser la fuente de inspiración más grande y la razón de cada esfuerzo en mi vida.

A mi familia y amigos, por su constante apoyo, comprensión y aliento durante este proceso.

A mí misma, por no rendirme, por confiar en mis capacidades y por mantener viva la esperanza de llegar a esta meta.

Y a mis maestros, que con su sabiduría y ejemplo dejaron huellas imborrables en mi formación y en mi vida.

ÍNDICE

Índice de Tablas	7
Índice de Gráficos	8
Resumen	9
Introducción.....	13
Marco Referencial.....	16
Metodología.....	23
Resultados.....	28
Discusión	33
Conclusión.....	35
Referencias	36

Índice de Tablas

Tabla 1	Distribución de la muestra por sexo y patrón facial	28
Tabla 2	Análisis de altura y espesor óseo de IZC	29
Tabla 3	Análisis comparativo de altura y espesor óseo de IZC por sexo	30
Tabla 4	ANOVA de un factor para lado izquierdo	30
Tabla 5	Influencia del patrón facial en la altura y espesor óseo de la IZC.	31
Tabla 6	Análisis descriptivo de altura y espesor óseo de la IZC, por grupo etario	31
Tabla 7	Análisis comparativo bilateral de altura y espesor óseo de IZC	32

Índice de Gráficos

Figura 1 Posicionamiento y medición de cresta infracigomática	26
--	----

Evaluación del espesor de la cresta ósea infracigomática, en patrones craneofaciales con tomografía computarizada de haz cónico.

Gabriela Yolanda García Campaña Universidad Hemisferios
gygarcia@estudiantes.uhemisferios.edu.ec

Resumen

El éxito y la estabilidad primaria de los microtornillos en ortodoncia dependen intrínsecamente de la calidad y cantidad ósea del sitio receptor, siendo la cresta infracigomática (IZC) una zona de elección crítica que, no obstante, presenta desafíos anatómicos significativos relacionados con la proximidad del seno maxilar. Con el objetivo de establecer parámetros de seguridad clínica fundamentados en la evidencia, se desarrolló un estudio observacional, descriptivo y transversal, basado en el análisis tomográfico de 90 volúmenes obtenidos mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) de pacientes ecuatorianos, clasificados equitativamente por sexo y patrón craneofacial. Mediante el uso de un software especializado, se siguieron protocolos de medición estandarizados, se cuantificó la altura de la cresta (X0) y el espesor óseo a niveles de 2 mm, 4 mm y 6 mm apicales a la cresta alveolar, correlacionando estas variables con el biotipo facial, la edad y el género. Los resultados revelaron que la disponibilidad ósea no es uniforme, debido a una reducción progresiva del espesor cortical a medida que aumenta la altura vertical de inserción, confirmando que las zonas más basales (X2) ofrecen mayor seguridad que las apicales (X6). El hallazgo más relevante indicó que el patrón craneofacial actúa como un determinante morfológico crítico; los pacientes braquifaciales presentaron dimensiones óseas significativamente superiores en altura y grosor en comparación con los sujetos dolicofaciales, quienes mostraron las estructuras más limitadas y, por ende, mayor riesgo de complicaciones sinusales. Asimismo, se observó una correlación inversa entre la edad y la densidad dimensional ósea, particularmente en el lado derecho, donde los pacientes mayores

de 30 años exhibieron una reducción de tejido óseo frente a los grupos más jóvenes, mientras que el dimorfismo sexual fue menos prevalente, este manifestó únicamente una ligera superioridad en las dimensiones del lado izquierdo en mujeres. En conclusión, la simetría bilateral observada valida la planificación clínica simultánea, pero la variabilidad interindividual dictada por el patrón facial y la edad exige el abandono de protocolos de inserción estandarizados en favor de una planificación tomográfica individualizada, esto prioriza inserciones más coronales en pacientes dolicofaciales y de edad avanzada para garantizar la viabilidad biomecánica del anclaje esquelético.

Palabras clave: cresta infracigomática, tomografía, análisis cefalométrico, minitornillos, patrón esquelético.

Abstract

The success and primary stability of orthodontic miniscrews are intrinsically dependent on the quality and quantity of bone at the recipient site. The infrazygomatic crest (IZC) is considered a critical area of choice for skeletal anchorage; however, it presents significant anatomical challenges due to its proximity to the maxillary sinus. In order to establish evidence-based clinical safety parameters, an observational, descriptive, and cross-sectional study was conducted based on the tomographic analysis of 90 volumes obtained through cone-beam computed tomography (CBCT) from Ecuadorian patients, equally classified by sex and craniofacial pattern. Using specialized software and standardized measurement protocols, crest height (X0) and bone thickness were quantified at 2 mm, 4 mm, and 6 mm apical to the alveolar crest. These variables were correlated with facial biotype, age, and sex. The results revealed that bone availability is not uniform, showing a progressive reduction in cortical thickness as the vertical insertion height increases. This finding confirms that more coronal zones (X2) provide greater safety compared to more apical levels (X6). The most relevant finding indicated that craniofacial pattern acts as a critical morphological determinant. Brachyfacial patients presented significantly greater bone height and thickness compared to dolichofacial subjects, who exhibited the most limited structures and, consequently, a higher risk of sinus complications. Additionally, an inverse correlation between age and bone dimensional density was observed, particularly on the right side, where patients older than 30 years showed reduced bone tissue compared to younger groups. Sexual dimorphism was less prevalent, manifesting only as a slight superiority in left-side dimensions among females. In conclusion, the observed bilateral symmetry supports simultaneous clinical planning. However, the interindividual variability dictated by facial pattern and age necessitates abandoning standardized insertion protocols in favor of

individualized tomographic planning. This approach prioritizes more coronal insertions in dolichofacial and older patients to ensure the biomechanical viability of skeletal anchorage.

Keywords: infrazygomatic crest, cone-beam computed tomography, cephalometric analysis, miniscrews, skeletal pattern.

Introducción

En la actualidad, el uso del anclaje esquelético representa una técnica altamente versátil en ortodoncia, ya que permite abordar con éxito casos clínicos complejos. Entre sus principales aplicaciones se incluyen la distalización completa de las arcadas dentales, la intrusión de dientes anteriores y posteriores, así como el logro de un anclaje máximo en tratamientos con extracciones. Estos procedimientos se realizan mediante mini-implantes, los cuales proporcionan puntos de apoyo estables que permiten aplicar fuerzas de manera localizada o segmentada, sin depender de otros dientes. Esto reduce la pérdida de anclaje y minimiza los efectos no deseados sobre las piezas adyacentes (Kyung, Ly y Hong, 2017).

Dentro de los principales sitios anatómicos utilizados para la colocación de mini-implantes se encuentran: la región palatina del maxilar, la cresta infracigomática y la plataforma bucal mandibular, comúnmente conocida en la literatura como “buccal shelf” (Liou et al., 2007). La cresta infracigomática (IZC) es una zona anatómica situada en el contrafuerte cigomático, a nivel de los primeros y segundos molares superiores. Esta región se encuentra entre las raíces vestibulares y la cortical vestibular del maxilar superior, y está conformada por tejido óseo cortical y medular. Su límite superior está determinado por el hueso cortical del seno maxilar (Baumgaertel y Hans, 2009; Chang et al., 2007).

Es fundamental conocer las características anatómicas de esta zona para determinar con precisión el sitio de colocación de los mini-implantes. En relación con esto, ya se han llevado a cabo diversas investigaciones. Por ejemplo, Uribe (2015) trató este tema y reportó una tasa de fracaso del 21.8 % en mini-implantes ubicados en la región infracigomática. Este resultado es similar al encontrado por Gill et al. (2023), quienes informaron una tasa de fracaso del 28.1 %. Estos estudios indican que el éxito o fracaso de los mini-implantes en

distintas áreas del maxilar está influenciado por diversos factores, como la contaminación del implante, la higiene deficiente en el sitio de inserción y las dimensiones óseas.

En un inicio, las recomendaciones para colocar mini-implantes en la IZC se basaban en estudios realizados en poblaciones asiáticas. Sin embargo, investigaciones más recientes han revelado diferencias anatómicas entre grupos étnicos, lo que resalta la necesidad de analizar estas características en poblaciones locales para determinar sitios de inserción seguros y apropiados (Agudelo Botero, 2019).

Asimismo, se ha reportado variabilidad en la posición anatómica de la IZC dependiendo de la edad del paciente. En jóvenes, esta estructura suele localizarse entre el segundo premolar y el primer molar superior, presentando un mayor grosor óseo. En adultos, en cambio, la IZC se encuentra a partir del primer molar superior y en una posición más alta (Arango et al., 2021).

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha convertido en una herramienta clave para un diagnóstico preciso, ya que ofrece imágenes tridimensionales que permiten identificar con exactitud el sitio de inserción, evaluar la cercanía a estructuras anatómicas importantes como raíces dentales o nervios, y a medir con precisión las dimensiones óseas (Smith et al., 2022).

El conocimiento detallado de la cresta infracigomática, especialmente de su grosor y altura, resulta esencial para la colocación precisa de mini-implantes y la aplicación de fuerzas adaptadas a cada paciente. El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) aporta imágenes tridimensionales que mejoran la planificación y el diagnóstico, reduciendo riesgos. De esta manera, la investigación contribuye a la práctica ortodóntica al asegurar un anclaje estable y seguro, favoreciendo resultados clínicos más efectivos.

Por tanto, este estudio tiene como objetivo analizar el espesor de la cresta ósea infracigomática en relación con distintos patrones faciales, utilizando imágenes obtenidas mediante CBCT.

Marco Referencial

Los patrones craneofaciales constituyen una clasificación morfológica del cráneo y la cara basada en la disposición y proporción de sus estructuras óseas. Esta clasificación es fundamental en disciplinas como la ortodoncia, la cirugía maxilofacial y la antropología, ya que permite establecer diagnósticos y planes de tratamiento adecuados en función de las características anatómicas del paciente (Proffit et al., 2019).

En términos generales, los patrones craneofaciales se analizan desde tres planos: sagital, vertical y transversal. En el plano sagital, los patrones más comunes son el Clase I normoclusión, Clase II retrognatismo mandibular y Clase III prognatismo mandibular, definidos según la relación anteroposterior entre el maxilar y la mandíbula (Graber et al., 2017). En el plano vertical, se evalúa la altura facial, distinguiendo entre patrones dolicofaciales (cara alargada), mesofaciales (proporciones equilibradas) y braquifaciales (cara corta) (Enlow y Hans, 2008). El plano transversal contempla desviaciones o asimetrías laterales que pueden indicar discrepancias en el crecimiento o alteraciones funcionales (Behrents, 2013).

El estudio de estos patrones se apoya en técnicas como la cefalometría lateral, que permite medir ángulos y proporciones craneofaciales, así como en tecnologías de imagen tridimensional (3D), cada vez más utilizadas por su precisión diagnóstica (Kapila et al., 2011). Comprender los patrones craneofaciales es esencial para anticipar problemas funcionales o estéticos y guiar el desarrollo facial, especialmente durante el crecimiento y desarrollo en pacientes pediátricos (Mossey, 1999).

Los patrones craneofaciales que se conocen en el plano sagital, donde se evalúa la relación anteroposterior entre el maxilar superior y la mandíbula, se clasifican de la siguiente manera. El patrón Clase I normoclusión, es la relación sagital equilibrada, donde el maxilar y

la mandíbula están en armonía. Clínicamente, los primeros molares permanentes superiores ocluyen en una relación funcional ideal con los inferiores. Este patrón suele asociarse con estética facial favorable y buena función (Proffit et al., 2019). El patrón Clase II, caracterizado por una mandíbula que se encuentra retrusiva en relación con el maxilar, o por un maxilar superior adelantado. En estos casos, puede observarse un perfil convexo, labio superior prominente y mentón débil. Es frecuente en pacientes con hábitos orales prolongados o predisposición genética (Graber et al., 2017). El patrón Clase III, donde se encuentra una mandíbula adelantada o un maxilar deficiente. Se asocia con un perfil cóncavo, mordida cruzada anterior y mayor prominencia del mentón. En muchos casos, tiene un componente hereditario importante (Enlow y Hans, 2008).

Los patrones faciales en el plano vertical, se refiere a la altura facial total y la proporción entre sus tercios, superior, medio e inferior. Patrón dolicofacial, crecimiento vertical individuos con este patrón tienen una cara alargada y estrecha. Presentan una rotación mandibular hacia abajo y atrás, con ángulos mandibulares abiertos, labios delgados y tendencia a mordida abierta anterior. Está vinculado a desequilibrios musculares y respiración bucal (Behrents, 2013). Patrón mesofacial, crecimiento equilibrado, representa el patrón armónico, con proporciones faciales equilibradas. Las líneas faciales suelen ser rectas o levemente convexas, con buena estética y función. Es considerado el patrón ideal desde el punto de vista ortodóncico y estético (Proffit et al., 2019). Patrón braquifacial, crecimiento horizontal, corresponde a una cara ancha y corta, con tendencia a crecimiento horizontal, un ángulo mandibular cerrado, mentón prominente y fuerza masticatoria aumentada. Hay menor tendencia a mordida abierta y mayor a mordida profunda (Graber et al., 2017).

Los dispositivos de anclaje temporal, comúnmente conocidos como mini-implantes, también reciben otras denominaciones como mini tornillos, micro implantes, mecanismos de

anclaje temporal, sistemas de anclaje esquelético (SAS) o aparatos temporales de anclaje TADs, por sus siglas en inglés. Sin embargo, debido a su simplicidad, el término “mini-implantes” es el más utilizado a nivel internacional. Aunque inicialmente fueron desarrollados con fines protésicos, estos dispositivos se han adaptado para su uso en tratamientos ortodónticos, actuando como un sistema de anclaje durante un período específico del tratamiento. En el simposio de la American Association of Orthodontics (AAO) celebrado en 2004, se introdujo formalmente el término TADs (Temporary Anchorage Devices) para referirse específicamente a estos anclajes utilizados en movimientos ortodónticos controlados (Cope, 2005).

Los mini-implantes pueden clasificarse según distintos criterios, como el material de fabricación, las dimensiones, los componentes y el método de inserción. En cuanto al material, los más comunes están hechos de titanio tipo V debido a su alta biocompatibilidad y frecuente uso clínico. También existen modelos fabricados en acero inoxidable y polímeros biodegradables como el ácido láctico-glicólico, los cuales se degradan lentamente en el organismo. En relación con su método de inserción, se encuentran los autorroscantes, que requieren una perforación previa con una fresa para formar un canal en el hueso. Este tipo se emplea comúnmente con mini-tornillos de pequeño diámetro o de titanio puro de baja aleación (Cozzani et al., 2020). Por otro lado, los autoperforantes son capaces de generar su propia cavidad de inserción, siendo ideales para tornillos de mayor diámetro o fabricados con aleaciones más resistentes de titanio. Este tipo de tornillo presenta una punta y una rosca más afiladas, lo que facilita su inserción, pero también incrementa el riesgo de contacto con estructuras radiculares, especialmente si se utilizan dispositivos con diámetros superiores a 1.5 mm (Melsen & Verna, 2021). En cuanto a las dimensiones, los mini-implantes pueden presentar diámetros de 1 mm, 1.5 mm o 2 mm, y longitudes que varían entre 6 mm y 17 mm, dependiendo de la zona anatómica y del objetivo del tratamiento ortodóntico. Estos

dispositivos constan de tres componentes principales: la porción intraósea o cuerpo, que es la parte que se introduce en el hueso y permite la fijación del tornillo. El cuello transmucoso, cuya longitud y angulación varían con el fin de proteger la mucosa oral. La cabeza ortodóncica, que es la parte visible en la cavidad oral y puede presentar distintos diseños según el sistema utilizado (Gutiérrez et al., 2014).

El anclaje, en ortodoncia, se refiere a la capacidad de oponerse al movimiento frente a una fuerza aplicada. Su relevancia se basa en la tercera ley de Newton, que indica que “a toda acción le corresponde una reacción de igual magnitud y en dirección opuesta”. Esto implica que cada vez que se ejerce fuerza sobre un grupo de dientes, se genera una fuerza contraria. Los dispositivos de anclaje tienen la función de evitar que ciertos dientes se desplacen, permitiendo así el movimiento de otros. El movimiento de los dientes está influido por múltiples factores, tanto de naturaleza biológica como mecánica. Entre ellos se incluyen el tipo de fuerza aplicada en relación al centro de resistencia, el estrés generado en el ligamento periodontal, la reacción inflamatoria, así como las características del hueso, en cuanto a calidad y cantidad. Para un control eficaz del anclaje, se pueden utilizar diferentes estructuras anatómicas como soporte, tales como los dientes, el paladar duro, el hueso alveolar, el hueso occipital (Kyung et al, 2017).

La cresta infracigomática (IZC) es una prominencia ósea ubicada en la región posterior del maxilar superior, entre las raíces de los primeros y segundos molares superiores, por debajo del arco cigomático. Esta zona se ha convertido en un sitio clave para la colocación de mini-implantes extraalveolares debido a su accesibilidad, densidad ósea y ubicación favorable para generar fuerzas ortodóncicas eficaces (Chang et al., 2007).

Diversos estudios han demostrado que existen variaciones anatómicas en la cresta ósea infracigomática (IZC), las cuales parecen estar relacionadas con factores como el sexo, el patrón facial y la clase esquelética. Aunque se ha identificado cierto dimorfismo sexual en la morfología del cráneo y la estructura del hueso cigomático entre hombres y mujeres, la evidencia disponible es contradictoria y no permite establecer conclusiones definitivas (Arango, 2022; Song et al., 2010).

La anatomía de la cresta infracigomática influye directamente en la elección del sitio y la técnica de inserción de los mini-implantes utilizados en ortodoncia. Debido a que esta zona está conformada por la cortical vestibular y el piso del seno maxilar, permite una inserción bicortical que favorece la estabilidad del anclaje. Este soporte óseo robusto convierte a la cresta infracigomática en una región especialmente adecuada para la colocación de mini-implantes (Pérez Yáñez, Sigüencia Cruz y Bravo Calderón, 2014).

En cuanto a su anatomía y características óseas un estudio reciente indicó que la mayor profundidad ósea (10.72 mm) se encuentra a 13 mm por encima del plano oclusal maxilar, en la raíz mesiobucal del segundo molar superior, recomendando una inclinación de inserción de 70° en sentido gingival y 30° en dirección distal. Asimismo, se ha demostrado que la morfología de la IZC varía con el patrón facial: individuos con patrón hipodivergente presentan mayor profundidad ósea y longitud de cresta, lo cual favorece la estabilidad de los mini-implantes (Song et al., 2010).

El espesor óseo en esta región presenta variaciones según la altura desde la cresta alveolar. Rosales (2019) reportó que, a 2 mm, 4 mm y 6 mm de la cresta alveolar, el espesor promedio fue de 9,2 mm, 8,3 mm y 6,6 mm respectivamente, destacando la importancia de una planificación precisa mediante estudios por imágenes. De forma complementaria, Sadek et al. (2015) señalaron que el grosor óseo en la IZC puede oscilar entre 0,9 mm y 7,4 mm, lo

que refleja una alta variabilidad interindividual. Por su cercanía al seno maxilar, es fundamental realizar una evaluación cuidadosa a través de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), con el fin de prevenir riesgos como la perforación sinusal y garantizar una inserción segura (De Clerck et al., 2009).

La IZC permite movimientos complejos como la distalización masiva del arco maxilar, sin interferencia con las raíces dentarias, gracias a su localización extraalveolar. En un estudio clínico, se logró una distalización promedio de 4 mm y una intrusión de 1.2 mm de los primeros molares, con una duración media del tratamiento de 7.7 meses (Rosa et al., 2023).

Una revisión sistemática analizó 1,238 mini-implantes colocados en la IZC y reportó una tasa promedio de fracaso del 9.45%. Las causas principales incluyeron el ángulo de inserción inapropiado, la movilidad temprana del tornillo y la proximidad al seno maxilar (Nandan et al., 2023). El fracaso de los mini-implantes ortodónticos puede atribuirse a diversos factores biológicos, técnicos y relacionados con el paciente. Entre los factores biológicos más relevantes se encuentran la baja densidad ósea, la inflamación de los tejidos periimplantarios y el movimiento excesivo del implante en las primeras fases tras su colocación (Papageorgiou et al., 2023). Desde el punto de vista técnico, la mala elección del sitio de inserción, un diseño inadecuado del implante o errores en la técnica quirúrgica pueden comprometer la estabilidad del dispositivo (Kakali et al., 2019). Por otro lado, factores propios del paciente, como una higiene oral deficiente, el tabaquismo o condiciones sistémicas como la diabetes mal controlada, también aumentan el riesgo de fracaso del mini-implante (Papageorgiou et al., 2023).

El uso de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta diagnóstica en odontología, firmemente respaldado. Santos González (2018) analizó CBCT

de 40 pacientes adultos y determinó que el grosor promedio de la cresta infracigomática fue de 2,49 mm a 2 mm por encima de la raíz distovestibular del primer molar, y de 2,29 mm a 4 mm sobre la misma referencia anatómica. De forma complementaria, Murugesan y Sivakumar (2020) evaluaron el espesor óseo en esta zona mediante CBCT y concluyeron que la región más adecuada para la inserción de miniimplantes se encuentra entre 12 y 17 mm por encima del plano oclusal, con un ángulo de inserción entre 65° y 70°, evitando así afectar estructuras anatómicas adyacentes. Asimismo, señalaron que la longitud óptima de los miniimplantes en la población dolicofacial debe estar entre los 9 y 11 mm. Además, el uso de guías quirúrgicas impresas en 3D ha mostrado reducir significativamente los errores de inserción y mejorar la predictibilidad clínica (Bellocchio et al., 2022).

Metodología

Este es un estudio de tipo observacional, descriptivo y transversal, que se basó en el análisis tomográfico mediante imágenes obtenidas por tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para evaluar el espesor de la cresta ósea infracigomática en diferentes patrones craneofaciales. Se realizó empleando la base de datos de tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) del banco de tomografías de la Universidad Hemisferios, de la ciudad de Quito, Pichincha, Ecuador.

La muestra se conformó mediante un muestreo por conveniencia, de acuerdo con la disponibilidad de estudios tomográficos que cumplieron los criterios de inclusión y calidad diagnóstica y basada en estudios previos sobre la variabilidad del espesor óseo en la IZC, considerando un total de 90 CBCT para garantizar su representatividad, de acuerdo con la metodología de Agudelo, 2019. Se incluyó CBCT de cabeza completa, imágenes con buena calidad que incluyan claramente la región de la cresta infracigomática, CBCT de pacientes de ambos sexos, con diferentes patrones craneofaciales, dolicofacial, mesofacial y braquifacial y se excluyeron CBCT de pacientes con antecedentes de cirugía maxilofacial en la zona de estudio, presencia de patologías óseas que modifiquen la morfología, como quistes, tumores, inflamación activa y pacientes con ausencia de segundos molares superiores.

Como variable dependiente se determinó el espesor óseo de la cresta infracigomática (medido en milímetros). Como variables independientes: patrón craneofacial, dolicofacial, mesofacial y braquifacial, sexo del paciente, edad y localización anatómica específica a nivel del segundo molar superior.

Se obtuvieron 90 CBCT, del banco de tomografías de la Universidad Hemisferios. Las mismas que cuentan con una carta de donación del Posgrado de Ortodoncia de la

Universidad Hemisferios en la que se indica que fueron usadas como material investigativo. Las tomografías computarizadas (CBCT) fueron proporcionadas de forma anonimizada, garantizando la confidencialidad de los pacientes, conforme a las recomendaciones éticas en estudios retrospectivos con imágenes médicas (Agudelo, 2019).

Este proyecto, previo a su ejecución, presentó una Solicitud de Exención de Evaluación a un Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos de la Universidad Hemisferios, donde fue evaluado y aprobado bajo el formulario N.º CEUHE25-179, por ser un estudio sin riesgo para los sujetos participantes en la investigación y que no requiere de consentimiento informado, ya que no se usaron datos personales ni sensibles, ni muestras biológicas humanas, y se utilizaron datos abiertos.

El equipo que se utilizó es de marca Planmeca ProMax 3D Mid de 120kv, 3.3m. Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), con resolución isotrópica y parámetros estándar para imagen maxilofacial.

Se manejó un programa de visualización y análisis volumétrico de archivos DICOM como NemoTec (NemoCeph Dental Studio), para realizar mediciones precisas del espesor óseo. Los datos obtenidos fueron recolectados y organizados en Microsoft Excel, y posteriormente fueron analizados estadísticamente mediante el software IBM SPSS Statistics. La investigadora se capacitó en el uso del software NemoStudio versión 2023, bajo la asesoría de la Lcda. Soledad Castellano.

Para asegurar la validez de las mediciones, se seleccionaron cinco CBCT que cumplieran con los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos. Estas imágenes fueron tomadas bajo condiciones estandarizadas y aleatorias. Se realizó un proceso de calibración intraobservador e interobservador utilizando la herramienta de reconstrucción

multiplanar (MPR) del software. Inicialmente, el profesional especializado realizó los cortes e interpretaciones digitales; posteriormente, la investigadora repitió el procedimiento con las mismas tomografías. Transcurridos cinco días, la investigadora replicó el análisis sobre las mismas imágenes con el fin de evaluar la consistencia intraobservador. El coeficiente de correlación intraclase será utilizado para determinar el nivel de concordancia, considerándose adecuado un valor igual o superior a 0.8, siguiendo las recomendaciones metodológicas para estudios de confiabilidad en mediciones radiográficas (Agudelo, 2019).

Las mediciones se realizaron en los cuatro planos de visualización que ofrece el software: axial, sagital, coronal y tridimensional (3D). A partir de las CBCT, se generaron imágenes cefálicas laterales en formato JPG. Con estas imágenes, se llevó a cabo un análisis cefalométrico de Jarabak, mediante el software NemoCeph Dental Studio (NemoTec, 2023), a fin de determinar el patrón facial. Con base en estos criterios, la muestra se clasificó en tres grupos para los patrones faciales, dolicofacial, mesofacial y braquifacial, para un análisis más detallado, divididos en 30 tomografías de pacientes dolicofaciales, 30 tomografías de pacientes mesofaciales, 30 tomografías de pacientes braquifaciales, los cuales se subdividieron en 15 tomografías de hombres y 15 tomografías de mujeres por grupo.

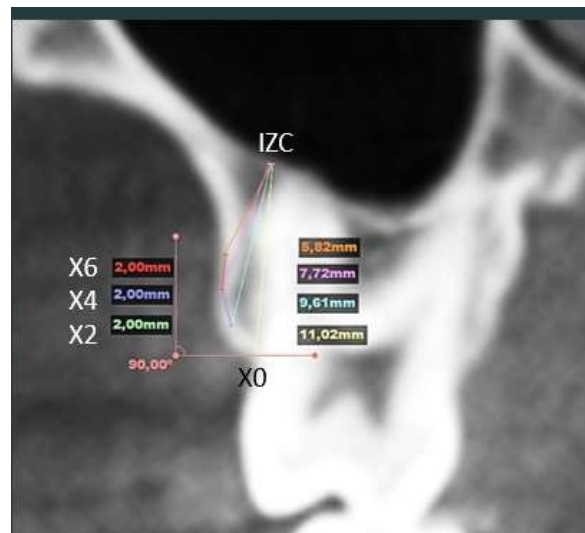
La alineación del complejo maxilofacial se llevó a cabo situando la imagen volumétrica en la vista coronal, rotándola hasta hacer coincidir los bordes inferiores de las cavidades orbitarias con el eje horizontal del plano de coordenadas. En la vista axial, se alineó el eje con la espina nasal anterior para estandarizar la orientación espacial, siguiendo protocolos de alineación utilizados en estudios previos sobre la cresta infracigomática (Agudelo, 2019).

La medición del grosor y altura ósea en la región de la cresta infracigomática siguió el protocolo descrito por Agudelo (2019). Se trazó un ángulo recto (90°), alineando el lado

vertical de manera paralela al borde lateral de la ventana del corte transaxial, y posicionando el lado horizontal tangente al punto más inferior de la cresta alveolar. Posteriormente, se dibujó una línea desde dicha cresta alveolar, pasando tangente a la raíz mesiovestibular del segundo molar superior, hasta interceptar el piso del seno maxilar. Este punto de intersección se definió como CIZ. El punto X0 corresponde a la intersección entre esta línea y el plano horizontal sobre la cresta alveolar.

Figura 1

Posicionamiento y medición de cresta infracigomática



Nota. Adaptado de Agudelo Botero (2019) y tomografías del presente estudio.

La altura vertical ósea fue determinada midiendo la distancia entre los puntos IZC y X0 (en milímetros). A partir de X0, se avanzó en dirección cefálica sobre el contorno de la cortical vestibular en incrementos de 2 mm para localizar los puntos: X2 (a 2 mm de X0), X4 (a 4 mm de X0), X6 (a 6 mm de X0). Se registraron las siguientes distancias lineales desde el punto IZC hacia cada uno de estos puntos: IZC-X2 (distancia 2 mm), IZC-X4 (distancia 4 mm), IZC-X6 (distancia 6 mm). Estas mediciones permitieron cuantificar el grosor óseo en diferentes niveles cefálicos, lo cual es fundamental para la planificación de anclajes ortodónticos (Agudelo, 2019).

Se recopilaron datos clínicos y demográficos relevantes, tales como edad, sexo y patrón facial. Esta información se registró en hojas de cálculo para su posterior análisis estadístico, siguiendo las prácticas recomendadas en estudios de ortodoncia (Proffit et al., 2019). Los datos fueron organizados, tabulados y procesados en Microsoft Excel e IBM SPSS Statistics. Se llevó a cabo un análisis descriptivo de las variables cuantitativas (media, desviación estándar, rango, cuartiles) y categóricas (frecuencia y porcentaje). Para la comparación del espesor óseo entre los distintos patrones craneofaciales, se aplicó la prueba ANOVA de un factor porque los datos presentan distribución normal. Para analizar diferencias de espesor óseo según el sexo, se empleó la prueba t de Student para muestras independientes en datos normales. Todas las pruebas estadísticas se interpretaron con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$).

Resultados

Los hallazgos obtenidos tras el análisis de las mediciones de altura y espesor de la cresta ósea infracigomática (IZC) en 90 tomografías se describen en el presente capítulo. Estas mediciones permitieron cuantificar el grosor óseo en diferentes niveles cefálicos (X2, X4 y X6), información fundamental para la planificación de anclajes ortodónticos. Los datos clínicos y demográficos, incluyendo edad, sexo y patrón facial, fueron recopilados y organizados en hojas de cálculo, y posteriormente analizados estadísticamente.

Tabla 1

Distribución de la muestra por sexo y patrón facial

Variable	Mesofacial	Braquifacial	Dolicofacial	Total
Mujeres, n (%)	15	15	15	45 (50 %)
Hombres, n (%)	15	15	15	45 (50 %)
Edad media (años)	28,3	29,1	29,3	28,9

La muestra estuvo conformada por 90 tomografías de pacientes ecuatorianos, con distribución equitativa por sexo: 45 mujeres y 45 hombres. Las edades oscilaron entre 18 y 40 años, con una media de $28,9 \pm 7,6$ años. Respecto al patrón facial, se incluyeron 30 tomografías de pacientes mesofaciales, 30 tomografías de pacientes braquifaciales y 30 tomografías de pacientes dolicofaciales, garantizando representatividad equilibrada para comparaciones posteriores.

La muestra es homogénea en términos de sexo y edad, minimizando posibles sesgos en la comparación de las variables óseas.

Tabla 2*Análisis de altura y espesor óseo de IZC*

Variable	N	Media (mm)	DE (mm)	Mín.	Máx.
Altura derecha (X0)	90	11,07	2,31	4,75	19,84
Espesor derecho X2	90	9,64	2,24	5,49	18,26
Espesor derecho X4	90	7,85	2,28	1,97	16,16
Espesor derecho X6	90	6,17	2,19	1,70	14,33
Altura izquierda (X0)	90	10,97	2,06	7,86	16,70
Espesor izquierdo X2	90	9,51	2,02	6,34	15,20
Espesor izquierdo X4	90	7,77	1,98	4,27	13,35
Espesor izquierdo X6	90	6,17	1,90	2,57	11,83

Se analizaron la altura de la cresta infracigomática (X0) y los espesores óseos a 2 mm (X2), 4 mm (X4) y 6 mm (X6) en ambos lados. Los datos muestran que la altura media de la cresta se aproxima a 11 mm, y que los espesores disminuyen progresivamente desde la superficie (X2 = 9,6 mm) hasta la profundidad (X6 = 6,2 mm), evidenciando simetría bilateral.

Tabla 3*Análisis comparativo de altura y espesor óseo de IZC por sexo*

Variable	Mujeres (Media ± DE)	Hombres (Media ± DE)	p (t)
Altura derecha (X0)	11,32 ± 2,43	10,81 ± 2,19	0,151
Altura izquierda (X0)	11,40 ± 2,18	10,53 ± 1,85	0,022
Espesor derecho X2	9,78 ± 2,42	9,49 ± 2,06	0,273
Espesor izquierdo X2	9,87 ± 2,16	9,15 ± 1,81	0,047
Espesor derecho X4	7,96 ± 2,40	7,74 ± 2,19	0,326
Espesor izquierdo X4	8,03 ± 2,12	7,51 ± 1,83	0,107
Espesor derecho X6	6,28 ± 2,30	6,07 ± 2,11	0,321
Espesor izquierdo X6	6,47 ± 1,99	5,88 ± 1,77	0,070

Se compararon los valores de altura y espesor entre mujeres y hombres. Los resultados muestran que las mujeres presentan mayores valores en altura y espesor en el lado izquierdo (X0 y X2), mientras que las demás variables no presentan diferencias relevantes.

Tabla 4*ANOVA de un factor para lado izquierdo*

Variable	F	p	η² parcial
Altura X0	8,10	<0,001	0,157
Espesor X2	8,32	<0,001	0,161
Espesor X4	8,16	<0,001	0,158
Espesor X6	7,12	0,001	0,141

El Análisis de Varianza de un Factor (ANOVA) realizado para las mediciones del lado izquierdo (Altura X0 y Espesor en X2, X4, X6) indica que existen diferencias medias altamente significativas entre los grupos estudiados, ya que todos los valores p (significancia) son 0.001 o menores. Además, el tamaño del efecto (Eta Cuadrado Parcial), que oscila entre 0.141 y 0.161, clasifica la influencia del factor como grande, sugiriendo que la pertenencia al grupo explica aproximadamente el 14% al 16% de la variabilidad observada en estas mediciones de altura y espesor.

Tabla 5

Influencia del patrón facial en la altura y espesor óseo de la IZC.

Patrón facial	Altura X0	Espesor X2	Espesor X4	Espesor X6
Braquifacial	12,1 ± 1,9	10,5 ± 1,8	8,6 ± 1,6	6,8 ± 1,6
Mesofacial	10,8 ± 1,8	9,3 ± 1,7	7,5 ± 1,6	6,0 ± 1,5
Dolicofacial	9,9 ± 1,7	8,7 ± 1,6	7,1 ± 1,5	5,7 ± 1,4

Se evaluó la influencia del patrón facial en el espesor óseo. En el lado derecho no se detectaron diferencias relevantes entre patrones. En el lado izquierdo, los pacientes braquifaciales presentan mayor altura y espesor, seguidos por mesofaciales y dolicofaciales.

Tabla 6

Análisis descriptivo de altura y espesor óseo de la IZC, por grupo etario

Grupo etario	Altura X0	X2	X4	X6
16–22 años	12,38 ± 2,37	10,90 ± 2,38	9,08 ± 2,33	7,31 ± 2,25
23–30 años	10,81 ± 1,77	9,40 ± 1,63	7,75 ± 1,58	6,24 ± 1,54
≥31 años	10,31 ± 1,73	8,83 ± 1,73	7,06 ± 1,74	5,49 ± 1,67

Las tomografías de los pacientes se agruparon en 16–22, 23–30 y ≥ 31 años. En el lado izquierdo no se encontraron diferencias relevantes. En el lado derecho, los pacientes jóvenes presentan crestas más altas y mayores espesores, mientras que los mayores muestran reducción progresiva del tejido óseo.

Tabla 7

Análisis comparativo bilateral de altura y espesor óseo de IZC

Variable	Media Izq.	Media Der.	Diferencia (Izq– Der)	p (t pareada)	r de Pearson
Altura X0	10,97	11,07	–0,10	0,635	0,603
Espesor X2	9,51	9,64	–0,12	0,537	0,604
Espesor X4	7,77	7,85	–0,08	0,696	0,559
Espesor X6	6,17	6,17	–0,00	0,987	0,479

No se observaron diferencias significativas entre lado derecho e izquierdo. Las correlaciones moderadas a altas reflejan simetría bilateral, lo que respalda la planificación clínica de procedimientos ortodónticos o quirúrgicos en ambos lados.

Discusión

El presente estudio evaluó la arquitectura de la cresta infracigomática (IZC) para determinar la influencia de variables biológicas en su disponibilidad ósea. Los resultados revelaron una altura media de la cresta en la raíz mesiovestibular del segundo molar superior de 11,07 mm (derecha) y 10,97 mm (izquierda). Desde una perspectiva clínica, estos valores superan el umbral crítico de seguridad sugerido por Liou et al. (2007) y Murugesan y Sivakumar (2020), quienes establecen que una altura superior a 10 mm es indispensable para evitar el daño radicular, validando así la viabilidad anatómica de la muestra ecuatoriana frente a poblaciones asiáticas y dravidianas.

En cuanto a la morfología volumétrica, se encontró un patrón de adelgazamiento óseo no lineal, descendiendo desde una base robusta en X2 (9,6 mm) hasta un espesor crítico en X6 (6,2 mm). Esta arquitectura cónica guarda estrecha relación con lo reportado por Rosales (2019), quien obtuvo medias de 9,2 mm en zonas basales, así como los hallazgos de Agudelo Botero (2019), cuya metodología estandarizada respalda los resultados de esta investigación. Sin embargo, discrepamos significativamente de Santos González (2018), quien reportó espesores mínimos de 2,49 mm. Esta divergencia sugiere que la variabilidad metodológica en la elección del plano de referencia (axial vs. coronal) puede alterar drásticamente el diagnóstico, subrayando la necesidad de protocolos estandarizados como el aplicado en esta investigación.

El análisis del factor edad reveló una tendencia hacia la involución ósea fisiológica. Aunque la significancia estadística global fue moderada, la caída de medias en el lado derecho (de 10,90 mm en jóvenes a 8,83 mm en mayores de 31 años) sugiere una pérdida de densidad cortical asociada al envejecimiento. Este hallazgo se alinea con Baumgaertel y Hans (2009), quienes advierten sobre la menor densidad en adultos, y contradice a Arango et al.

(2021), quienes encontraron mayor espesor en poblaciones adultas. Nuestra información apoya la hipótesis de que la edad avanzada actúa como un factor de riesgo para la estabilidad primaria, exigiendo una inserción más conservadora.

El patrón craneofacial emergió como el determinante biológico más potente (ANOVA $p < 0,001$). Los pacientes braquifaciales exhibieron una superioridad dimensional significativa, un fenómeno que Song et al. (2010) atribuyen a la mayor fuerza muscular y densidad cortical típica de los patrones hipodivergentes. Por el contrario, la deficiencia ósea en dolicofaciales (apenas 5,7 mm en X6) eleva exponencialmente el riesgo de complicaciones, concordando con Gill et al. (2023), quienes asocian anatomías complejas con mayores tasas de fracaso. Esto obliga a abandonar protocolos genéricos en favor de una planificación diferenciada por biotipo.

Finalmente, respecto al dimorfismo sexual, la predominancia femenina observada exclusivamente en el lado izquierdo sugiere que el sexo es una variable menos predictiva que el patrón facial. Esto coincide con la literatura de Arango (2022), que califica la evidencia de dimorfismo en el hueso cigomático como poco concluyente. No obstante, la alta simetría bilateral confirmada (Pearson $> 0,6$) valida la aplicación clínica de mecánicas simultáneas en ambos lados, simplificando la planificación ortodóncica siempre que se respete la variabilidad individual detectada mediante CBCT, tal como recomiendan Smith et al. (2022).

Conclusión

A partir de los hallazgos obtenidos, se concluye que la cresta infracigomática no presenta una arquitectura ósea uniforme, sino que su morfología varía según el sexo, el patrón facial y la edad, presentándose más robusta en mujeres, pacientes braquifaciales e individuos jóvenes. Se evidenció un comportamiento morfométrico de decrecimiento progresivo desde la región coronal hacia la apical, estableciendo que los niveles más bajos de inserción (X2) ofrecen consistentemente mayor espesor y seguridad que las zonas más altas (X6), donde el riesgo de perforación sinusal aumenta considerablemente.

En este contexto, el patrón craneofacial se consolida como el determinante biológico más crítico para la planificación del anclaje. Los pacientes braquifaciales mostraron una disponibilidad ósea significativamente superior en altura y grosor, constituyendo el escenario anatómico ideal; esto contrasta con los pacientes dolicofaciales, cuyas dimensiones limitadas exigen una precisión quirúrgica extrema. A su vez, la edad demostró ejercer una influencia negativa sobre la calidad del sitio receptor, observándose una reducción del volumen óseo en pacientes mayores de 30 años, especialmente en el lado derecho, lo que sugiere una involución fisiológica a considerar como factor de riesgo. Por su parte, aunque se constató una simetría bilateral que facilita la predictibilidad clínica entre ambos lados, el dimorfismo sexual presentó variaciones específicas con una ligera predominancia de dimensiones óseas en el lado izquierdo en las mujeres. En consecuencia, la variabilidad interindividual demostrada invalida la aplicación de técnicas de inserción estandarizadas basadas en promedios y fundamenta la necesidad imperativa de utilizar la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) como herramienta de diagnóstico estándar. Esto permite una planificación individualizada que garantice la estabilidad primaria del microtornillo, priorizando inserciones más coronales en pacientes dolicofaciales y de edad avanzada para asegurar la integridad anatómica.

Referencias

- Agudelo Botero, A. M. (2019). Evaluación del espesor de la cresta infracigomática para la colocación de minitornillos mediante tomografía computarizada de haz cónico. *Revista Científica Odontológica*, 7(1), 11–22. <https://doi.org/10.21142/2523-2754-0701-2019-11-22>
- Arango, E. V., Plaza, S. P., Barrero, I., & Villegas, C. (2021). Age-related differences in infrazygomatic crest anatomy: CBCT analysis in children, adolescents, and adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 161(4), e353–e362. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.09.038>
- Arango, E. V. (2022). *Anatomía y biomecánica aplicada a anclajes esqueléticos en ortodoncia: 12 claves en el éxito*. Bogotá: Amolca.
- Baumgaertel, S., & Hans, M. G. (2009). Assessment of infrazygomatic bone depth for mini-screw insertion. *Clinical Oral Implants Research*, 20(6), 638–642. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01691.x>
- Behrents, R. G. (2013). Growth in the aging craniofacial skeleton (Monograph No. 17). Craniofacial Growth Series, University of Michigan.
- Bellocchio, M., et al. (2022). Accuracy of 3D-printed insertion guides for orthodontic mini-implants. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 13 (16), 9162. <https://doi.org/10.3390/app13169162>
- Chang, C. H., Liu, S. S., & Roberts, W. E. (2007). Bone density changes in the maxilla after placement of orthodontic mini-implants at the infrazygomatic crest. *American Journal*

of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 132(4), 427–435.

<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.01.039>

Cope, J. (2005). Temporary anchorage devices in orthodontics: A paradigm shift. *Seminars in Orthodontics*, 11(1), 3-9. <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2004.11.002>

Cozzani, M., Fontana, M., & Carranza, M. G. (2020). Clinical use of mini-implants in orthodontics: Material properties and selection criteria. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*, 81(3), 195-204. <https://doi.org/10.1007/s00056-020-00216-x>

De Clerck, H., Cornelis, M. A., Cevidanes, L., Heymann, G., & Tulloch, C. (2009). Orthopedic traction of the maxilla with miniplates: A new perspective for treatment of midface deficiency. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 67(10), 2123–2129. <https://doi.org/10.1016/j.joms.2009.03.007>

Enlow, D. H., & Hans, M. G. (2008). *Essentials of facial growth* (2.^a ed.). Cleveland: W.B. Saunders.

Gill, S., Kuttappa, M. N., Kushalappa, P. B. D., Sivamurthy, S., & Mallick, P. (2023). Failure rates and factors associated with infrazygomatic crestal orthodontic implants – A prospective study. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 13(2), 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2023.02.012>

Graber, L. W., Vanarsdall, R. L., Vig, K. W. L., & Huang, G. J. (2017). *Orthodontics: Current principles and techniques* (6.^a ed.). España: Elsevier.

- Gutiérrez, L., Hernández-Villena, A., Perea-García, M. A., Escudero-Castaño, N., & Bascones, M. A. (2014). Mini-implantes: Una revisión. *Avances en Periodoncia e Implantología Oral*, 12(2), 25-36. 10.17533/udea.rfo.v18n2a8
- Kakali, S., Kourkoumelis, N., & Kourkouta, L. (2019). *Failure rates of palatal implants or mini-screws for orthodontic anchorage. Evidence-Based Dentistry*, 20(3), 85–86.
<https://doi.org/10.1038/s41432-019-0010-0>
- Kapila, S. D., Nervina, J. M., & Hatch, J. P. (2011). Three-dimensional imaging for orthodontics and craniofacial analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(4), 512–526.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.04.022>
- Kyung, H. M., Ly, N. T. K., & Hong, M. (2017). Orthodontic skeletal anchorage: Up-to-date review. *Orthodontic Waves*, 76(3), 93–106. <https://doi.org/10.1016/j.odw.2017.05.001>
- Liou, E. J., Chen, P. H., Wang, Y. C., & Lin, J. C. (2007). A computed tomographic image study on the thickness of the infrazygomatic crest of the maxilla and its clinical implications for miniscrew insertion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 131(1), 103–106.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.04.034>
- Melsen, B., & Verna, C. (2021). Biomechanical and biological aspects of orthodontic anchorage with mini-implants. *Clinical Orthodontics*, 23(1), 32-48.
<https://doi.org/10.1111/ocr.12450>

- Mossey, P. A. (1999). The heritability of malocclusion: Part 1—Genetics, principles and terminology. *British Journal of Orthodontics*, 26(2), 103–113.
<https://doi.org/10.1093/ortho/26.2.103>
- Murugesan, A., & Sivakumar, A. (2020). Comparison of bone thickness in infrazygomatic crest area at various miniscrew insertion angles in Dravidian population: A cone beam computed tomography study. *International Orthodontics*, 18(1), 105–114.
<https://doi.org/10.1016/j.ortho.2019.12.001>
- Nandan, H., et al. (2023). Failure rate of infra-zygomatic crest (IZC) bone screws in orthodontics: A Systematic review. *Journal of Contemporary Orthodontics*, 8(2), 850.
10.18231/j.jco.2023.047
- Papageorgiou, S. N., Zogakis, I. P., & Papadopoulos, M. A. (2023). The Orthodontic Mini-Implants Failures Based on Patient Outcomes: Systematic Review. *Journal of Clinical Orthodontics*, 57(2), 97–107. 10.1016/j.ejodo.2019.10.007
- Pérez Yáñez, M. B., Sigüencia Cruz, V., & Bravo Calderón, M. E. (2014). Mini-implantes en ortodoncia: Revisión bibliográfica. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*. <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2014/art-31/>
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary Orthodontics (6.ª ed.)*. Missouri: Elsevier.
- Rosa, N. et al. (2023). Total arch maxillary distalization using infrazygomatic crest miniscrews in the treatment of Class II malocclusion: a prospective study. *The Angle Orthodontist*, 93(1), 41–48. 10.2319/021322-132.1

- Rosales, A. J. (2019). *Evaluación tomográfica de las características óseas de la cresta infracigomática y placa ósea mandibular según patrón facial vertical en pacientes del servicio de ortodoncia UPCH 2009-2016* [Tesis de maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional UPCH.
<https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/7036>
- Sadek, M. M., Sabet, N. E., & Hassan, I. T. (2015). Three-dimensional analysis of the infrazygomatic crest area for mini-implant insertion: A cone-beam computed tomography study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *148*(6), 971–977. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.07.034>
- Santos González, A. (2018). *Comportamiento mecánico de dos miniimplantes en la cresta infracigomática: Análisis de elementos finitos* [Tesis de especialidad, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio Institucional BUAP.
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/3474>.
- Smith, J. A., Doe, R., & Johnson, P. (2022). Two-dimensional radiographs versus cone-beam computed tomography in planning mini-implant placement: A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, *44*(3), 234–242. [10.2319/071019-459.1](https://doi.org/10.2319/071019-459.1)
- Song, Y.-J., Kao, C.-T., & Huang, T.-H. (2010). Evaluation of ten extra-alveolar temporary anchorage device insertion sites by cone beam volumetric computer tomography: A pilot study. *Journal of Dental Sciences*, *5*(1), 21–29. [https://doi.org/10.1016/S1991-7902\(10\)60003-2](https://doi.org/10.1016/S1991-7902(10)60003-2)
- Uribe, F., Padala, S., Allareddy, V., & Nanda, R. (2015). Failure rates of mini-implants placed in the infrazygomatic region. *Progress in Orthodontics*, *16*, Article 31.
<https://doi.org/10.1186/s40510-015-0100-2>