



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Nesma
Sherif Kassem

Tesis Doctoral

Estudio analítico y estadístico de la neumatización del seno maxilar

Santiago de Compostela, 2025



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

TESIS DOCTORAL

**ESTUDIO ANALÍTICO Y ESTADÍSTICO
DE LA NEUMATIZACION DEL SENOS
MAXILAR**

Autora:

Nesma Sherif Kassem

Director:

Juan Antonio Suárez Quintanilla

Tutor:

Juan Antonio Suárez Quintanilla

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS



SANTIAGO DE COMPOSTELA
2025



DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES Y FINANCIACIÓN

Dña, Nesma Sherif Kassem declara no tener ningún conflicto de intereses en relación a la Tesis Doctoral titulada:

Estudio analítico y estadístico de la neumatización del seno maxilar

En Santiago de Compostela, 29 de Octubre de 2025.

Fdo. Nesma Sherif Kassem

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a las personas que han sido mi raíz, mi impulso y mi refugio a lo largo de este camino.

A mis padres, Sherif y Nevin, por enseñarme desde pequeña que el estudio es una forma de vida, por inculcarme el amor por el conocimiento y animarme siempre a seguir aprendiendo. Gracias por darme alas y dejarme volar lejos de casa; por soportar la distancia y, aun heridos por ella, animarme a resistirla. Todo lo que soy se lo debo a vuestro ejemplo, vuestro sacrificio y vuestro amor incondicional.

A mi hermano Mohamed, cuya alegría, energía y positividad fueron siempre una fuente de fuerza y consuelo en los momentos más duros. Gracias por hacerme reír incluso cuando el camino se hacía cuesta arriba.

A mi abuela Aziza, que ha estado pendiente de cada paso de esta tesis y no ha dejado de rezar por mí un solo día.

A mi abuelo Yousry, que nos dejó hace más de veinte años. Enfermo y en sus últimos suspiros, su deseo era ver a su hija —mi madre— convertida en doctora. Yo, una niña de diez años entonces, no comprendía del todo aquel anhelo. Mi madre logró cumplirlo pocos años después, y estoy segura de que él lo vio desde el cielo. Lo que nadie imaginó es que aquella niña seguiría el mismo camino.

Abuelo Yousry, espero que nos estés viendo y que te sientas orgulloso: tu hija lo consiguió, y veinte años después, tu nieta también.

Finalmente, dedico este trabajo a una persona maravillosa que Dios puso en mi camino: mi queridísima amiga Juli. Ha vivido conmigo cada momento de desesperación y tristeza, sin dejarme sufrir ni un solo instante sola. El mundo necesita más personas como ella, capaces de transmitir paz, bondad y un amor infinito.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Antonio Suárez Quintanilla, por ser el mejor director y tutor que un alumno podría tener. Gracias por su comprensión en los momentos de mayor y menor fortaleza, por su constante apoyo, paciencia y cercanía, y por estar siempre pendiente, animándome y ayudándome en todo lo posible.

Quiero expresar un agradecimiento muy especial al Dr. José María Suárez Quintanilla, quien, además de ser un gran profesor, ha sido una persona profundamente empática. Gracias por recibirme con los brazos abiertos el primer día que llegué a este país, por facilitarme las prácticas necesarias para obtener mi título de grado, por acompañarme durante la especialidad y, sobre todo, por hacerme creer que podía dar este paso y alcanzar el doctorado. Es una persona excepcional, y sin él, este logro no habría sido posible.

Tampoco puedo dejar de agradecer al Dr. José Luis Caamaño Ponte, quien, además de ser mi médico, ha sido un pilar fundamental para que esta tesis viera la luz. Gracias a su gran experiencia y a su apoyo constante, volví a creer que era capaz de lograrlo. Estuvo presente en los momentos más difíciles, cuando estaba a punto de rendirme, y me devolvió la esperanza y las fuerzas para continuar.

Finalmente, quiero recordar con especial cariño a mis amigos y compañeros Elisa y José Antonio, que han estado presentes a lo largo de todo el camino, en los momentos difíciles, pero también en los más felices. Nunca olvidaré cuando me visitaron en Egipto: entre las pirámides de El Cairo y el puerto de Alejandría compartimos momentos y recuerdos que permanecerán conmigo para toda la vida. Estoy segura de que pronto volveremos a revivir aquellos tiempos.

Índice de publicaciones de la tesis

A continuación, se recogen todos los artículos originales derivados de esta tesis doctoral y se describe el estado actual de los mismos:

- 1- Kassem NS, Badawy T, AbuBakr N, Khalifa AK, Chaurasia A, Suárez Quintanilla JM, Suárez Quintanilla JA. *A comparative analytical radiographic study of maxillary sinus pneumatization in Egyptian and Spanish populations.*

Bull Stomatol Maxillofac Surg. 2025 Aug;21(7):344-353. doi: 10.58240/1829006X-2025.21.7-344.

- **Contribución a esta publicación:** Conceptualización, diseño del estudio, recogida y análisis de los datos, interpretación de los resultados, redacción de la primera versión del artículo y su revisión final.
- **Estado:** artículo original publicado en la revista Bulletin of Stomatology And Maxillofacial Sugery.
- La revista *Bulletin of Stomatology and Maxillofacial Surgery* es una publicación científica internacional revisada por pares, dedicada a la investigación en odontología y cirugía oral y maxilofacial. Actualmente se encuentra indexada en **Scopus**, lo que garantiza su visibilidad académica y el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos por la universidad para la publicación en bases de datos reconocidas. Según los indicadores disponibles en Scopus, la revista presenta un SJR de 0.106 y se sitúa en el **cuartil Q4** dentro de sus áreas temáticas.

Cumple por tanto los requisitos para incluirla en esta tesis doctoral

ÍNDICE

RESUMEN	17
RESUMO	19
ABSTRACT	21
ABREVIATURAS	23
1 INTRODUCCIÓN	27
1.1 Antecedentes	27
1.2 Embriología	27
1.3 Anatomía	28
1.3.1 La pared superior	28
1.3.2 La pared facial	28
1.3.3 La pared posterior	28
1.3.4 La pared medial	28
1.3.5 La pared inferior	28
1.3.6 La pared lateral	29
1.3.7 Membrana de Schneider	30
1.3.8 La anatomía del hueso maxilar y del tejido blando	31
1.4 Función	31
1.5 Suelo del seno y su relación con la odontología	31
1.6 Variaciones anatómicas	33
1.6.1 Septos internos	33
1.6.2 Hipoplasia	34
1.6.3 Quistes	34
1.6.3.1 Mucocele	34
1.6.3.2 Pseudoquiste	35
1.6.3.3 Quiste maxilar postoperatorio	35
1.6.3.4 Quiste de retención	35
1.6.4 Neumatización del seno maxilar	36
1.6.4.1 La neumatización y su desarrollo normal	36

1.6.4.2	Problemas de la neumatización del seno maxilar en adultos	36
1.7	El hueso residual	37
1.7.1	Clasificación de la relación entre los dientes superiores posteriores y el seno maxilar	38
1.7.1.1	Clasificaciones según las ortopantomografías	38
1.7.1.2	Clasificaciones según CBCT	39
1.8	Alternativas a la neumatización del seno maxilar	40
1.8.1	Implantes cortos	41
1.8.2	Implantes cigomáticos	43
1.8.3	Implantes pterigoideos	44
1.9	Injertos óseos	45
1.9.1	Tipos de los injertos óseos	47
1.9.1.1	Injertos óseos de origen natural	47
1.9.1.1.1	Autoinjertos	47
1.9.1.1.2	Alloinjertos	48
1.9.1.1.3	Xenoinjertos	48
1.9.1.1.4	Injertos de base vegetal	49
1.9.1.2	Sustitutos óseos sintéticos	49
1.9.2	Tasa de éxito de los injertos óseos	50
1.10	Elevación del seno maxilar	51
1.10.1	Altura residual de la cresta alveolar	51
1.10.2	Técnicas quirúrgicas	51
1.10.2.1	Técnica de la Ventana Lateral	51
1.10.2.2	Técnica de los Osteotomos de Summers	52
1.10.2.3	Técnica de Endoscopia de Engelke	52
1.10.2.4	Técnica del Globo Antral	53
1.10.2.5	Técnica de Osteodensificación:	54
2	JUSTIFICACIÓN	57
3	HIPÓTESIS DE TRABAJO	63
3.1	Hipótesis nula	63
3.2	Hipótesis alternativa	63
4	OBJETIVOS	67
4.1	Objetivos principales	67
4.2	Objetivos secundarios	67
5	MATERIAL Y METODOLOGÍA	71

5.1	Diseño del estudio	71
5.2	Materiales	71
5.2.1	Cálculo del tamaño muestral	72
5.2.2	Población del estudio.....	73
5.3	Método.....	74
5.3.1	Adquisición de imágenes.....	74
5.3.2	Anonimización de los datos.....	75
5.3.3	Procesamiento de imágenes.....	76
5.3.4	Proceso de medición.....	77
5.3.4.1	Protocolo A.....	77
5.3.4.2	Protocolo B.....	79
6	RESULTADOS	83
6.1	Resultados de la población española	83
6.1.1	Resultados del protocolo A	83
6.1.2	Resultados del protocolo B.....	92
6.2	Resultados de la población egipcia	95
6.2.1	Resultados Protocolo A	95
6.2.2	Resultados del protocolo B.....	104
7	DISCUSIÓN	111
8	CONCLUSIONES	121
9	LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ..	125
10	BIBLIOGRAFÍA	129
11	ANEXOS	155
11.1	Índice de tablas y figuras.....	155
11.1.1	Tablas	155
11.1.2	Figuras	156
11.2	Certificado del Comité de Bioética para estudios realizados con seres humanos.....	159
11.3	Hoja de información al participante del estudio de investigación.....	161
11.4	Documento de consentimiento para participar en el estudio de investigación....	163
11.5	Aceptación del Artículo.....	165
11.6	Artículo. A Comparative Analytical Radiographic Study of Maxillary Sinus Pneumatization in Egyptian and Spanish Populations	167

RESUMEN

La neumatización del seno maxilar tras la pérdida de dientes es un fenómeno anatómico y clínico de gran importancia en odontología e implantología oral, ya que determina la disponibilidad ósea en el sector posterior del maxilar superior y condiciona la planificación y el éxito de los tratamientos con implantes. Con el objetivo de profundizar en sus características y analizar la influencia de factores demográficos, se realizó un estudio analítico y radiográfico comparativo entre dos poblaciones —española y egipcia— a partir del análisis de radiografías panorámicas obtenidas tras la exodoncia de dientes posteriores en los maxilares.

La muestra estuvo compuesta por 440 radiografías (220 de pacientes españoles y 220 de pacientes egipcios), seleccionadas bajo criterios estrictos de inclusión y exclusión. En cada caso se midió la distancia entre los ápices radiculares de los dientes posteriores y el suelo del seno maxilar, considerando los distintos grupos dentarios y evaluando la influencia de la edad y el sexo. El análisis estadístico incluyó pruebas multivariantes y univariantes (ANOVA, pruebas de Levene y Box, y Games-Howell), con un nivel de significación de $p < 0,05$.

Los resultados mostraron que la neumatización disminuye progresivamente con la edad en ambas poblaciones, siendo más acentuada en pacientes jóvenes. En cuanto al sexo, aunque no se encontraron diferencias globales significativas, se identificaron ciertos valores de relevancia clínica. En la población española, el sexo masculino se asoció con distancias menores, indicando mayor proximidad al seno en la región de los molares, especialmente en el primer y segundo molar. En la población egipcia, el sexo de los pacientes tuvo un efecto significativo principalmente en la zona del segundo premolar y del primer molar, con distancias también menores en varones.

El estudio concluye que la neumatización del seno maxilar es un proceso multifactorial influenciado por la edad, el sexo y el origen de los pacientes. Estas diferencias deben considerarse en la planificación implantológica, pues aportan información valiosa para un abordaje más individualizado, predictivo y seguro. Asimismo, los resultados proporcionan una referencia comparativa útil entre poblaciones mediterráneas y del norte de África, contribuyendo a un mejor entendimiento de los cambios postexodoncia y su repercusión clínica. Este conocimiento permite anticipar posibles limitaciones anatómicas, optimizar las estrategias de regeneración ósea y mejorar la toma de decisiones en procedimientos quirúrgicos y garantizando resultados funcionales y estéticos más predecibles a largo plazo.

Palabras clave: Seno maxilar, Neumatización, Implantología oral, Factores demográficos

RESUMO

A neumatización do seo maxilar tras a perda dentaria é un fenómeno anatómico e clínico de grande importancia en odontoloxía e implantoloxía oral, xa que determina a dispoñibilidade ósea no sector posterior do maxilar superior e condiciona a planificación e o éxito dos tratamentos con implantes. Co obxectivo de profundar nas súas características e analizar a influencia de factores demográficos, realizouse un estudo analítico e radiográfico comparativo entre dúas poboacións —española e exipcia— a partir da análise de radiografías panorámicas obtidas tras a exodoncia de dentes posteriores nos maxilares.

A mostra estivo composta por 440 radiografías (220 de pacientes españois e 220 de pacientes exipcios), seleccionadas baixo criterios estritos de inclusión e exclusión. En cada caso midiuse a distancia entre os ápices radiculares dos dentes posteriores e o chan do seo maxilar, considerando os distintos grupos dentarios e avaliando a influencia da idade e do sexo. A análise estatística incluíu probas multivariantes e univariantes (ANOVA, probas de Levene e Box, e Games-Howell), cun nivel de significación de $p < 0,05$.

Os resultados amosaron que a neumatización diminúe progresivamente coa idade en ambas as dúas poboacións, sendo máis acusada en pacientes novos. En canto ao sexo, aínda que non se atoparon diferenzas globais significativas, identificáronse certos valores de relevancia clínica. Na poboación española, o sexo masculino asociouse con distancias menores, indicando maior proximidade ao seo na rexión dos molares, especialmente no primeiro e segundo molar. Na poboación exipcia, o sexo dos pacientes tivo un efecto significativo principalmente na zona do segundo premolar e do primeiro molar, con distancias tamén menores nos varóns.

O estudo conclúe que a neumatización do seo maxilar é un proceso multifactorial influído pola idade, o sexo e a orixe dos pacientes. Estas diferenzas deben terse en conta na planificación implantolóxica, pois achegan información valiosa para un abordaxe máis individualizado, predictivo e seguro. Así mesmo, os resultados proporcionan unha referencia comparativa útil entre poboacións mediterráneas e do norte de África, contribuíndo a un mellor entendemento dos cambios postexodoncia e da súa repercusión clínica. Este coñecemento permite anticipar posibles limitacións anatómicas, optimizar as estratexias de rexeneración ósea e mellorar a toma de decisións en procedementos cirúrxicos, garantindo resultados funcionais e estéticos máis predecibles a longo prazo.



Palabras clave: Seo maxilar, Neumatización, Implantoloxía oral, Factores demográficos


ABSTRACT

Maxillary sinus pneumatization following tooth loss is an anatomical and clinical phenomenon of great importance in dentistry and oral implantology, as it determines the available bone volume in the posterior maxilla and influences the planning and success of implant treatments. To further investigate its characteristics and analyze the influence of demographic factors, an analytical and radiographic comparative study was conducted between two populations — Spanish and Egyptian — based on the analysis of panoramic radiographs obtained after the extraction of posterior teeth in the maxilla.

The sample consisted of 440 radiographs (220 from Spanish patients and 220 from Egyptian patients), selected under strict inclusion and exclusion criteria. In each case, the distance between the root apices of posterior teeth and the floor of the maxillary sinus was measured, considering different tooth groups and evaluating the influence of age and sex. Statistical analysis included multivariate and univariate tests (ANOVA, Levene and Box tests, and Games-Howell), with a significance level of $p < 0.05$.

The results showed that pneumatization progressively decreases with age in both populations, being more pronounced in younger patients. Regarding sex, although no global significant differences were found, some values of clinical relevance were identified. In the Spanish population, the male sex was associated with shorter distances, indicating greater proximity to the sinus in the molar region, particularly in the first and second molars. In the Egyptian population, sex had a significant effect mainly in the second premolar and first molar areas, with shorter distances also observed in males.

The study concludes that maxillary sinus pneumatization is a multifactorial process influenced by age, sex, and patient origin. These differences should be taken into account in implant planning, as they provide valuable information for a more individualized, predictive, and safe approach. Moreover, the results offer a useful comparative reference between Mediterranean and North African populations, contributing to a better understanding of post-extraction changes and their clinical implications. This knowledge allows clinicians to anticipate possible anatomical limitations, optimize bone regeneration strategies, and improve decision-making in surgical procedures, ensuring more predictable long-term functional and aesthetic outcomes.

 **Keywords:** Maxillary sinus, Pneumatization, Oral implantology, Demographic factors

ABREVIATURAS

- Mm: milímetro
- CBCT: Cone Beam Computed Tomography (Tomografía computarizada de haz cónico)
- VIH: Virus de la Inmunodeficiencia Humana
- ROG: Regeneración ósea guiada
- TAC: Tomografía axial computarizada
- RT: derecho (Right)
- LT: izquierdo (Left)
- EXO: exodoncia
- MSF: Maxillary Sinus Floor (Suelo del seno maxilar)
- PCR: Periapical X-ray (Radiografía periapical)
- IS: In the sinus (En el seno)
- OS: Outside the sinus (Fuera del seno)

1

Introducción

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Los senos paranasales fueron identificados por primera vez por los antiguos egipcios, luego descritos por los médicos griegos, y siglos después sería Leonardo Da Vinci quién lo describe y dibuja con una amplia variedad de cortes y perspectivas.

En varios dibujos de Da Vinci que se encuentran en la Biblioteca Real en el Castillo de Windsor se observa claramente el seno maxilar, que 150 años después sería descrito detalladamente por el anatomista británico Nathaniel Highmore en su obra *Corporis Humani Disquisitio Anatomica*^{1, 2, 3}.

1.2 EMBRIOLOGÍA

El proceso de desarrollo de los cuatro senos paranasales (frontal, maxilar, etmoidal y esfenoidal) comienza en el tercer mes de vida intrauterina, continúa durante la gestación y finaliza después del nacimiento^{4, 5}. De los cuatro senos paranasales, los maxilares son los más grandes y los primeros en crecer, específicamente en el tercer mes del embarazo^{4, 6}.

Dicho proceso comienza cuando un divertículo penetra en el área del meato medio, en la esquina del macizo facial, invadiendo la cápsula nasal y las láminas óseas del maxilar. Después de su formación en la semana 13 de gestación, éstos permanecen inalterados hasta el nacimiento, cuando se manifiestan como una ranura horizontal^{4, 7}.

En general, su crecimiento se caracteriza por ser lento durante el desarrollo fetal, pero se acelera después del nacimiento, debido a la erupción dental y el impacto de la respiración en el desarrollo de toda la parte de la cara. El crecimiento y modificación de su tamaño persisten durante la vida adulta; hasta la edad de 18 años, y el cierre del ápice del tercer molar. En algunos estudios, sin embargo, este proceso puede continuar hasta los 20 o 30 años^{4, 5}.

1.3 ANATOMÍA

El seno maxilar es el más grande de todos los senos paranasales, y se define como una cavidad de forma piramidal y tapizada por epitelio respiratorio ⁸ que rellena el cuerpo de la maxila con la base adyacente a la fosa nasal y el vértice hacia la apófisis cigomática del maxilar y seis paredes, las cuales se describen a continuación.

1.3.1 La pared superior

Se encuentra formando la mayor parte del suelo orbitario, separando la órbita del seno maxilar y contiene la arteria y el nervio infraorbitario.

1.3.2 La pared facial

Formada por la parte facial de la maxila, contiene un canal delicado denominado Canalis Sinuosus el cual contiene el nervio alveolar superior anterior.

1.3.3 La pared posterior

Formada por la superficie infratemporal de la maxila, contiene los nervios alveolares superiores posteriores que llegan hasta la zona de los molares superiores.

1.3.4 La pared medial

Separa el seno maxilar y la fosa nasal.

1.3.5 La pared inferior

También llamada el suelo del seno, está formada por el proceso alveolar y parte del proceso palatino del maxilar y está relacionada con las raíces de los dientes superiores.

Figura 1: Pared inferior del seno maxilar.



(Foto realizada en el departamento de Ciencias Morfológicas de la facultad de Medicina y Odontología, universidad de Santiago de Compostela).

1.3.6 La pared lateral

Es el vértice de la pirámide que se extiende hacia la apófisis zigomática del maxilar y que puede llegar al hueso cigomático.

El seno maxilar se extiende normalmente desde la parte medial del primer premolar hasta la parte distal del tercer molar, con la parte más baja del suelo coincidiendo con la zona del primer y segundo molar⁹.

Como ya se ha mencionado, desde el nacimiento el seno maxilar ya está presente en el cuerpo del maxilar superior, y su volumen es entre 6-8 mL¹⁰, mientras que en la edad adulta el volumen del seno maxilar derecho es 13.173 cm³ y en el izquierdo es aproximadamente de 13.194 cm³, lo que significa que no hay una diferencia relevante entre las dimensiones de los senos en ambos lados^{11,12}.

Las ramas infraorbitaria y alveolar superior de la arteria maxilar son las que irrigan los senos maxilares. Por otra parte, están inervados por las ramas infraorbitaria y alveolar del nervio maxilar¹³.

Figura 2: El seno maxilar.



(Foto realizada en el departamento de Ciencias Morfológicas de la facultad de Medicina y Odontología, universidad de Santiago de Compostela).

1.3.7 Membrana de Schneider

El seno maxilar está cubierto por una membrana mucosa cuya función es calentar y humidificar el aire respirado razón por la cual presenta una gran cantidad de vasos sanguíneos.

La histología de la membrana de Schneider muestra un epitelio cilíndrico pseudoestratificado ciliado con células calciformes que da a la cavidad del seno maxilar¹⁴.

El grosor de la membrana de Schneider tiene un promedio de 1 mm¹⁵. Sin embargo, son varios los factores que pueden afectar al grosor de esta membrana, dentro de los cuales existe la endodoncia, un reciente estudio ha mostrado que el grosor de la membrana se ve afectado por los tratamientos y retratamientos endodónticos. Este cambio se evidenció al año del tratamiento, cuando se registró que el grosor de la membrana había disminuido, mientras que al aplicar el tratamiento con recubrimiento pulpar no hubo ningún cambio en el grosor de la membrana¹⁶.

1.3.8 La anatomía del hueso maxilar y del tejido blando

En un estudio realizado en el 2019, Chaturvedi S et al¹⁷ investigaron la relación entre la forma de hueso del maxilar superior y el grosor de la membrana de Schneider. Las formas de las arcadas estudiadas fueron, la arcada cuadrada, oval y cónica, de las cuales se encontró que la arcada cuadrada es la que provoca engrosamiento en la membrana.

También fue objeto de estudio el efecto del tipo de las encías sobre la membrana, llegándose a la conclusión de que el biotipo periodontal de encías gruesas facilita el aumento del grosor de la membrana.

Se ha demostrado que la periodontitis y el fumar colaboran en el engrosamiento de la membrana¹⁸. En los pacientes con hendiduras labiopalatinas bilaterales se observó que la membrana aumenta en su grosor normal, mientras que en las hendiduras labiopalatinas unilaterales, no se registró diferencia en el grosor entre los dos lados¹⁹.

1.4 FUNCIÓN

La labor de los senos paranasales y los senos maxilares durante décadas ha sido un tema muy controvertido y todavía su función principal no resulta demasiado clara. Estas estructuras anatómicas de la cabeza del ser humano son relevantes para varias especialidades, dentro de las cuales se encuentran, la odontología, la otorrinolaringología, y la cirugía oral y maxilofacial^{20, 21, 22}.

Varias hipótesis han sugerido que los senos paranasales y los senos maxilares ayudan en la reducción del peso de la cabeza, así como en el aislamiento térmico de los ojos y sirven como planos deslizantes para el hueso durante el crecimiento craneofacial. Asimismo, juegan un rol importante en la resonancia de la voz, en la regulación de la presión intranasal, y en absorber las presiones derivadas de la masticación. Otra función importante es la protección de la órbita y del cerebro en caso de fracturas de cráneo²³.

El seno maxilar posee además una función defensiva de la cavidad nasal, a través de la formación de monóxido de nitrógeno, el cual protege contra la infección, ya que es tóxico para los virus y las bacterias, al tiempo que contribuye a la humidificación y al calentamiento del aire inhalado²⁴.

1.5 SUELO DEL SENO Y SU RELACIÓN CON LA ODONTOLOGÍA

De toda la anatomía del seno maxilar, la pared inferior es la que más nos interesa a nivel de la odontología, por formar el llamado “Suelo del Seno Maxilar” que está en estrecho contacto o incluso a veces perforado por los ápices de las raíces de los dientes superiores²⁵.

Saber y estudiar esta relación es vital en nuestro trabajo clínico, tanto para permitirnos un diagnóstico adecuado como para la prevención de complicaciones durante y después de la realización de los tratamientos de odontología²⁶.

El seno maxilar está separado de los dientes por una capa de hueso compacto, a veces esta capa es muy fina o incluso inexistente proporcionando esta última una ruta directa entre los dientes y el seno²⁷.

Son muchos los estudios que han investigado la aproximación entre los dientes superiores y el seno maxilar, la distancia entre cada diente y el suelo del seno varía de un estudio a otro, la mayoría de los estudios concluyeron que los molares superiores tienen mayor tendencia a estar más cerca del seno que los premolares superiores^{28,29,30}.

En cuanto a los molares, algunos estudios llegaron a la conclusión de que los segundos molares son los que poseen menor distancia hasta el seno^{31,32}, mientras que otros encontraron que los primeros molares están más cerca al seno que el resto de los dientes superiores posteriores^{33,34}.

Incluso hay estudios que muestran que el seno puede llegar hasta el canino o hasta la zona anterior del maxilar y a veces pueden llegar a perforar el suelo del seno si tienen una lesión quística u osteolítica. De allí la importancia de prestar más atención al diagnóstico de la zona anterior de la maxila a la hora de cualquier intervención quirúrgica^{35,36}.

Diversos estudios han evaluado la distancia existente entre los molares y premolares posteriores en su relación con la estructura anatómica del seno maxilar, pero no todos tuvieron el mismo resultado, eso se puede atribuir a que la anatomía puede diferir de una población a otra^{37,38,39,40}.

En definitiva, conocer la anatomía de cada diente y de cada raíz es de vital importancia en los diferentes tratamientos para prevenir las complicaciones sinusales.

Los dientes poseen una gran incidencia sobre el seno, y cualquier infección o tratamiento dental mal realizado o incompleto en la zona posterior del maxilar superior puede provocar enfermedades como la sinusitis o el engrosamiento de la membrana.

Entre los tratamientos que pueden afectar a la integridad del seno maxilar cabe citar:

- 1- La endodoncia: la extrusión de los medicamentos usados en el tratamiento de los conductos, el material del sellado, la introducción del instrumento endodóntico más allá del ápice de la raíz en estrecho contacto con el seno y la extensión de la infección periapical al seno son, entre otros, causantes de enfermedades sinusales^{41,42,43}.

- 2- La periodontitis apical, y sin duda la exodoncia de dientes en la zona posterior del maxilar superior que pueden provocar la perforación de la membrana de Schneider o el desplazamiento de fragmentos de raíces o dientes hacia el antro ^{44,45,46,47,48,49}.
- 3- Los procedimientos quirúrgicos en la zona posterior del maxilar superior, como la elevación de seno y la colocación de implantes, de modo que, si no se preserva la integridad del seno, se puede producir verdaderas complicaciones, como infección y celulitis, sangrado desde la nariz, inflamación o dolor postoperatorio ⁵⁰.
- 4- La exodoncia de dientes retenidos o incluidos como los caninos superiores ⁵¹.
- 5- La distalización de molares superiores o de los caninos para obtener un espacio suficiente para la erupción del resto de dientes o para lograr una oclusión correcta en los tratamientos ortodónticos ^{52,53}.

1.6 VARIACIONES ANATÓMICAS

Una variación anatómica es una anomalía en un órgano o estructura del cuerpo humano que no obstaculiza la función de esa parte del cuerpo. Estas anomalías no se describen siempre como una patología, pero a veces pueden agravar una ya existente o incluso causar otra.

Es importante que todos los profesionales tengan un buen conocimiento de la anatomía del cuerpo, y muy especialmente del ámbito en el que desarrollan sus intervenciones.

El sistema cardiovascular es el que presenta más variaciones anatómicas, fundamentalmente en lo referido a los vasos sanguíneos, razón por la cual resulta esencial entender bien estas variaciones a fin de proteger la vida de las personas durante las intervenciones quirúrgicas. Por su parte, los senos paranasales también pueden mostrar ciertas variaciones que los especialistas que trabajan con esta parte del cuerpo deben tener siempre presentes ⁵⁴.

1.6.1 Septos internos

Los septos internos son la variación anatómica del seno maxilar más frecuente, dividiendo este en partes anatómicas independientes. Se cree que se forman en el periodo embrionario, mientras que a lo largo de la vida se pueden desarrollar otros tabiques debido a las exodoncias de dientes y a la neumatización del seno que se explicará más adelante. Se

ha demostrado que la mayoría de los tabiques en el seno maxilar se encuentran en la región media del seno, donde se realiza la elevación del seno, dificultando así el procedimiento para la colocación de implantes en la zona posterior del maxilar superior y favoreciendo la perforación de la membrana del seno en el mismo proceso. Otro problema que pueden provocar estos tabiques es la dificultad de extraer un diente alojado o incluido en el seno o cualquier otro procedimiento complejo que requiera cirugía endoscópica ^{55,56,57,58,59}.

1.6.2 Hipoplasia

La hipoplasia del seno maxilar es una condición poco común, en la que la mayoría de los pacientes son asintomáticos, o con síntomas como dolor de cabeza, dolor facial u obstrucción nasal ⁶⁰.

Esta condición se puede desarrollar de una forma primaria a causa de infecciones, heridas o irradiaciones, o de una forma secundaria como consecuencia de una fractura o cirugía en la zona sinusal ^{61,62}.

En estos pacientes la distancia entre los ápices de los dientes posteriores es grande, y en caso de edentulismo la altura y anchura del hueso en la zona posterior del maxilar es también amplia ⁶³.

Un seno maxilar hipoplásico tiene unas implicaciones oftalmológicas, ya que puede causar asimetría orbital, visión doble y cambio en la posición de la órbita ^{64,65}.

1.6.3 Quistes

Los quistes mucosos del seno maxilar son lesiones benignas, que se producen con frecuencia, y que se suelen descubrir de una forma casual, al hacer una radiografía de la zona del seno maxilar, por ejemplo, para la planificación de los implantes dentales ^{66,67}.

Aparecen en el interior del seno maxilar sin ninguna causa aparente o se desarrollan como resultado de cirugía previa, sinusitis crónica o trauma nasal ⁶⁸.

Los quistes de los senos maxilares están clasificados en varias categorías:

1.6.3.1 Mucocela

Aparece cuando el drenaje de la mucosa es deficiente, es un quiste verdadero, forrado por células epiteliales. Este tipo de quiste puede destruir estructuras adyacentes, de modo que se considera un quiste agresivo y a veces complejo de tratar.

1.6.3.2 Pseudoquiste

Es el engrosamiento de la membrana del seno debido a la presencia de una infección e inflamación. Al no estar cubierto por células epiteliales, se considera que no es un verdadero quiste^{69,70}.

1.6.3.3 Quiste maxilar postoperatorio

Este quiste se considera una complicación tardía de cirugías sinusales, sobre todo después de la utilización de la técnica de Caldwell–Luc. Su tratamiento consiste en su marsupialización y su drenaje posterior mediante endoscopia nasal^{71,72}.

1.6.3.4 Quiste de retención

Este tipo de quiste tiene lugar cuando las glándulas salivales cerca del seno se obstruyen. Suelen ser de tamaño pequeño y se encuentra forrado por células epiteliales⁷³. En la mayoría de los casos se producen en la zona del suelo del seno⁷⁴.

Normalmente los quistes de retención son asintomáticos y no requieren ninguna intervención quirúrgica, pero algunas veces pueden provocar dolor de cabeza, obstrucción o secreción nasal^{73,75}.

En escasas ocasiones pueden protruir en el meato medio, y raras veces llegan a perforar el hueso y a sobresalir en el meato inferior⁷⁶ o incluso a provocar la expansión de la tuberosidad maxilar⁷⁷.

Un quiste de retención puede obstaculizar la colocación de implantes, en cuyo caso se recurre a la eliminación del quiste antes de cualquier proceso de elevación de seno, regeneración ósea o colocación de implantes osteointegrados.

Un equipo de investigación (Hong SL et al⁷⁸), en su estudio de 2017, demostró que no hay diferencia en la formación del hueso cuando se realiza la aspiración del contenido del quiste, la elevación del seno y la colocación del implante en una misma cirugía y cuando se elimina el quiste en una primera cirugía, posponiendo para una segunda la elevación del seno y la colocación del implante.

1.6.4 Neumatización del seno maxilar

1.6.4.1 *La neumatización y su desarrollo normal*

La neumatización es un proceso fisiológico normal en todos los senos, que provoca que los senos aumenten de tamaño, este proceso se ve de una forma más clara en el seno maxilar⁷⁹.

Al nacer el seno maxilar ya se encuentra presente y se va desarrollando en el hueso maxilar, y principalmente se neumatiza hacia el hueso alveolar durante la erupción de los dientes definitivos. A los 12-13 años el suelo del seno maxilar y el suelo de la cavidad nasal están al mismo nivel, pero, al continuar la formación y la erupción del tercer molar, el seno maxilar sigue cambiando hasta los 20 años, momento en que se observa que el suelo del seno se encuentra a 5-10 mm por debajo del suelo de la cavidad nasal. Incluso se ha registrado que hasta los 30 años el seno maxilar puede seguir sufriendo cambios hasta finalizar su crecimiento^{79, 80}.

1.6.4.2 *Problemas de la neumatización del seno maxilar en adultos*

Con la exodoncia de los dientes en la zona posterior del maxilar superior en los pacientes adultos, la anatomía cambia y el seno maxilar también empieza a modificarse de nuevo en función de las alteraciones que han tenido lugar en la zona de su suelo. Según numerosos estudios, el seno vuelve a neumatizarse, y el suelo del seno se sitúa en una posición más baja en la zona del diente extraído. Este hecho fue observado claramente cuando se comparó el mismo sitio y posición del seno antes y después de la exodoncia. Los estudios han coincidido en que la mayor parte de la reabsorción ósea ocurre durante los primeros 6 meses después de la exodoncia, si bien esta reabsorción se mantiene durante años, décadas o incluso para toda la vida a un ritmo de 0.5% a 1%, aunque disminuye notablemente después del primer año, complicando cualquier tratamiento protésico para la sustitución de los dientes o premolares perdidos^{81,82,83,84,85,86,87}.

Esta nueva neumatización supone que se producirán modificaciones en los protocolos de tratamiento en la zona posterior del maxilar superior.

El grado de neumatización depende de varios factores. Resulta más evidente cuando se realiza la exodoncia de un diente que ya está incluido dentro del seno maxilar, la exodoncia de varias piezas posteriores adyacentes, y de manera destacada cuando se extraen los segundos molares superiores. Asimismo, se ve favorecido cuando se realiza la exodoncia de un solo diente o de un diente endodóticamente afectado, o cuando la exodoncia se lleva a cabo en el momento en que la membrana del seno tiene un grosor mayor a 10 mm. Para concluir este apartado, cabe indicar que la neumatización es más notable en los senos maxilares del sexo masculino con respecto al femenino^{81,88}.

1.7 EL HUESO RESIDUAL

El cambio en la altura, anchura y volumen del hueso alveolar, además de la alteración en el tejido blando como consecuencia de la exodoncia dental y neumatización del seno afecta y compromete los distintos tratamientos dentales como pueden ser las apicectomías o la colocación de implantes^{89,90,91}.

Son varias las teorías que explican la disminución en la altura vertical del hueso alveolar después de la exodoncia, la mayoría justifica este cambio debido a la neumatización del seno maxilar provocando una disminución en la altura del hueso, aparte de la reabsorción del hueso en el sitio de exodoncia (no debido a la neumatización) hasta tal punto que el seno puede unirse a la cresta del hueso remanente^{79,88, 91, 92, 93}.

Sin embargo, Martina Schriber et al.⁹⁴ en su trabajo de investigación en 2019 desmiente que la reducción vertical en el tamaño del hueso sea consecuencia de la neumatización del seno y manifiesta que el edentulismo no tiene ningún efecto sobre el seno maxilar y sus dimensiones, lo que significa, según ella, que la exodoncia de dientes no provoca ningún cambio en el volumen del seno. Luego de la publicación de este trabajo, otros investigadores llegaron a conclusiones parecidas y atribuyeron los cambios verticales y horizontales en el hueso alveolar al mecanismo de remodelación ósea y entre sus conclusiones se destaca el hecho de que la neumatización del seno después de la exodoncia de dientes es un proceso largo y complejo^{95,96}.

Benic et al.⁹⁷ ha propuesto una clasificación de los defectos presentes en el hueso alveolar para facilitar la decisión del método de regeneración ósea a seguir para la rehabilitación dental mediante implantes osteointegrados.

La clasificación propuesta es la siguiente:

Clase 0: El volumen óseo es suficiente para la colocación de un implante estándar; sin embargo, puede recomendarse una regeneración ósea complementaria en la zona estética con el fin de optimizar el contorno alveolar y mejorar el resultado funcional y estético.

Clase 1: En esta clase existe un espacio entre la superficie del implante y la pared ósea del alveolo, si el defecto horizontal supera 1-2 mm, se regenera el defecto.

Clase 2: En esta clase se encuentran dehiscencias periimplantarias, el defecto se regenera con un sustituto óseo, la estabilidad de la zona es adquirida a través de las paredes óseas adyacentes y es recomendable el uso de membranas para mayor estabilidad.

- Clase 3:** Las dehiscencias periimplantarias en esta clase forman un defecto importante, en el que la estabilidad de la zona después de la regeneración no puede estar proporcionada por las paredes adyacentes, por lo tanto, se considera oportuno usar junto al sustituto óseo una membrana reforzada con titanio para garantizar la estabilidad.
- Clase 4:** El defecto óseo en esta clase es horizontal impidiendo la colocación de implantes, se recurre entonces a una regeneración previa.
- Clase 5:** El defecto óseo es vertical, por lo que resulta obligado descartar cualquier tratamiento con implantes antes de la regeneración ósea necesaria.

1.7.1 Clasificación de la relación entre los dientes superiores posteriores y el seno maxilar

Son múltiples los estudios que han clasificado el grado de neumatización del seno maxilar, unos según las imágenes 2D (ortopantomografías) y otros según las imágenes 3D (CBCT).

1.7.1.1 Clasificaciones según las ortopantomografías

- Esta clasificación ha sido propuesta en un reciente estudio y consiste en medir la distancia vertical entre el ápice de las raíces de los primeros premolares, segundos premolares, primeros molares, segundos molares y terceros molares y el suelo del seno maxilar.

En este estudio han dividido las mediciones en tres categorías.

Categoría I: Cuando la distancia es menos de 0 mm, se considera neumatización excesiva del seno maxilar. En este caso los ápices se encuentran perforando el seno.

Categoría II: Cuando la distancia es entre 0 y 3 mm, se considera aproximación del seno maxilar.

Categoría III: Cuando la distancia es igual o mayor a 3 mm, en este caso se puede considerar que no hay aproximación del seno maxilar⁹⁸.

- Otra clasificación existente se basa en el estudio de las ortopantomografías de pacientes que tenían previsto la exodoncia del tercer molar superior, el objetivo de este estudio era evaluar los factores de riesgo de la comunicación oroantral durante esta

intervención. Se ha estudiado la proximidad entre las raíces superiores y el seno y se ha clasificado de la siguiente forma:

- Tipo I:** El suelo del seno maxilar se curva suavemente y se puede distinguir claramente de la punta de la raíz.
- Tipo II:** El suelo del seno se curva intensamente y está parcialmente supuesto por la punta de la raíz.
- Tipo III:** El borde inferior del seno maxilar desciende extensamente desde el primer premolar hasta el tercer molar y está superpuesto por la mayoría o todas las raíces superiores.
- Tipo IV:** El borde inferior del seno toca las puntas de las raíces, y desciende entre ellas.
- Tipo V:** La relación entre el borde inferior del seno maxilar y la estructura radicular es poco definida ⁹⁹.

1.7.1.2 Clasificaciones según CBCT

- Esta clasificación tiene lugar en un estudio cuyo primer objetivo es evaluar el volumen del hueso en el maxilar superior edéntulo y estimar el grado de neumatización.

La clasificación es la siguiente:

- SP0:** Se produce cuando el seno maxilar se encuentra en una posición alta o cuando está de pequeño tamaño y no se interfiere con la colocación de implantes.
- SP1:** Se produce cuando se puede colocar hasta más de seis implantes en un maxilar superior edéntulo.
- SP2:** Neumatización moderada, en este caso se puede plantear la colocación de entre 4 a 6 implantes.
- SP3:** Severa neumatización. Cuando puede ser necesaria una elevación de seno o injertos óseos para la colocación de cuatro implantes.
- SP4:** Neumatización extrema. Cuando el seno maxilar ocupa todo el maxilar superior y no se pueden colocar implantes sin la realización de tratamientos más complejos como pueden ser los implantes cigomáticos ¹⁰⁰.

- En una segunda clasificación, se evalúa la profundidad del seno maxilar. Consiste en medir la distancia entre el paladar duro y la extensión del seno maxilar en el hueso alveolar.

- Clase I:** En los casos en los que el suelo del seno está por encima del nivel del paladar duro.
- Clase II:** Cuando el suelo del seno está entre 0 y 6 mm por debajo del nivel del paladar duro.
- Clase III:** Cuando el suelo del seno está a más de 6 mm por debajo del nivel del paladar duro ¹⁰¹.

1.8 ALTERNATIVAS A LA NEUMATIZACIÓN DEL SENO MAXILAR

En la actualidad, ha aumentado notablemente la demanda de colocación de implantes dentales, debido al envejecimiento y al aumento de la edad media de la población española ¹⁰².

En los últimos años se ha podido comprobar que la rehabilitación con implantes es el tratamiento de elección en la mayoría de los pacientes de edad avanzada ¹⁰³.

Según los datos publicados por el Consejo General de Dentistas de España en 2021, el porcentaje de la población totalmente desdentada entre los 65 y 74 años es del 7%. Por otro lado, es de destacar el alto porcentaje de adultos jóvenes que han perdido al menos un diente y que supone un 56% ¹⁰⁴.

La solución ideal para la rehabilitación de los dientes perdidos es la colocación de implantes dentales cuya longitud sea superior a 10 mm y que soportan una prótesis fija, lo que garantiza un buen pronóstico de la rehabilitación ¹⁰⁵, pero un importante número de pacientes que desean sustituir sus dientes perdidos presentan una considerable pérdida de hueso y atrofia de sus maxilares, lo cual dificulta de manera extraordinaria cualquiera de estos procedimientos quirúrgicos ¹⁰⁶.

Con la atrofia del maxilar superior, poco lecho óseo, y la neumatización del seno maxilar después de la exodoncia de los dientes superiores posteriores, se complica considerablemente la colocación de los implantes convencionales, sobre todo en la zona posterior del maxilar superior ¹⁰⁷.

Es cierto que las prótesis removibles presentan una serie de ventajas que no poseen las prótesis fijas, dentro de las cuales se pueden enumerar el menor coste y la mayor facilidad para mantener una correcta higiene ¹⁰⁸. No obstante, los inconvenientes de las prótesis removibles, tales como la inestabilidad y la necesidad continua de ajuste, con la consecuente molestia para el paciente y para el profesional, son imposibles de evitar ¹⁰⁹.

El importante efecto psicológico y emocional que ocasiona en los pacientes llega al punto, en ocasiones, de que éstos se sientan avergonzados, e incluso estigmatizados, por

llevar una prótesis removible ¹¹⁰. Para superar el obstáculo de falta de hueso, que impide la colocación de implantes, existen varias técnicas quirúrgicas que siempre tienen como objetivo proveer las condiciones anatómicas adecuadas para la colocación y el éxito del implante osteointegrado, como la regeneración ósea guiada -ROG-, la elevación del seno y la realización de injertos óseos. Sin embargo, estas cirugías no se consideran siempre un tratamiento predecible, pueden estar mal toleradas por los pacientes, además de suponer un desafío técnico de gran envergadura para el profesional ¹¹¹.

1.8.1 Implantes cortos

Los implantes cortos fueron introducidos por primera vez por Thomas Driskell en 1985, cuando la longitud mínima aceptada de implantes para garantizar la estabilidad primaria era entre 12 y 20 mm. El primer implante corto medía 8 mm, luego Branemark introdujo un implante de 7 mm, en la actualidad existen implantes cortos que oscilan entre 4 y 5 mm ^{112, 113}.

La definición de los implantes cortos genera controversia. La mayoría de los investigadores considera un implante corto cualquier implante cuya longitud es de 8 mm o inferior ^{114, 115, 116}, otros estiman que son aquellos cuya longitud es inferior a 8.5 mm ^{105, 117} y para un tercer grupo el implante es corto cuando mide menos de 10 mm ¹¹⁸.

En cuanto a los implantes de menos de 6 mm, parte de los investigadores los consideran cortos ^{119, 120, 121}, al tiempo que otros los clasifican como extra cortos ¹²², y, de igual modo, se pueden reputar extra cortos los implantes de menos de 4 mm ^{123, 124}.

El uso de implantes cortos disminuye la necesidad de procedimientos quirúrgicos avanzados y complicados de aumento óseo, lo que reduce las complicaciones derivadas de las cirugías, los costes, el tiempo de tratamiento y la morbilidad ¹²⁵.

Se ha aceptado que los implantes cortos son una buena opción para la rehabilitación de las crestas alveolares posteriores atrofiadas, demostrando una tasa de supervivencia, una pérdida de hueso marginal y una estabilidad del implante similares a los implantes convencionales, ya que pueden durar hasta 15 años ¹²⁶. Estos implantes son también de gran importancia en las rehabilitaciones maxilofaciales y en los pacientes con cáncer de cabeza y cuello, cuando las cirugías complicadas están contraindicadas por razones médicas o psicológicas ¹²⁷.

Son múltiples los estudios que han comparado el éxito entre los implantes cortos y los implantes convencionales, siendo las conclusiones diversas.

Se ha demostrado en varios estudios que el pronóstico de los implantes cortos es similar al de los implantes convencionales, y que presentan menos complicaciones biológicas ^{1, 1}, pese a que se había propuesto que, debido a la alta proporción entre la

corona y el implante corto, aumentaba la posibilidad de complicaciones, como la pérdida del hueso marginal, el aflojamiento del tornillo o la pérdida de retención ¹²⁸.

La colocación inmediata de implantes cortos no supone un riesgo más elevado de fracaso, ya que la tasa de supervivencia, la pérdida de hueso marginal y la estabilidad del implante han sido similares al compararlas con los implantes convencionales ¹¹⁴.

Se ha demostrado que, en casos de regeneración ósea vertical, los implantes cortos ofrecen resultados clínicos predecibles, con tasas de supervivencia comparables a los implantes convencionales y con menor pérdida ósea marginal y menos complicaciones a medio plazo. ¹²⁹.

Sin embargo, cuando las investigaciones consideraron como implante corto cualquier implante que midiese 6 mm o menos, la tasa de supervivencia era del 96% e incluso del 87%, según distintos estudios, mientras que en el caso de los implantes convencionales esta tasa alcanzaba el 98% y el 100% respectivamente ^{130,131}.

Otros autores que han utilizado la misma premisa (implantes cortos ≤ 6 mm) han llegado a una conclusión diferente, demostrando que estos pueden ser una alternativa válida a la elevación del seno y a la colocación de implantes largos (>10 mm) en la rehabilitación del maxilar posterior. En los primeros 3 años, presentan una tasa de supervivencia similar a la de los implantes convencionales largos, junto con ventajas en el nivel de pérdida ósea, número de complicaciones, costes y tiempo quirúrgico ¹³².

Los implantes extra cortos aquellos de 4 mm; han mostrado al año resultados satisfactorios al compararlos con los implantes de más de 10 mm, ya que no había diferencia en la tasa de supervivencia, a pesar de presentar una mayor pérdida de hueso marginal ¹³³.

Otra alternativa en la rehabilitación de los maxilares superiores atróficos y con el seno maxilar neumatizado es combinar la colocación de implantes extra cortos (4 mm) e implantes largos (10 mm) para la fabricación de coronas ferulizadas. Esta opción ha revelado cifras de éxito al año, tanto en los implantes como en la prótesis ¹³⁴.

Dentro de las desventajas de los implantes cortos cabe destacar una mayor complicación en el manejo, y es que la precisión a la hora de colocar un implante corto es fundamental, debido al riesgo de causar una lesión neurovascular, sobre todo cuando el hueso residual es reducido. Además, con la presencia de una gran pérdida de hueso marginal la posibilidad de perder la estabilidad del implante es mayor que en el caso de los implantes convencionales ¹³⁵.

1.8.2 Implantes cigomáticos

Los implantes cigomáticos son una opción eficaz para la rehabilitación de los maxilares superiores atróficos sin la necesidad de regenerar de manera previa el hueso^{127,128}. Así, están indicados para rehabilitar el maxilar superior en caso de enfermedades sistémicas que causan reabsorción del maxilar superior; maxilectomías como las practicadas a causa de tumores; pacientes inmunocomprometidos; enfermedades congénitas, como el paladar hendido; pacientes no aptos para la reconstrucción ósea, ya sea por la morbilidad del sitio donante o por la prolongación del tratamiento en el tiempo; y neumatización severa del seno maxilar. Además, los implantes cigomáticos son de gran valor en la rehabilitación del maxilar superior en caso de grandes traumatismos que impliquen varias estructuras óseas^{136,137,138}.

Las contraindicaciones de los implantes cigomáticos no difieren de las de los implantes convencionales, como son el consumo excesivo de tabaco, la radioterapia de cabeza y cuello o el tratamiento con bifosfonatos. También están contraindicados para los pacientes susceptibles a las infecciones del tracto respiratorio superior, ya que resulta más fácil para ellos desarrollar una sinusitis crónica¹³⁹.

La técnica original para su colocación fue diseñada por Branemark¹³², cuando fue capaz de combinar la colocación de implantes cigomáticos intrasinales en el sector posterior del maxilar superior con la colocación de implantes convencionales en la zona anterior del maxilar superior para garantizar la estabilidad mecánica de la futura prótesis¹³².

Sin embargo, posteriormente se han propuesto otras técnicas de inserción, como la extrasinusal, la ranura sinusal y la combinación entre la técnica intrasinusal y la extrasinusal^{140,141,142}.

La técnica de inserción extrasinusal de los implantes cigomáticos presenta ventajas sobre la intrasinusal, ya que reduce las posibles complicaciones de la técnica original (intrasinusal), entre ellas, la sinusitis (la cual se considera la complicación más frecuente de este tipo de implantes), la rinitis, la molestia producida como consecuencia del mal posicionamiento de la prótesis hacia el área palatina, y los problemas de los tejidos blandos como la mucositis, además de aumentar la estabilidad del implante, ya que ofrece mayor contacto entre el implante cigomático y el hueso^{143,144}.

Existen varias opciones para la rehabilitación de los maxilares superiores excesivamente atróficos, entre las cuales se encuentran la colocación de sólo 4 implantes cigomáticos y la colocación de 2 implantes cigomáticos combinados con implantes convencionales, teniendo estas dos opciones la misma tasa de supervivencia, pero con la posible necesidad de regenerar el hueso en la zona anterior del maxilar antes de la inserción de los implantes convencionales en caso de combinar los 2 tipos de implantes^{145,146}. Por otro lado, es necesario destacar que la tasa de supervivencia de los

implantes cigomáticos es muy alta, aunque lógicamente el número de ellos que se realizan es mucho menor que los convencionales.

Según los autores, esta tasa es similar a la de los implantes convencionales, oscilando entre el 94.32% y el 100%. Asimismo, la duración sin complicaciones, de los implantes cigomáticos puede alcanzar los 18 años ^{147,148,149}.

Así, transcurridos 12 años desde su colocación, los implantes cigomáticos tenían una tasa de supervivencia del 97.15%, mientras que después de 18 años de seguimiento esta tasa llegó a 94.32% ^{150,151}.

Sin duda, el tratamiento con implantes cigomáticos es predecible, con una menor tasa de complicaciones graves, en comparación con otros tratamientos en los maxilares extremadamente atróficos ¹⁵⁰.

Sin embargo, presenta varias complicaciones, siendo la más frecuente la sinusitis crónica. Así, se observa que la técnica de inserción de los implantes cigomáticos está relacionada con la sinusitis ¹³¹, ya que alrededor de 11.42% de los pacientes que tenían los implantes intrasinusales desarrollaron esta enfermedad ^{152,153}.

Se ha propuesto también que la edad, sobre todo los mayores de 52 años, el fumar, la desviación del septo nasal y las variaciones anatómicas son factores que predisponen a la sinusitis. Entre las complicaciones existen también infecciones como la de las encías alrededor del implante, la comunicación oroantral, la recesión de las encías, la parestesia y la mucositis ^{154,155}.

Con el principal objetivo de disminuir las complicaciones, el profesional debe tomar en consideración los factores predisponentes a la hora de plantear un tratamiento con implantes cigomáticos. Entre dichos factores cabe destacar el gran grosor de la membrana de Schneider (más de 3 mm), el alto grado de neumatización del seno y el tiempo de rehabilitación protésica prolongado. A su vez, se ha visto que el sexo, la posición, la longitud y la superficie del implante no están relacionados con el fracaso del implante. Hay que destacar, para terminar, que el fracaso puede tener lugar a partir de los 6 meses y hasta los 15 años después de la inserción del implante ^{144,155,156, 157}.

1.8.3 Implantes pterigoideos

Este tipo de implantes fue descrito por primera vez por Tulasne et al. en 1989 ¹⁵⁸. El objetivo de estos implantes es aprovechar la densidad y el anclaje del hueso de la zona posterior del maxilar superior, insertando el implante en la tuberosidad y haciéndolo llegar hasta la estructura anatómica pterigoidea ¹⁵⁹. Esta técnica ayuda a evitar la necesidad de procedimientos quirúrgicos previos a la colocación de implantes tales como la elevación

del seno, ya que el implante pasa por detrás de éste, los cantilévers se sitúan en la zona posterior y se produce la regeneración de hueso ^{159,160,161}.

Una revisión sistemática de la literatura revela que la tasa de supervivencia de los implantes pterigoides es alta. En concreto, a los 10 años estos implantes han seguido siendo funcionales con una tasa del 94.85%, y la mayoría de los implantes fracasados tuvieron lugar en los primeros 6 meses después de su inserción¹⁶². Sin embargo, la morfología de la zona pterigomaxilar difiere entre las personas. Así, se ha visto que el sexo, la edad y la ausencia de dientes afectan a la densidad del hueso, y por ello, resulta esencial una valoración radiográfica muy detallada de cada paciente en función de estos factores ¹⁶¹.

Estos implantes proporcionan una opción muy asequible en la rehabilitación de los maxilares edéntulos con atrofia de la zona posterior, ya que, combinados con los implantes convencionales en la zona anterior, brindan un buen soporte para las prótesis fijas y una gran satisfacción de los pacientes. A corto plazo la tasa de supervivencia de estos implantes fue mayor que la de los implantes convencionales, 97.8% frente a 96.5%, mientras que a los diez años esta supervivencia se acerca a 94.63%¹⁶³. El estudio biomecánico de los implantes pterigoideos revela que éstos disminuyen de manera significativa las tensiones ejercidas sobre el hueso adyacente ¹⁶⁴.

Se ha señalado que los implantes pterigoideos presentan una alta tasa de supervivencia y pocas complicaciones, hecho que ha sido comprobado por varios estudios, en los cuales se muestra que la tasa de supervivencia al año de la colocación de los implantes ha sido de 100%, ya con las prótesis en función con las y sin ningún dolor ni parestesia¹⁶⁵. Estos implantes son estables y pueden ser tan predecibles como los implantes en otras zonas del maxilar superior, porque entre otras razones brindan un soporte excelente gracias al hueso en la zona posterior, sin la necesidad de elevar el seno o regenerar el hueso.

Esta técnica quirúrgica de los implantes pterigoideos es un procedimiento quirúrgico que el cirujano debe manejar para ofrecer a los pacientes con maxilares superiores reabsorbidos una opción de tratamiento factible, sin complicaciones o con complicaciones mínimas y sin la necesidad de recurrir a otras alternativas que pueden requerir procedimientos quirúrgicos más complejos y con un mayor número de complicaciones mediatas y tardías ^{166,167}.

1.9 INJERTOS ÓSEOS

El hueso alveolar, el ligamento periodontal (LPD), la encía y el cemento son tejidos conectivos que integran el periodonto. Esta estructura anatómica y funcional, tiene muchas funciones, de las cuales la más importante es el soporte de los dientes, además de que

protege contra los patógenos y hace posible una vinculación estrecha y armónica entre el diente y el hueso ^{168,169}. En condiciones normales, el hueso alveolar experimenta constantemente un proceso fisiológico de remodelación, con el objetivo de reemplazar el hueso viejo y dañado por uno recién formado. Este proceso se lleva a cabo por dos tipos de células óseas:

- 1- Células formadoras de hueso (Osteoblastos, OB), que sintetizan la nueva matriz ósea.
- 2- Células que reabsorben hueso (Osteoclastos, OC), responsables de la resorción ósea, al disolver los minerales de la matriz ósea ¹⁷⁰.

Pero la acumulación de la placa dental, especialmente en el margen gingival, es la responsable de iniciar una reacción inflamatoria que afecta al periodonto, y que da lugar a la destrucción del hueso periodontal, a causa de los microorganismos proteolíticos y anaeróbicos y citoquinas que favorecen la actividad de los osteoclastos sobre la de los osteoblastos. Este desequilibrio potencial de disolución ósea produce en muchos casos pérdida de fijación y, consecuentemente, pérdida de dientes ^{171,172,173}.

Entre las causas que provocan una pérdida ósea en los maxilares se encuentran los traumas, la cirugía periodontal, las alteraciones estructurales del entramado periodontal y el cáncer oral ^{174,175}.

La reabsorción de la cresta alveolar ha sido clasificada según el hueso remanente en dirección vertical y horizontal en los siguientes grupos:

1-Reabsorción horizontal (defecto supraóseo):

Ocurre cuando se pierde el hueso en dirección vestibulolingual en los dientes adyacentes, de forma que la línea del hueso alveolar que conecta la unión cemento esmalte es paralela a la cresta alveolar.

2-Reabsorción vertical (defecto intraóseo):

La reabsorción es vertical cuando el hueso se disuelve en una dirección apicocoronaria, conservando la anchura vestibulolingual. Normalmente la reabsorción vertical está limitada a un solo diente o a dos.

3-Reabsorción mixta:

Es una combinación de la reabsorción horizontal y la vertical, es decir, una pérdida en la altura y en la anchura del hueso de la cresta alveolar ^{173,176,177,178,179}.

Por su parte, Allen ¹⁸⁰ ha clasificado la severidad de los defectos óseos en tres grados según la cantidad del hueso reabsorbido:

- Leve: cuando el defecto es menor a 3 mm.
- Moderado: cuando el defecto es de entre 3 y 6 mm.
- Severo: en el caso de los defectos mayores de 6 mm.

Cuando se reduce la cantidad del hueso alveolar se complica bastante la rehabilitación de la zona edéntula, sobre todo con implantes osteointegrados, por lo que se recurre a la regeneración del alveolo.

Se han investigado durante mucho tiempo los diferentes materiales usados para la regeneración y las diversas técnicas que utilizamos para posicionarlo en el área anatómica de los maxilares. A continuación, resumimos y comparamos los diferentes tipos de hueso usado para la regeneración y las técnicas.

1.9.1 Tipos de los injertos óseos

Los injertos óseos y sus sustitutos han sido clasificados en varios grupos según el origen del tejido usado para la regeneración y el tipo de material¹⁸¹.

1.9.1.1 Injertos óseos de origen natural

Estos injertos derivan de un ser vivo y no han sido sujetos a ninguna modificación. Se dividen en 4 categorías:

1.9.1.1.1 Autoinjertos

Se consideran los injertos más seguros, ya que provienen del propio paciente, es decir, no manifiestan ningún tipo de histocompatibilidad ni reacciones inmunológicas, además de ser el único injerto que contiene células vivas, capacidad osteogénica y factores de crecimiento que favorecen la formación del nuevo hueso, todo ello como consecuencia de sus propiedades osteoinductoras y osteoconductoras¹⁸².

Las zonas donantes pueden ser intraorales (como la línea oblicua externa, la rama mandibular, el mentón y la región retromolar), así como extraorales (como en el caso del área distal del radio, las costillas y la cresta iliaca)¹⁸³.

A pesar de sus reconocidas ventajas, los injertos autógenos presentan importantes limitaciones. Entre las principales desventajas destacan su elevado coste —derivado en gran parte de la necesidad de múltiples intervenciones quirúrgicas—, la morbilidad asociada al sitio donante, el riesgo de fractura, así como la posibilidad de complicaciones

postoperatorias, tales como infecciones, inflamación, hernias, lesiones nerviosas, dolor o sangrado excesivo. Asimismo, este tipo de procedimientos no resulta indicado en pacientes con osteoporosis, ya que la deficiente calidad ósea compromete el proceso de regeneración. Como consecuencia de estas limitaciones, la aplicación clínica de los autoinjertos se ha restringido a defectos de pequeño tamaño, quedando descartados en aquellos casos que requieren un mayor volumen de regeneración.

En este contexto, en los últimos años los injertos de dentina autóloga procesada se han consolidado como una alternativa eficaz en la preservación alveolar y la regeneración ósea. Su origen autólogo elimina el riesgo de rechazo inmunológico, mientras que su similitud bioquímica con el hueso alveolar, rica en colágeno tipo I y proteínas morfogenéticas óseas, les brinda propiedades osteoconductoras y osteoinductivas. El procesamiento clínico mediante dispositivos específicos permite obtener partículas de dentina estériles y biológicamente activas, capaces de favorecer la formación de nuevo tejido óseo y reducir la reabsorción alveolar que se produce tras una exodoncia ^{184,185}.

1.9.1.1.2 Aloinjertos

Los aloinjertos son partículas óseas obtenidos de cadáveres humanos ¹⁸⁶. Son muy buenas alternativas a los autoinjertos y últimamente han sido los injertos de utilización preferida, ya que superan la desventaja más importante que presenta el hueso autógeno: tienen la capacidad de regenerar grandes defectos óseos sin someter al paciente a los inconvenientes de los autoinjertos mencionados anteriormente ¹⁸⁷.

Los aloinjertos son los injertos de uso en las regeneraciones verticales del hueso alveolar y en casos de severa atrofia del alveolo, aportando una altura suficiente para la colocación de implante, teniendo al mismo tiempo unas grandes propiedades osteoinductivas y osteoconductoras ^{188,189}.

A pesar de lo anterior, no dejan de tener unas limitaciones serias, entre las que cabe destacar la posibilidad de transmisión de infecciones como el VIH o la hepatitis B y C.

Para eliminar estos riesgos, se han sugerido tratamientos como el sometimiento del tejido a la esterilización, el desbridamiento mecánico, el lavado por ultrasonido y la exposición del aloinjerto a rayos gamma ¹⁹⁰.

1.9.1.1.3 Xenoinjertos

Los xenoinjertos son materiales de regeneración que tienen carga genética de una especie distinta al receptor ¹⁹¹. Es decir, no es un hueso humano y tiene origen animal. El tipo más usado actualmente es la hidroxiapatita bovina, conocida comercialmente bajo el nombre de *Bio-Oss* ¹⁹². Su estructura se parece mucho a la del hueso humano y además, cuenta con soporte mecánico y estímulo osteoinductor y osteoconductor ¹⁹¹.

Algunos estudios han revelado que la capacidad del *Bio-Oss* para la formación de nuevo hueso iguala a la de los autoinjertos, e incluso la supera en ocasiones. Otro tipo de xenoinjerto que está siendo investigado es el Chitosan, el cual se cree que estimula la regeneración, apoyando la actividad osteoblástica^{193,194}.

1.9.1.1.4 Injertos de base vegetal

Son un sustituto óseo proveniente de plantas y hierbas tales como el Gusuibo, una hierba que se usaba para el tratamiento de fracturas óseas por su capacidad osteoconductor.

También existen los sustitutos a base de corales, que se caracterizan por ser ricos en carbonato de calcio e hidroxiapatita natural, y que derivan de las algas marinas. Hoy en día se encuentran en el mercado bajo el nombre de *AlgiPore*. Este tipo de sustitutos ha sido usado en la regeneración ósea desde hace muchos años.

Además de lo anterior, numerosas técnicas para mejorar los procesos de regeneración están basadas en el empleo de sustancias biocompatibles, antiinflamatorias y que favorecen la regeneración^{195,196}.

1.9.1.2 Sustitutos óseos sintéticos

No cabe duda de que los injertos de origen natural proporcionan propiedades y ventajas que son difíciles de adquirir artificialmente, como es el caso de la osteoinducción¹⁹², que favorece la vascularización y la formación del nuevo hueso.

Al mismo tiempo, las reacciones inmunológicas y la morbilidad del sitio donante son desventajas que la fabricación de sustitutos óseos ha tenido como objetivo superar¹⁹⁷. Estos sustitutos están hoy en día disponibles y se utilizan para complementar las técnicas clínicas de regeneración.

Entre ellos se encuentran:

- Hidroxiapatita HA
- Cerámica de fosfato tricálcico (β -TCP)
- Cerámica de fosfato de calcio bifásico (HA y β -TCP Cerámicas)
- Vidrio bioactivo
- Cementos de fosfato de calcio (CPCs)
- Sulfatos de calcio
- Polímeros
- Metales

Cada uno de estos materiales presenta sus propias propiedades, indicaciones de uso y limitaciones, pero pocas de ellas poseen una clara capacidad osteoinductora¹⁹⁸.

1.9.2 Tasa de éxito de los injertos óseos

La tasa de éxito de los injertos óseos depende de varios factores, de entre los cuales los más importantes son el material y origen del injerto. Según estudios recientes se ha llegado a la conclusión de que la tasa de éxito de implantes colocados en caso de regeneración con injertos autógenos en bloque y en caso de la regeneración ósea guiada (ROG), ha sido casi la misma, sin una diferencia significativa en la estabilidad de los implantes colocados¹⁹⁹.

Se ha sugerido también que la preservación del espacio alveolar tras una exodoncia, es recomendable en varios escenarios, por ejemplo, cuando la regeneración se efectúa en la zona anterior del maxilar superior o en la zona estética, así como cuando se somete al paciente a otras intervenciones, dado que se prolonga el tiempo del tratamiento y se incrementa el coste²⁰⁰.

Para concluir, existen infinitas opciones de regeneración de los defectos del hueso y del aumento de la altura y anchura del reborde alveolar antes de la rehabilitación con implantes.

Es relativamente difícil decidir cuál es el mejor material de regeneración en cada caso, puesto que los diferentes materiales no se comportan igual. Es importante valorar muy bien el tamaño del defecto y la capacidad regenerativa de inmunidad periférica de cada paciente²⁰¹. El tratamiento de elección depende de las competencias del cirujano, de la extensión del defecto óseo y del sitio de regeneración (anterior o posterior), además de la disponibilidad comercial de los diferentes materiales de regeneración y de la disponibilidad económica del paciente para poder hacer frente a unos tratamientos que en general son muy costosos.

Sin embargo, existen ciertos procedimientos que es indispensable realizar si se decide regenerar el hueso y que se consideran claves para el éxito del proceso, independientemente del material o de la técnica usada, por ejemplo, el control de placa o la estabilidad del injerto, por lo que se recomienda el ajuste oclusal o la ferulización de los dientes para evitar movimientos innecesarios que pueden alterar la cicatrización. Además, la incisión gingival tiene que ser lo más mínima posible, para garantizar así el cubrimiento de todo el injerto y la menor lesión del periostio^{202,203}.

Por otra parte, siempre es necesario poder preparar el área receptora del injerto, con las mejores garantías de vascularización, y al tiempo realizar unos colgajos mucoperiosticos suficientes que garanticen la viabilidad del aporte sanguíneo para evitar la necrosis previa del defecto que se regenera¹⁷³.

1.10 ELEVACIÓN DEL SENO MAXILAR

1.10.1 Altura residual de la cresta alveolar

Uno de los factores más importantes que afectan a la supervivencia del implante es la altura ósea restante.

Se ha sugerido que, cuando la altura del hueso alveolar es inferior a 5 mm, la tasa de supervivencia del implante se ve considerablemente comprometida.

Una de las soluciones propuestas para el aumento óseo es la elevación del seno maxilar, la cual se indica cuando la altura ósea residual mide 10 mm o menos^{204,205}.

El pronóstico de la técnica de elevación del seno maxilar depende de muchos factores, siendo uno de los más importantes, como se ha mencionado antes, la altura residual de la cresta alveolar.

Así, se ha demostrado que, cuando la altura ósea es superior a 4 mm, el pronóstico es más favorable que cuando mide entre 2 y 4 mm, y que el pronóstico es menos favorable cuando esa altura es inferior a 2 mm.

Otro factor relevante es la presencia de los dientes posteriores en el maxilar (desde el segundo premolar al segundo molar), dado que se ha observado que la falta de un solo diente da lugar al pronóstico menos favorable, mientras que el pronóstico alcanza su estado más favorable cuando dichos dientes se pierden por completo²⁰⁶.

1.10.2 Técnicas quirúrgicas

1.10.2.1 Técnica de la Ventana Lateral

La técnica de elevación del seno maxilar mediante ventana lateral, también denominada técnica quirúrgica de Tatum, fue introducida por Tatum en 1975 y difundida en conferencias, aunque la primera publicación sobre este procedimiento se atribuye a Boyne y James en 1980. El abordaje consiste en realizar una apertura lateral en el hueso maxilar, a través de la cual se eleva cuidadosamente la membrana de Schneider, creando un espacio entre el suelo del seno y la apertura. Dicho espacio puede rellenarse con hueso autólogo o materiales sustitutos óseos, con el objetivo de aumentar la altura disponible para la colocación de implantes^{207,208}.

A continuación, se lleva a cabo la colocación del implante, que ha de tener la longitud adecuada. Esta técnica está indicada cuando existe una importante pérdida ósea, puesto que permite aumentar verticalmente el hueso hasta 9 mm²⁰⁹.

Las complicaciones más comunes que presenta la elevación del seno, mediante esta técnica son hinchazón, dolor y la más compleja y por desgracia frecuente que es la perforación de la membrana de Schneider, razón por la que se considera la complicación más indeseable en esta intervención²¹⁰.

En un intento de reducir la frecuencia de dicha complicación, se ha sugerido el uso de los equipos piezoeléctricos en lugar de la turbina o pieza de mano para la osteotomía de la ventana. De esta manera, la cirugía resulta más segura y disminuyen las probabilidades de perforar la membrana²¹¹.

1.10.2.2 Técnica de los Osteotomos de Summers

Esta técnica fue descrita por primera vez por Summers²¹² en 1994, y se considera una alternativa a la técnica de ventana lateral, al ofrecer aún más ventajas, dado que es menos traumática y más conservadora.

Consiste en realizar una apertura en la cresta alveolar, apertura que luego se va expandiendo, mediante el uso de osteotomos que progresivamente van aumentando de diámetro, lo cual permite ensanchar el hueso hasta alcanzar la profundidad y el diámetro deseados para la inserción del implante²¹².

La elevación del suelo sinusal se consigue con la presión realizada sobre el volumen de hueso que generalmente se completa con injertos óseos. Se ha descrito también que el espacio generado se puede rellenar con el coágulo de sangre formado. Esta técnica brinda muchas ventajas, entre las que se hallan el reducido tiempo de intervención, menores complicaciones y una mayor comodidad para el paciente, permitiendo al mismo tiempo un aumento de entre 3 y 9 mm de hueso en dirección vertical. En consecuencia, se ha recomendado el uso de esta técnica cuando la altura del hueso residual supera los 5 mm, mientras que la técnica de la ventana lateral se utiliza más habitualmente cuando la altura del hueso remanente es inferior a 5 mm^{212,213}.

1.10.2.3 Técnica de Endoscopia de Engelke

Engelke desarrollo en el 1997 una técnica que se basa en el uso de la endoscopia durante la cirugía sinusal, con el fin de mejorar la visualización, proporcionando una vista directa y precisa del seno maxilar y su membrana, permitiendo de esta forma un proceso más seguro y con menos complicaciones, sobre todo la perforación de la membrana de Schneider.

Del mismo modo, la colocación de injertos óseos e implantes puede ser controlada con precisión asegurando una correcta inserción de los diferentes materiales que introducimos en el seno maxilar²¹⁴.

1.10.2.4 Técnica del Globo Antral

Es una técnica que se describe como aún menos invasiva que la de los osteotomos de Summers. Fue descrita por Munoro en el 2003 y consiste en insertar un globo de silicona e inflarlo, rellenándolo con suero fisiológico, lo cual facilita la elevación del suelo del seno. Se trata de un protocolo mínimamente invasivo, ya que la ventana realizada para la inserción del globo es considerablemente menor que la necesaria en la realización de las otras técnicas^{215,216}.

Además, despega y desplaza la membrana de una forma mucho más delicada y suave que sus alternativas, evitando así la complicación más común en las cirugías de elevación del seno maxilar (la perforación de la membrana) y disminuyendo la probabilidad de infecciones. Se ha señalado también que la tasa de éxito de esta técnica es del 100%²¹⁵.

Generalmente, se recomienda la realización de esta técnica cuando se complica la cirugía de ventana lateral por la presencia de dientes adyacentes al espacio del futuro implante, y también cuando existen limitaciones técnicas para aplicar la técnica transalveolar de Summer por ser demasiado baja la altura de la cresta alveolar.

Para concluir, cabe señalar que la elección de la técnica adecuada para la elevación del seno maxilar depende de varios factores, tales como la altura del hueso remanente, la densidad ósea, el estado periodontal y la presencia o ausencia de dientes adyacentes^{205,217}.

Jensen ha propuesto un protocolo para la elección de técnica de elevación de seno, que mostramos en la siguiente tabla²¹⁷.

Tabla 1. Protocolo de Jensen para la elección de la técnica de elevación de seno maxilar según la altura ósea residual (adaptado de Jensen et al., 1998).

Protocolo de Jensen para la elección de técnica de elevación de seno (simplificado)		
Altura ósea residual	Técnica recomendada	Colocación del implante
> 10 mm	No se requiere	Colocación directa del implante
7 - 10 mm	Elevación transcrestal (osteotomo/ Summers)	Simultánea con implante
4 - 6 mm	Elevación lateral con ventana ósea (técnica de Caldwell-Luc)	Simultánea si buena estabilidad
< 4 mm	Elevación lateral con injerto	Implantación diferida (tras 6-9 meses)

1.10.2.5 Técnica de Osteodensificación:

La osteodensificación, introducida en 2016, es una técnica innovadora para la preparación del hueso con el fin de colocar un implante dental, que emplea fresas de diseño especial (sistema Versah®), compactando y condensando el hueso trabecular en lugar de extraerlo, como ocurre con la instrumentación convencional²¹⁸. Esta metodología resulta especialmente útil en procedimientos de elevación transcrestal del seno maxilar, ya que permite la expansión gradual de la cortical ósea y la elevación controlada de la membrana de Schneider, minimizando el riesgo de perforaciones y favoreciendo la estabilidad primaria del implante. Al preservar e incluso aumentar la densidad ósea local mediante compresión lateral, la osteodensificación optimiza la calidad del lecho receptor y promueve una osteogénesis más predecible. Diversos estudios clínicos han demostrado que esta técnica no solo mejora la estabilidad primaria y la integridad de la membrana sinusal, sino que también facilita la formación de nuevo hueso en el espacio subantral, lo que la convierte en una alternativa menos invasiva y eficaz frente a las técnicas tradicionales de elevación sinusal²¹⁹.

2

Justificación

2 JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, los implantes osteointegrados se consideran uno de los tratamientos más demandados en la actividad clínica del Odontólogo.

En España se colocan cada año entre 1,2 y 1,4 millones de implantes dentales, lo que la sitúa entre los países europeos con mayor actividad implantológica²²⁰. De hecho, un informe reciente de la Sociedad Española de Periodoncia (SEPA) estima que en la última década se han insertado aproximadamente 17 millones de implantes, alcanzando en 2024 una cifra cercana a 2,14 millones de implantes²²¹. Estas magnitudes reflejan la amplia difusión y consolidación de la implantología en la práctica odontológica española.

Las complicaciones en los tratamientos con implantes están aumentando debido a varios factores, dentro de los cuales es la ampliación en el uso de ciertos medicamentos como los antidepresivos y los inhibidores de la bomba de protones, el incremento de las enfermedades sistémicas, como la diabetes y la osteoporosis, lo que ha generado como consecuencia un aumento del número de complicaciones y fracasos en estos tratamientos.

Por otro lado, el envejecimiento de la población española, que se considera una de las más longevas de Europa ha contribuido de manera significativa en el aumento de demanda de colocación de implantes dentales en este sector de la población, que cada vez optan por este tratamiento puesto que brinda una opción más cómoda y duradera que las prótesis removibles, sobre todo que con el avance de tecnología y técnicas quirúrgicas, los procedimientos necesarios para colocación son mucho más fáciles, menos invasivos, y con una mayor tasa de éxitos.

Son varias las limitaciones de colocación de implantes en el sector posterior del maxilar superior, dentro de las cuales es la proximidad al seno maxilar y la insuficiente calidad ósea entre otras. El seno maxilar siempre ha sido un limitante importante para la colocación de implantes en esta zona, sobre todo cuando presenta una intensa neumatización, que tiene lugar de manera secundaria a la pérdida de una o más piezas dentales superiores posteriores. Otros tratamientos pueden afectar a la integridad del seno como las endodoncias y la propia exodoncia que pueden provocar la perforación de la membrana de Schneider o una sinusitis crónica.



En el presente estudio, nos vamos a enfocar en el seno maxilar, su relación con los dientes adyacentes y como las exodoncias de los diferentes dientes lo afectan provocando

su neumatización. Vamos a describir el grado de neumatización en función del número de dientes faltantes, el lado edéntulo, el sexo del paciente y las características de origen racial.

No cabe duda de que las radiografías son un elemento clave en la planificación de los tratamientos dentales y, sobre todo, en las cirugías e implantes dentales, y nos permiten de una manera clara establecer los límites anatómicos del seno maxilar.

Existen múltiples tipos de radiografías dentales, unas proporcionan más detalles y son tecnológicamente más avanzadas que otras, sin embargo, son considerablemente más costosos y menos accesibles que las radiografías convencionales, lo que condiciona su uso en los casos más complejos, a modo de ejemplo, las imágenes TAC y CBCT.

Mientras que las radiografías convencionales, como las ortopantomografías y las radiografías periapicales, aunque siendo menos precisas, siguen jugando un papel importante en el estudio de las estructuras anatómicas y la planificación de muchos tratamientos, sobre todo porque son menos costosos y más asequibles tanto para el odontólogo como para los pacientes.

Se ha descrito que hay dientes que se retienen más que otros y otros que se pierden con mayor facilidad. Por ejemplo, se ha observado que los premolares se pierden antes de los caninos y en general los dientes posteriores antes de los anteriores, y desafortunadamente los dientes maxilares antes de los mandibulares, complicando más la colocación de implantes en el maxilar superior, sobre todo en la zona posterior que está en relación con los senos maxilares. Se ha observado que la neumatización es la variación más común del seno maxilar.

Son varios los estudios que han descrito el cambio en el volumen del seno Maxilar después de exodoncias de dientes superiores posteriores, unos han analizado este aumento usando diferentes tipos de radiografías, como el Sayed⁹⁸, que ha investigado el efecto de exodoncia de dichos dientes en el tamaño del seno y del hueso remanente, estudiando los sitios dentro de los mediante CBCT. Entre otros trabajos encontramos el de Lim⁸⁸ del año 2021, en el que también describe las consecuencias de la exodoncia de ciertas piezas en la neumatización del seno, este, a cambio ha usado las ortopantomografías llegando a la conclusión de que la exodoncia del segundo molar superior lleva a una mayor neumatización que los demás dientes de la zona.

El conocimiento exhaustivo de la anatomía del seno maxilar, no solo nos permite planificar con mayor detalle la intervención quirúrgica sino establecer las necesidades de rehabilitación protésicas y estéticas que demandan los pacientes. Por otra parte, debemos considerar, que en la actualidad la sociedad ha llegado a convencerse de manera subconsciente que los tratamientos con implantes son indoloros, seguros y sin ningún tipo de complicación, influenciados sin lugar a dudas por una publicidad engañosa, denigrante e interesada.

Nada más lejos de la realidad, los tratamientos con implantes osteointegrados especialmente en la proximidad del seno maxilar están sometidos a las dificultades y complejidad de cualquier intervención quirúrgica y por lo tanto el número de complicaciones dependen del estado sistémico del paciente, de su nivel de inmunidad periférica, de su estado emocional, de su condición de enfermo polimedicado y de los problemas óseos, periodontales y oclusales que siempre nos encontraremos en la rehabilitación funcional y estética de un paciente portador de implantes osteointegrados.

3

Hipótesis de trabajo

3 HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1 HIPÓTESIS NULA

La neumatización del Seno Maxilar, no se ve afectada por las características del diente extraído, el número de dientes ausentes, la localización del diente, el sexo del paciente, ni su origen racial.

3.2 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Las características del diente extraído, el número de dientes ausentes, la localización del diente, el sexo del paciente y el origen racial pueden tener un considerable efecto en la neumatización de los senos maxilares e incluso, establecer nuevos criterios sobre la indicación de exodoncia de ciertos dientes y sus consecuencias anatómicas.

4

Objetivos

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVOS PRINCIPALES

El objetivo principal del presente trabajo de investigación ha sido establecer el grado de neumatización de los senos maxilares en función de los siguientes factores:

1. El número de dientes presentes y/o ausentes.
2. La edad de los pacientes.
3. El sexo.
4. Las características raciales.
5. La localización del diente.

4.2 OBJETIVOS SECUNDARIOS

Como objetivos secundarios hemos considerado los siguientes:

1. Determinar el grado de neumatización de los senos maxilares en nuestra población de estudio.
2. Determinar las medidas de los senos maxilares utilizando métodos matemáticos.

5

Material y metodología

5 MATERIAL Y METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Nuestra investigación ha sido un estudio descriptivo, observacional, transversal y retrospectivo, con ortopantomografías obtenidas con anterioridad, con el objetivo de analizar el efecto de varios factores sobre las dimensiones y la neumatización de los senos maxilares.

El plan de trabajo fue valorado por el Comité de Bioética de la Universidad de Santiago de Compostela, y fue aprobado por la misma con el código: **USC 64/2024**.

5.2 MATERIALES

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en España y en Egipto, utilizando ortopantomografías realizados con anterioridad para los pacientes que acudían para recibir un tratamiento odontológico con diferentes fines.

Se ha procurado durante la selección de las imágenes que todas fueran tomadas con el mismo equipo radiológico, el mismo procedimiento tecnológico de panorámicas, voltaje, intensidad y tiempo de exposición.

De igual forma el estudio de las imágenes fue realizado con el mismo software, tanto en España como en Egipto.

En España el trabajo ha tenido lugar en la Unidad docente de Cirugía Oral de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, analizando las ortopantomografías procedentes del archivo de datos de la Unidad de Radiología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela.

Mientras que en Egipto el trabajo se hizo en el centro de radiología privado "El Nour Radiology Center" en la ciudad de Alejandría en Egipto.

Se anonimizaron todas las ortopantomografías seleccionadas, eliminando toda información de carácter personal en conformidad con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, antes de empezar con las mediciones en las radiografías.

5.2.1 Cálculo del tamaño muestral

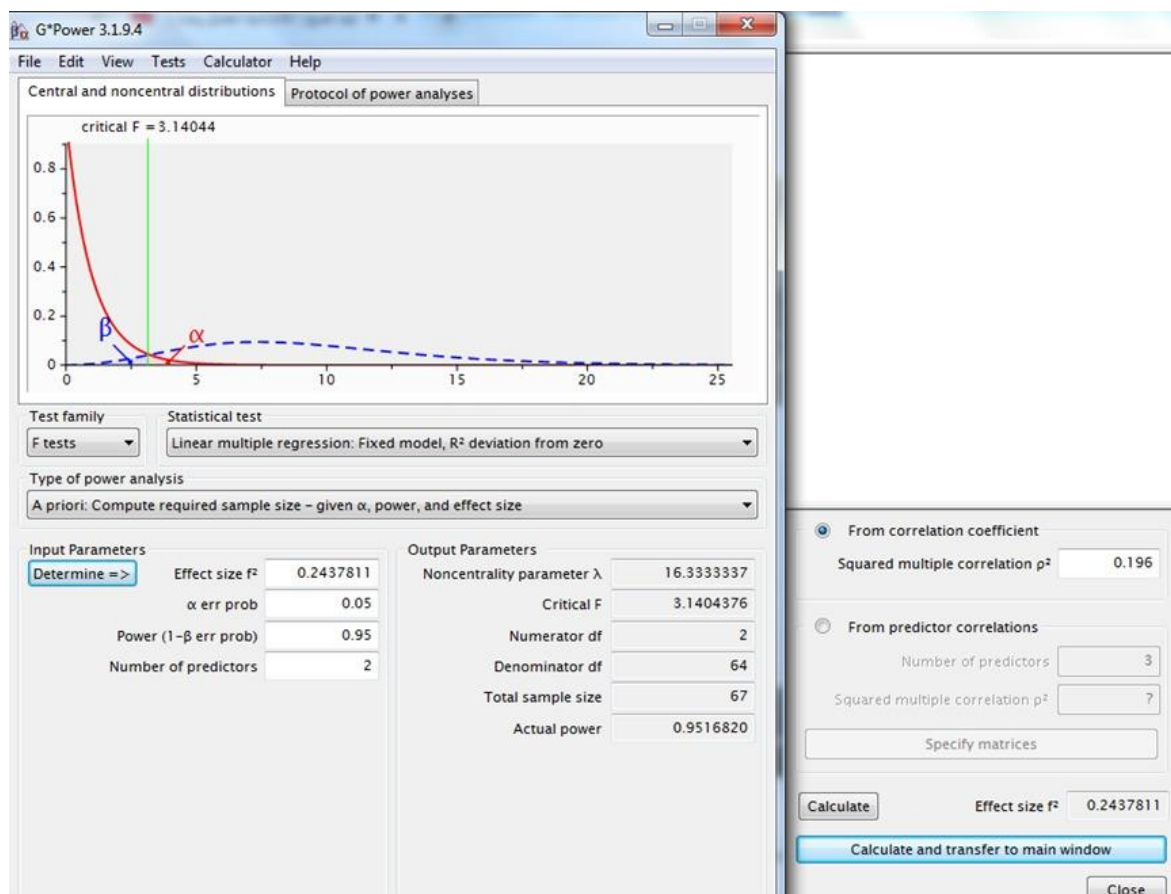
El tamaño muestral necesario para un estudio sobre la neumatización del seno maxilar tras las exodoncias dentales se calculó utilizando el programa G*Power.

España

Para la exodoncia del segundo molar, se determinó que eran necesarios 67 pacientes españoles. El cálculo se basó en un tamaño del efecto de 0,2437811, dos predictores (género y edad), un error alfa de 0,05 y una potencia estadística de 0,95.

En resumen, los cálculos permitieron determinar el número mínimo de participantes necesarios para que el estudio tuviera una potencia estadística suficiente en ambas poblaciones.

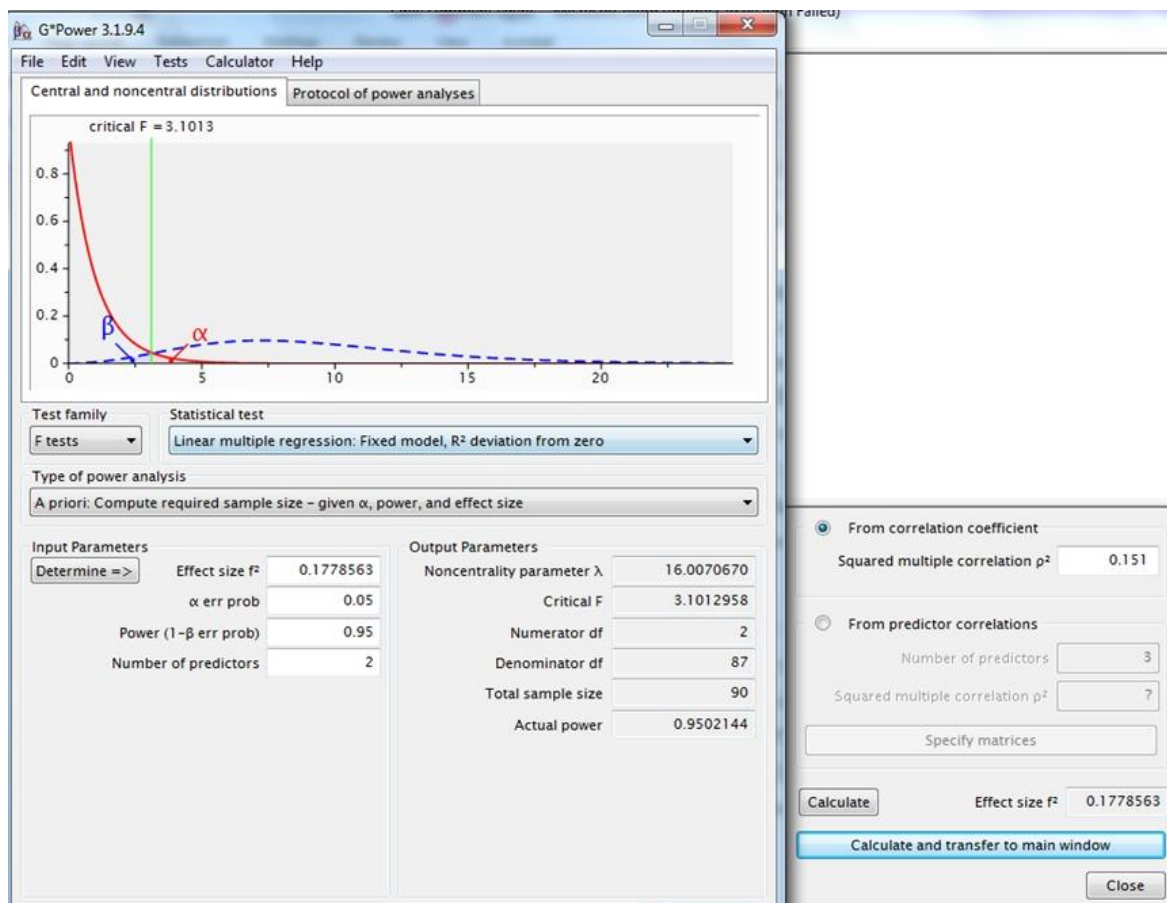
Figura 3: Cálculo del tamaño muestral mediante el programa G*Power para el estudio de la neumatización del seno maxilar en la población española.



Egipto

Se determinó que eran necesarios 90 participantes para la exodoncia del primer molar. El cálculo se basó en un tamaño del efecto de 0,1778563, dos predictores (género y edad), un error alfa de 0,05 y una potencia estadística de 0,95.

Figura 4: Cálculo del tamaño muestral mediante el programa G*Power para el estudio de la neumatización del seno maxilar en la población egipcia.



5.2.2 Población del estudio

Se ha realizado el análisis de 440 ortopantomografías, 220 seleccionadas en la Unidad de Radiología de la facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela de pacientes españoles, y 220 elegidas del archivo de radiografías de "El Nour Radiology Center" en Alejandría, Egipto, pertenecientes a ciudadanos egipcios.

Criterios de inclusión:

1. Radiografías de pacientes mayores de 20 años y sin límite máximo de edad.

2. Radiografías de alta calidad, que muestran claramente el contorno de los senos maxilares totalmente formados, sobre todo el suelo del seno, las raíces de los dientes posteriores superiores, el margen orbital inferior y el proceso cigomático.
3. Radiografías de pacientes o bien dentados totales o parcialmente edéntulos con uno o más dientes superiores posteriores extraídos, y siempre con los dientes posteriores totalmente erupcionados, sus raíces formadas por completo y sin ninguna patología o lesión.
4. Pacientes que hayan firmado el consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

1. Radiografías de pacientes menores de 20 años.
2. Radiografías de mala calidad o con artefactos.
3. Radiografías de senos maxilares con patologías, tumores o malformaciones sinusales o esqueléticas, pacientes que han sido sometidos a una regeneración ósea o colocación de implantes en la zona posterior del maxilar superior o con antecedentes de enfermedad nasal o sinusal.
4. Radiografías de pacientes con el maxilar superior completamente edéntulo.

5.3 MÉTODO

5.3.1 Adquisición de imágenes

Las ortopantomografías realizadas en España y en Egipto fueron obtenidas con SIRONA Orthophos Plus DS (Sirona Dental Systems GmbH. Germany), para la captura de radiografías panorámicas y cefalométricas. Se había utilizado el modo normal de panorámicas (P1), con un voltaje de 66 kVp, una intensidad de 16 mA, y un tiempo de exposición de 14.1s.

Todas las imágenes fueron procesadas y analizadas con el software proporcionado por Sirona. Las mediciones se realizan usando el mismo software.

Se usan dos protocolos en la evaluación de la relación entre el seno y los dientes posteriores del maxilar superior. Ambos protocolos han sido empleados previamente.

Figura 5: Aparato SIRONA Orthophos Plus DS para la captura de radiografías panorámicas y cefalométricas (Sirona Dental Systems GmbH, Alemania).



5.3.2 Anonimización de los datos

Se procede a la eliminación de los datos de carácter personal en el encabezado de las radiografías. Para ello, se emplea el uso del software DicomCleanerTM, que ofrece una solución gratuita de código abierto y en el mismo momento fácil de usar

Es una solución gratuita de código abierto con una interfaz fácil de usar, sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados, creada para la administración, ajuste y almacenaje de las imágenes digitales médicos, de allí el nombre DICOM "Digital Imaging and Communication in Medicine", En su versión en español: Comunicación Digital de Imágenes en Medicina.

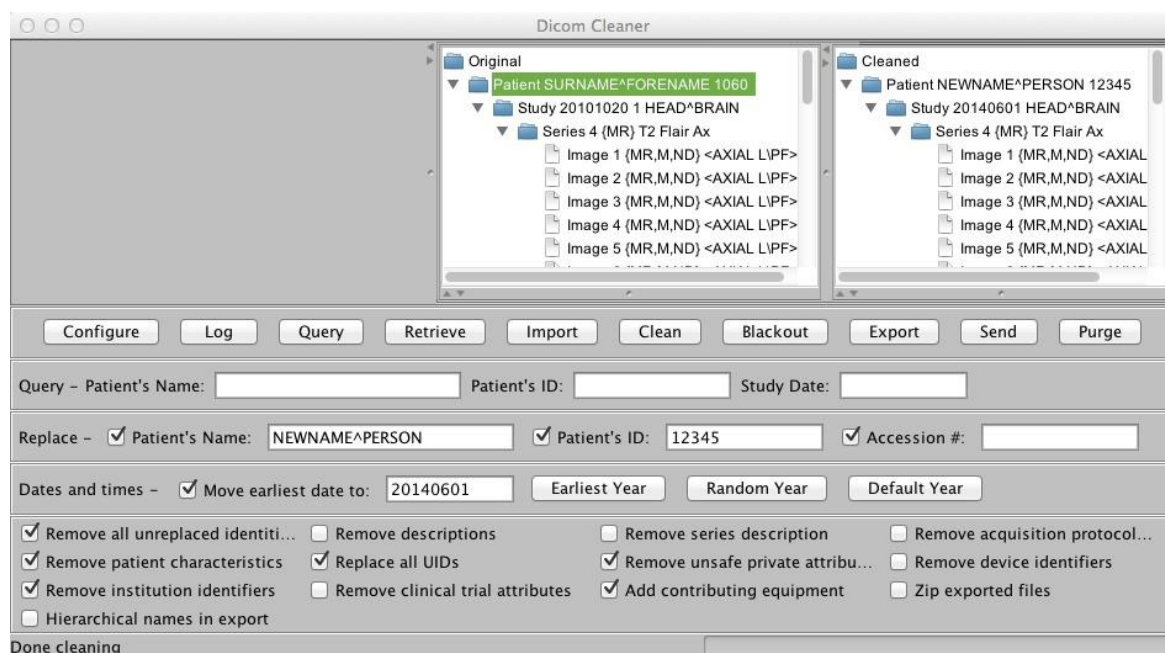
Permite limpiar datos sensibles como el nombre del paciente, la fecha de nacimiento, entre otros.

Otra ventaja que tiene es que es compatible con las diferentes imágenes médicas, como resonancia magnética, tomografías computarizadas, ortopantomografías, entre otras. Es por eso por lo que hemos sido capaces de emplearlo en nuestro estudio.

Por ello, Dicom CleanerTM se considera una herramienta valiosa para el manejo de las imágenes médicas, proporcionando la anonimización de los datos de los pacientes, ayudando así a proteger su privacidad y cumplir con las legislaciones de protección de datos.



Figura 6: Interfaz del programa DicomCleaner utilizado para la anonimización de radiografías DICOM. (Fuente: PixelMed Publishing, DicomCleaner™).



5.3.3 Procesamiento de imágenes

Todas las imágenes fueron procesadas y analizadas con el software SIDEXIS XG proporcionado por Sirona.

El SIDEXIS XG es un software de diagnóstico por imagen, diseñado principalmente para el procesamiento y visualización de imágenes dentales, como radiografías y tomografías.

Permite una visualización clara y detallada de imágenes dentales, facilitando el análisis de radiografías y tomografías de manera sencilla, en el mismo tiempo es fácil de usar.

Ofrece herramientas para realizar mediciones sobre las imágenes, lo que facilita la planificación de tratamientos y procedimientos dentales, como la colocación de implantes.

Las mediciones se realizan usando el mismo software.

Se han utilizado dos protocolos en la evaluación de la relación entre el seno y los dientes posteriores del maxilar superior. Ambos protocolos han sido empleados previamente.

Figura 7: Interfaz inicial del software Sidexis XG (Sirona Dental Systems GmbH, Alemania), utilizado para la adquisición y visualización de imágenes radiográficas dentales.



Sidexis XG – Dental Imaging Software. Bensheim (Alemania): Sirona; disponible en: <https://www.dentsplysirona.com> (consultado el 21/09/2024).

5.3.4 Proceso de medición

Se han utilizado dos protocolos en la evaluación de la relación entre el seno y los dientes posteriores del maxilar superior y ambos protocolos han sido testados de manera previa.

5.3.4.1 Protocolo A

Permite medir la distancia entre los ápices de los molares y premolares superiores y el suelo del seno maxilar.

Se marca el contorno del suelo del seno y se traza la línea media digitalmente. Para medir la distancia entre el ápice de la raíz y del suelo del seno se dibujan dos líneas horizontales, una marcando el ápice y otra marcando el borde inferior del piso del seno frente a la raíz. Las dos líneas horizontales se unen con una línea vertical paralela a la línea media.

La distancia entre el suelo del seno maxilar y el ápice se determina midiendo la mencionada línea vertical, y se clasifica en 3 clases:

Clase I: < 0 mm (Neumatización excesiva del seno).

Clase II: 0-3 mm (Aproximación del seno maxilar).

Clase III: >3 mm (Sin aproximación del seno maxilar).

Los pacientes se catalogan, según la edad, en 3 grupos:

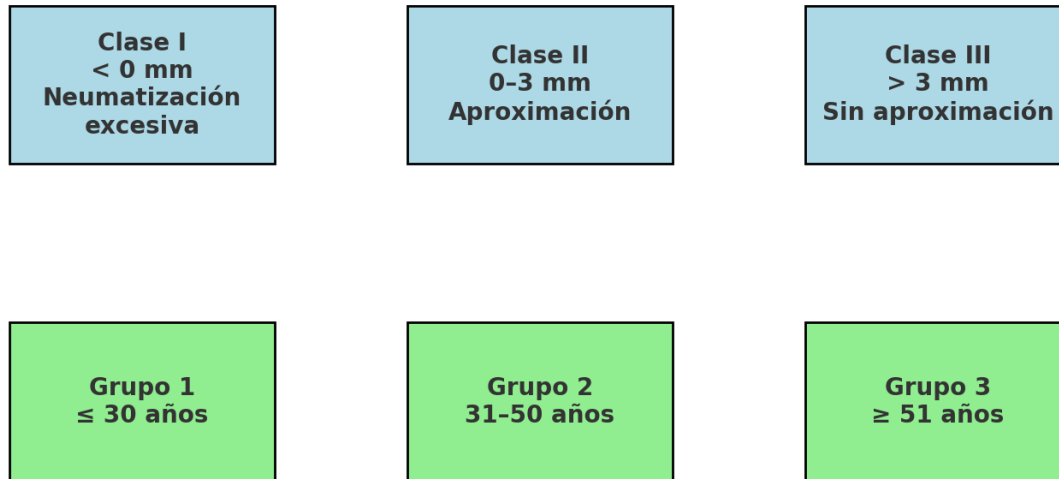
Grupo 1: ≤ 30 años.

Grupo 2: 31-50 años.

Grupo 3: ≥ 51 años.

Figura 8: Esquema de la clasificación de la distancia seno-apical y la agrupación de pacientes según la edad. (Elaboración propia)

Clasificación de la distancia seno-apical y grupos de edad



Todos los dientes clasificados como clase I muestran claramente una interrupción en el suelo sinusal, un oscurecimiento de la parte apical de la raíz implicada en el seno o ambos hallazgos.

Figura 9: Esquema de Clase I: neumatización excesiva con interrupción del suelo sinusal y oscurecimiento apical del diente implicado. (Elaboración propia)

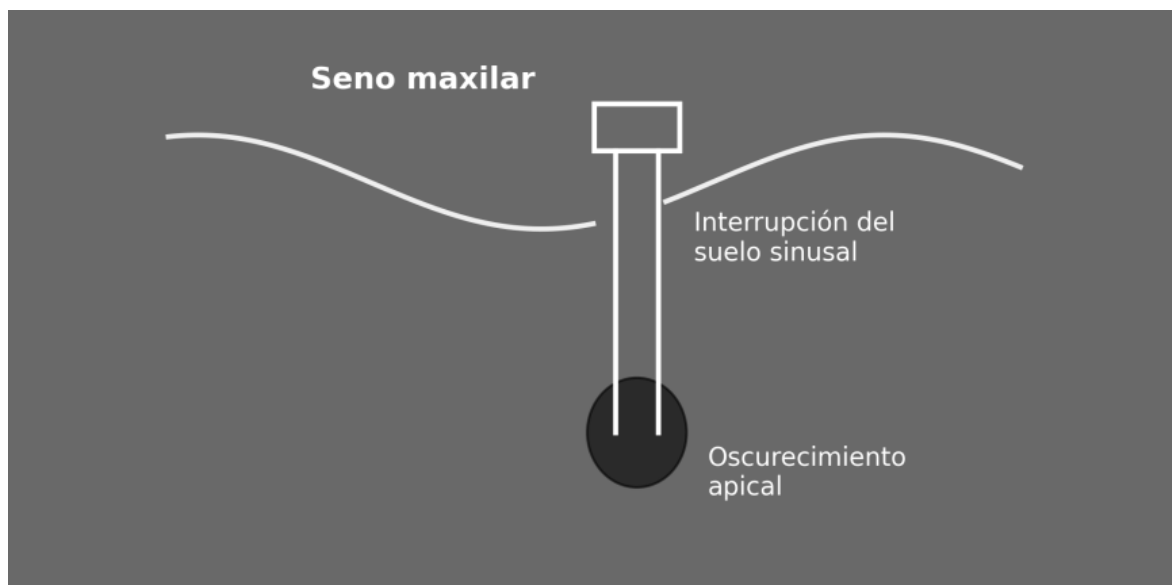
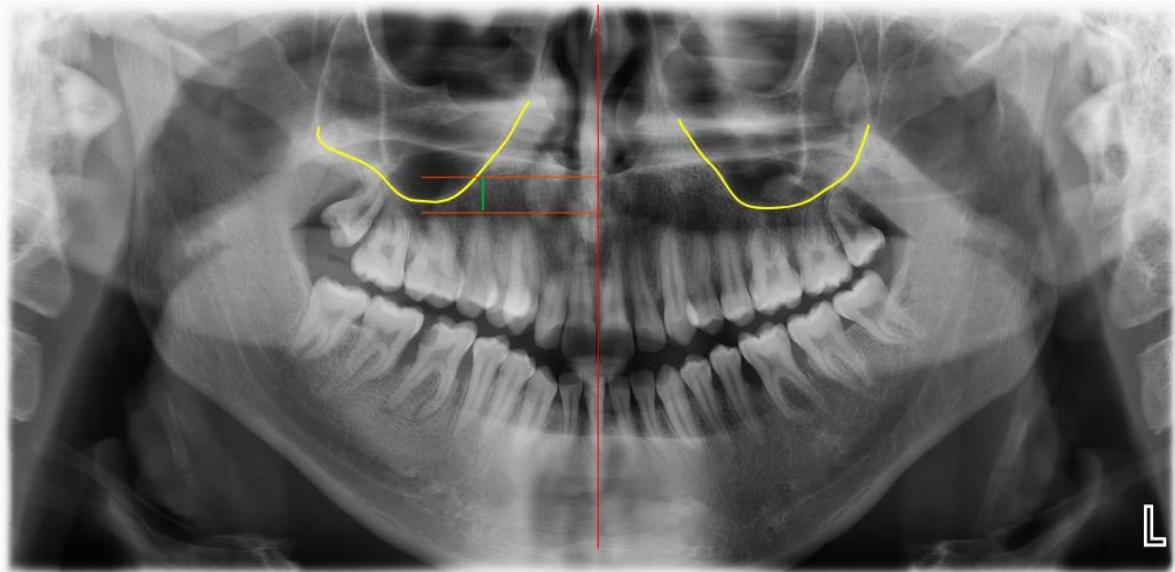


Figura 10: Ortopantomografía en la que se realizaron las mediciones de la distancia entre el suelo del seno maxilar y el ápice dental mediante el software Sidexis XG. (Elaboración propia)



5.3.4.2 Protocolo B

Se aplica cuando se había realizado la exodoncia de al menos un diente posterior superior en el mismo lado y con el lado contralateral totalmente dentado.

Así, podemos valorar si hubo cambios en las dimensiones del seno después de la exodoncia de estos dientes comparando dicho seno con el seno contralateral.

Se marcan tres líneas de referencia digitalmente en las ortopantomografías.

Una línea interorbital uniendo los puntos inferiores de los márgenes orbitales.

Dos líneas marcando el borde inferior de cada proceso cigomático, y paralelas a la línea interorbital.

Las medidas incluyen la distancia entre:

- la línea interorbital y la línea del proceso cigomático.
- la línea interorbital y el borde inferior del suelo del seno.

La hipótesis nula es que: $IS_x/IZ_x=IS_t/IZ_t$

IS: distancia vertical entre la línea interorbital y el borde inferior del seno.

IZ: distancia vertical entre la línea interorbital y la línea del proceso cigomático.

x: lado con los dientes ausentes.

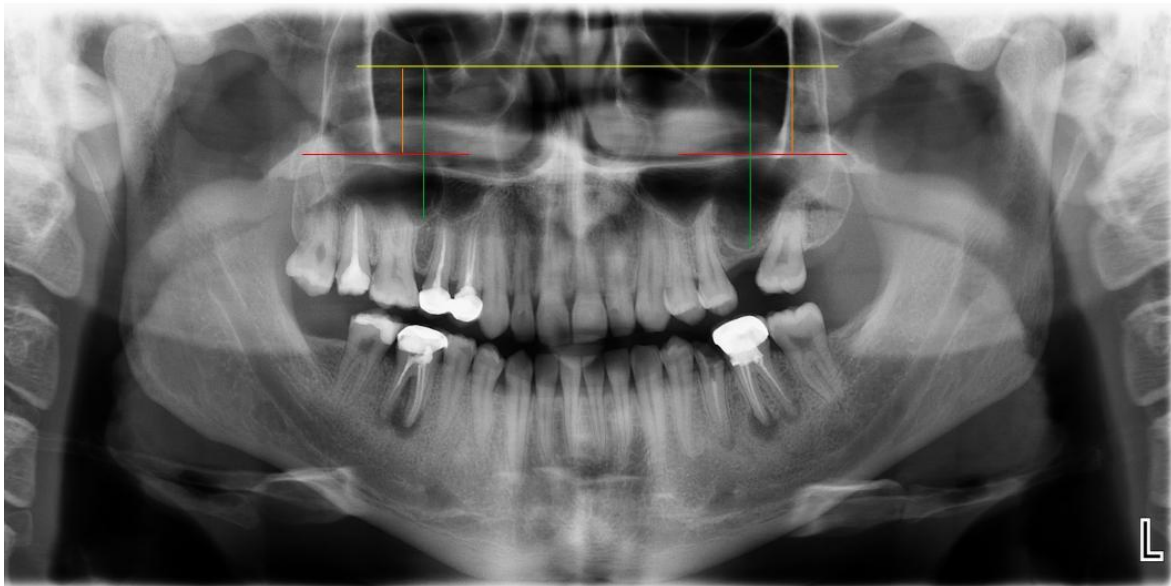
t: lado con los dientes presentes.

La posición del suelo del seno se expresa como la proporción entre la distancia IS/distancia IZ.

Desde la hipótesis nula, se deriva el valor $IS_x - (IS_t * IZ_x / IZ_t)$, que expresa la diferencia en las distancias entre el suelo del seno y la línea interorbital, de ambos lados.

Un valor positivo indica un suelo de seno más bajo en el lado de los dientes ausentes.

Figura 11: Ortopantomografía con líneas de referencia (Elaboración propia)



- La línea amarilla une el borde inferior de ambas órbitas (línea interorbital).
- Las dos líneas rojas marcan el borde inferior de cada proceso cigomático, y paralelas a la línea interorbital.
- Las dos líneas naranjas (IZ): indican la distancia vertical entre la línea interorbital y la línea del proceso cigomático.
- Las dos líneas verdes (IS): indican la distancia vertical entre la línea interorbital y el borde inferior del seno.

6

Resultados

6 RESULTADOS

6.1 RESULTADOS DE LA POBLACIÓN ESPAÑOLA

6.1.1 Resultados del protocolo A

El análisis estadístico mostró el efecto de los factores independientes, **sexo** y **edad**, sobre la **distancia media (mm)** entre el seno maxilar y los dientes posteriores superiores.

En primer lugar, se verificaron los supuestos para aplicar el modelo estadístico. La prueba de Box de igualdad de matrices de covarianza resultó **significativa**, al igual que la **prueba de Levene** para la igualdad de varianzas en el nivel del **tercer molar**, mientras que para el **segundo molar** fue **no significativa**. Debido a que no se cumplían plenamente los supuestos, se optó por emplear **pruebas multivariadas**, específicamente el estadístico **Traza de Pillai**, para evaluar el efecto global del modelo.

El resultado de Pillai's Trace indicó que el efecto combinado de ambos factores independientes no fue estadísticamente significativo ($p = 0.907$). Sin embargo, el **tamaño del efecto** se clasificó como **moderado**, con un **Eta Cuadrado Parcial = 0.052**, cuyo valor se encuentra dentro del rango de 0.01 a 0.1.

Los **análisis univariados**, realizados de forma independiente para cada diente, tanto en el lado derecho como en el izquierdo, mostraron que **la mayoría de los niveles no alcanzaron significación estadística**, con tamaños de efecto pequeños. La única excepción fue el **primer molar derecho**, que presentó un tamaño de efecto moderado (**Eta Cuadrado Parcial = 0.023**).

El **Coefficiente de Determinación Ajustado (R^2 Ajustado)** se empleó para determinar la variabilidad explicada por los factores sexo y edad sobre la distancia medida. Los valores más altos correspondieron al **segundo molar**, con un **13%** de variabilidad explicada en el lado derecho y **19.6%** en el izquierdo (R^2 Ajustado = **0.130** y **0.196**, respectivamente).

En segundo lugar, el **primer molar** mostró valores de **11%** y **18.4%** en los lados derecho e izquierdo (R^2 Ajustado = **0.110** y **0.184**, respectivamente). Finalmente, el **tercer molar** presentó valores de **13.9%** y **14.8%** (R^2 Ajustado = **0.139** y **0.148**, respectivamente).

Estos hallazgos indican que la mayor variabilidad en la distancia entre el seno maxilar y los dientes posteriores superiores se observa a nivel del **segundo molar**, seguida por el primer molar y, en menor medida, el tercer molar.

En conjunto, se observó que **la edad tuvo un impacto significativo en la distancia entre el seno maxilar y los dientes posteriores**, afectando la distancia en ambos sexos para todos los dientes, **excepto el segundo premolar en hombres**.

Tabla 2. Resultados del análisis multivariante de los factores independientes y de la distancia media (mm) al seno maxilar (población española).

	Sex	age category	Mean± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared
RT..8	Male	<30 years	-1.1022±.98942	0.000	.693	Sig =0.907 Partial Eta Squared =0.052	.683	.006	.139
		30<50 years	.4854±2.31338						
		50<70 years	.9940±2.26998						
	Female	<30 years	-.8827±1.37899						
		30<50 years	.1382±1.42207						
		50<70 years	1.2403±1.57232						
		70<90 years	.7675±1.15254						
LT..8	Male	<30 years	-.9639±.75096		.020		.450	.013	.148
		30<50 years	-.3401±2.03263						
		50<70 years	-.1959±1.18968						
	Female	<30 years	-.3127±.51089						
		30<50 years	.3072±1.28907						
		50<70 years	1.1087±1.47943						
		70<90 years	.0810±.03967						
RT..7	Male	<30 years	-1.8727±2.21995	.320	.684	.006	.130		
		30<50 years	-.8088±1.08372						
		50<70 years	-.0477±2.19540						
	Female	<30 years	-1.6188±1.25067						
		30<50 years	-1.1455±1.90505						
		50<70 years	.0998±1.16758						
		70<90 years	-.0003±.76716						
LT..7	Male	<30 years	-1.7909±1.94754	.125	.363	.017	.196		
		30<50 years	-.5271±1.31469						

	Sex	age category	Mean± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared
	Female	50<70 years	.1281±1.09496						
		<30 years	-.9250±1.22936						
		30<50 years	-.0892±.77469						
		50<70 years	.1598±1.10312						
		70<90 years	1.0198±1.08614						
RT..6	Male	<30 years	-1.6000±2.59808		.421		.248	.023	.110
		30<50 years	-.7863±2.18233						
		50<70 years	-.7529±1.74831						
	Female	<30 years	-1.6125±1.57602						
		30<50 years	-.7898±1.61449						
		50<70 years	.5293±2.12758						
LT..6	Male	<30 years	-1.9000±2.58921		.017		.792	.004	184
		30<50 years	-1.1363±1.65148						
		50<70 years	-.1651±1.11131						
	Female	<30 years	-1.2625±1.23065						
30<50 years		-.9395±1.37748							
50<70 years		.4850±1.82554							
70<90 years		1.6221±3.13440							
RT..5	Male	<30 years	1.9538±1.54625	.332		.921			
		30<50 years	2.4500±3.19312						
		50<70 years	2.6825±2.15777						
	Female	<30 years	2.1188±2.44846						
		30<50 years	2.3159±2.30914						



	Sex	age category	Mean± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared
		50<70 years	2.3719±1.54659						
		70<90 years	2.4528±3.87367						
LT..5	Male	<30 years	1.6982±1.20381		.618		.657	.007	-.009
		30<50 years	1.8635±3.48639						
		50<70 years	2.4548±2.02716						
	Female	<30 years	2.5950±2.39208						
		30<50 years	1.6428±1.83112						
		50<70 years	2.7553±2.45390						
		70<90 years	3.1735±3.46435						
RT..4	Male	<30 years	3.6618±2.88679		.800		.803	.004	.003
		30<50 years	3.9660±3.21346						
		50<70 years	5.0430±2.37240						
	Female	<30 years	3.3274±2.28859						
		30<50 years	4.5654±3.20557						
		50<70 years	5.1274±3.27593						
		70<90 years	3.6898±2.04229						
LT..4	Male	<30 years	3.4123±1.47170		.002		.871	.002	.014)
		30<50 years	4.1519±3.48389						
		50<70 years	4.2963±1.50822						
	Female	<30 years	3.4199±2.20649						
		30<50 years	4.8153±5.98425						
		50<70 years	4.2852±2.13556						
		70<90 years	6.1726±2.96470						

En la población española, el análisis por pares reveló que la edad tuvo una influencia significativa sobre las distancias medidas en varios grupos dentarios. Se observaron diferencias estadísticamente significativas, especialmente entre los grupos más jóvenes (<30 años) y los de mayor edad (50–70 y 70–90 años), destacando una reducción progresiva de la distancia en las regiones de segundos y terceros molares superiores, tanto derechos como izquierdos ($p < 0,05$). Sin embargo, en las zonas correspondientes a premolares (dientes 4 y 5), no se encontraron diferencias relevantes entre los distintos grupos etarios. Estos hallazgos sugieren que el factor edad desempeña un papel importante en la modificación de las relaciones anatómicas en el sector molar, mientras que su efecto es limitado en el área premolar.

a) Efecto de la edad del paciente sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar

Se observó que la frecuencia de la clase I disminuyó progresivamente con la edad en ambos sexos. En consecuencia, la distancia entre los ápices dentarios y el suelo del seno maxilar tendió a incrementarse en los grupos de mayor edad. Esta conclusión se desprende de los valores de la tabla, donde las diferencias de medias negativas reflejan que la distancia es significativamente mayor en los grupos etarios más avanzados (Tabla 3).

Tabla 3. Comparaciones por pares de la distancia media (mm) entre diente y seno maxilar según grupos de edad en la población española.

Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) age category	(J) age category	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
SMEAN(RT..8)	<30 years	30<50 years	-1.288*	.424	.017	-2.424-	-.152-
		50<70 years	-2.115*	.419	.000	-3.238-	-.992-
		70<90 years	-1.740-	.785	.172	-3.846-	.367
SMEAN(LT..8)	<30 years	30<50 years	-.554-	.348	.682	-1.487-	.379
		50<70 years	-1.170*	.344	.005	-2.092-	-.248-
		70<90 years	-.659-	.645	1.000	-2.389-	1.071
SMEAN(RT..7)	<30 years	30<50 years	-.749-	.385	.323	-1.780-	.283
		50<70 years	-1.764*	.380	.000	-2.783-	-.744-
		70<90 years	-1.722-	.713	.103	-3.635-	.191
SMEAN(LT..7)	<30 years	30<50 years	-.965*	.296	.009	-1.757-	-.172-
		50<70 years	-1.425*	.292	.000	-2.208-	-.642-
		70<90 years	-2.298*	.548	.000	-3.767-	-.828-
SMEAN(RT..6)	<30 years	30<50 years	-.819-	.497	.610	-2.152-	.513
		50<70 years	-1.629*	.491	.007	-2.946-	-.312-
		70<90 years	-2.922*	.921	.011	-5.393-	-.452-
SMEAN(LT..6)	<30 years	30<50 years	-.482-	.419	1.000	-1.607-	.643
		50<70 years	-1.750*	.415	.000	-2.862-	-.638-
		70<90 years	-3.144*	.778	.001	-5.230-	-1.059-
SMEAN(RT..5)	<30 years	30<50 years	-.333-	.574	1.000	-1.871-	1.206
		50<70 years	-.443-	.567	1.000	-1.964-	1.077
		70<90 years	-.401-	1.064	1.000	-3.254-	2.451
SMEAN(LT..5)	<30 years	30<50 years	.474	.603	1.000	-1.142-	2.090
		50<70 years	-.407-	.595	1.000	-2.004-	1.190
		70<90 years	-.944-	1.117	1.000	-3.940-	2.053
SMEAN(RT..4)	<30 years	30<50 years	-.795-	.708	1.000	-2.695-	1.104
		50<70 years	-1.630-	.700	.129	-3.507-	.246
		70<90 years	-.226-	1.313	1.000	-3.747-	3.295
SMEAN(LT..4)	<30 years	30<50 years	-1.059-	.804	1.000	-3.216-	1.097
		50<70 years	-.873-	.795	1.000	-3.004-	1.258
		70<90 years	-2.756-	1.491	.402	-6.754-	1.243
Based on estimated marginal means							
*. The mean difference is significant at the .05 level.							
a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.							

Figura 12: Comparación de grupos de edad por género en cada clase (Población española)

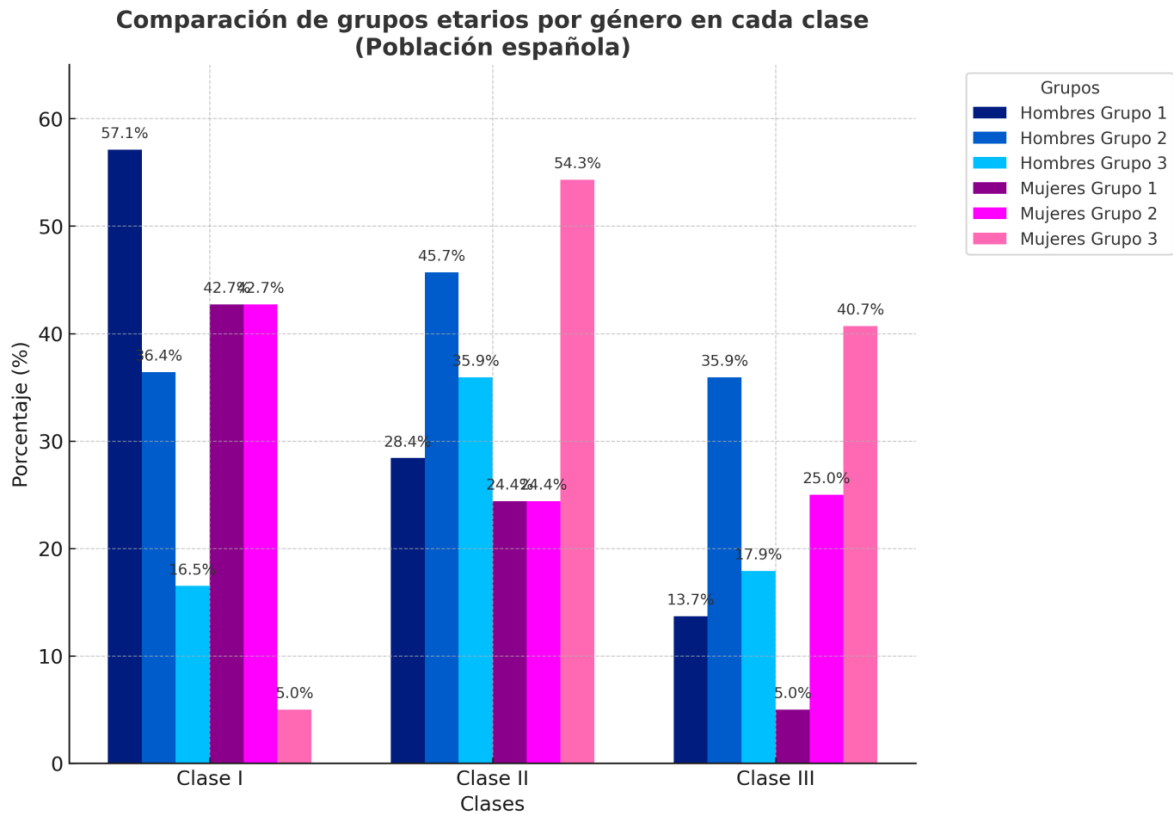


Figura 2. Distribución porcentual de los grupos etarios por género en cada clase, comparando hombres y mujeres en la población española.

Clase I: < 0 mm (neumatización excesiva del seno).

Clase II: 0-3 mm (Aproximación del seno maxilar).

Clase III: >3 mm (Sin aproximación del seno maxilar).

Los pacientes se catalogan, según la edad, en 3 grupos:

Grupo 1: ≤ 30 años.

Grupo 2: 31-50 años.

Grupo 3: ≥ 51 años.

- Eje Y: Porcentaje (%)

- Eje X: Clase I, Clase II, Clase III

- Leyenda: Hombres Grupo 1, Hombres Grupo 2, Hombres Grupo 3, Mujeres Grupo 1, Mujeres Grupo 2, Mujeres Grupo 3

b) Efecto de la localización del diente sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar

En conjunto, los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre el lado derecho (RT) y el lado izquierdo (LT). La mayoría de los niveles analizados presentaron valores de p superiores a 0,05, lo que indica que la relación entre los ápices dentarios posteriores y el seno maxilar se mantiene comparable en ambos lados, sin evidenciar una asimetría relevante.

c) Efecto del sexo sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar:

Tabla 4. Comparaciones por pares de la distancia entre el diente y el seno maxilar en función del sexo en la población española.

Dependent Variable	(I) Sex	(J) Sex	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
EX08 RT.	Male	Female	-.190 ^a	.352	.590	-.887-	.506
EX08 LT.	Male	Female	-.796 ^{a,*}	.274	.004	-1.338-	-.254-
EX07 RT.	Male	Female	-.244 ^a	.319	.447	-.876-	.389
EX07 LT.	Male	Female	-.771 ^{a,*}	.241	.002	-1.249-	-.294-
EX06 RT.	Male	Female	-.907 ^{a,*}	.406	.027	-1.711-	-.103-
EX06 LT.	Male	Female	-1.043 ^{a,*}	.346	.003	-1.728-	-.359-
EX05 RT.	Male	Female	.047 ^a	.477	.921	-.898-	.992
EX05 LT.	Male	Female	-.536 ^a	.500	.285	-1.525-	.453
EX04 RT.	Male	Female	.046 ^a	.588	.938	-1.119-	1.211
EX04 LT.	Male	Female	-.720 ^a	.669	.284	-2.043-	.604

Based on estimated marginal means

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la distancia media (mm) entre los ápices radiculares de los dientes posteriores y el seno maxilar en función del sexo, concretamente en el **tercer molar del lado izquierdo**, en el **segundo molar del lado izquierdo** y en el **primer molar tanto en el lado derecho como en el izquierdo**. En estos niveles, los hombres presentaron valores menores de distancia al seno maxilar en comparación con las mujeres, lo que indica una mayor proximidad anatómica entre las raíces dentarias y el seno en el sexo masculino. Esta tendencia no se repitió en los demás niveles analizados (primer premolar, segundo premolar, y en algunos casos segundo molar y tercer molar del lado derecho), donde no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Estos resultados sugieren que la influencia del sexo en la relación diente-seno es localizada y afecta principalmente a los molares, especialmente en el lado izquierdo, lo que podría tener implicaciones clínicas en procedimientos quirúrgicos como las exodoncias o la colocación de implantes en estas zonas.

6.1.2 Resultados del protocolo B

En la población española, se observó que el grado de neumatización sinusal difería de manera significativa tras la exodoncia de distintos dientes posteriores ($p < 0,001$). La mayor neumatización se produjo después de la exodoncia del segundo molar maxilar, con una distancia media de $(1,12 \pm 0,48 \text{ mm})$, seguida del primer molar $(0,81 \pm 0,41 \text{ mm})$. No se evidenciaron diferencias en la cantidad de neumatización del seno maxilar entre hombres y mujeres tras la exodoncia de diferentes dientes ($p = 0,968$) (Figura 5).

Tabla 5. Comparación entre el grado de neumatización y los diferentes dientes perdidos (Exo) estudiados según la distancia (mm) en la población española

Grupo (EXO)	Media \pm DE	Mínimo	Máximo	Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene)	Sig.	ANOVA (F)	Sig.
Exo4	0,4050 \pm 0,30486	0,10	1,20				
Exo5	0,7426 \pm 0,79952	0,10	3,20	2,169	0,080	4,072	0,005
Exo6	0,8139 \pm 0,41224	0,30	1,60				
Exo7	1,1187 \pm 0,48400	0,16	1,90				
Exo8	0,5512 \pm 0,36344	0,18	1,40				

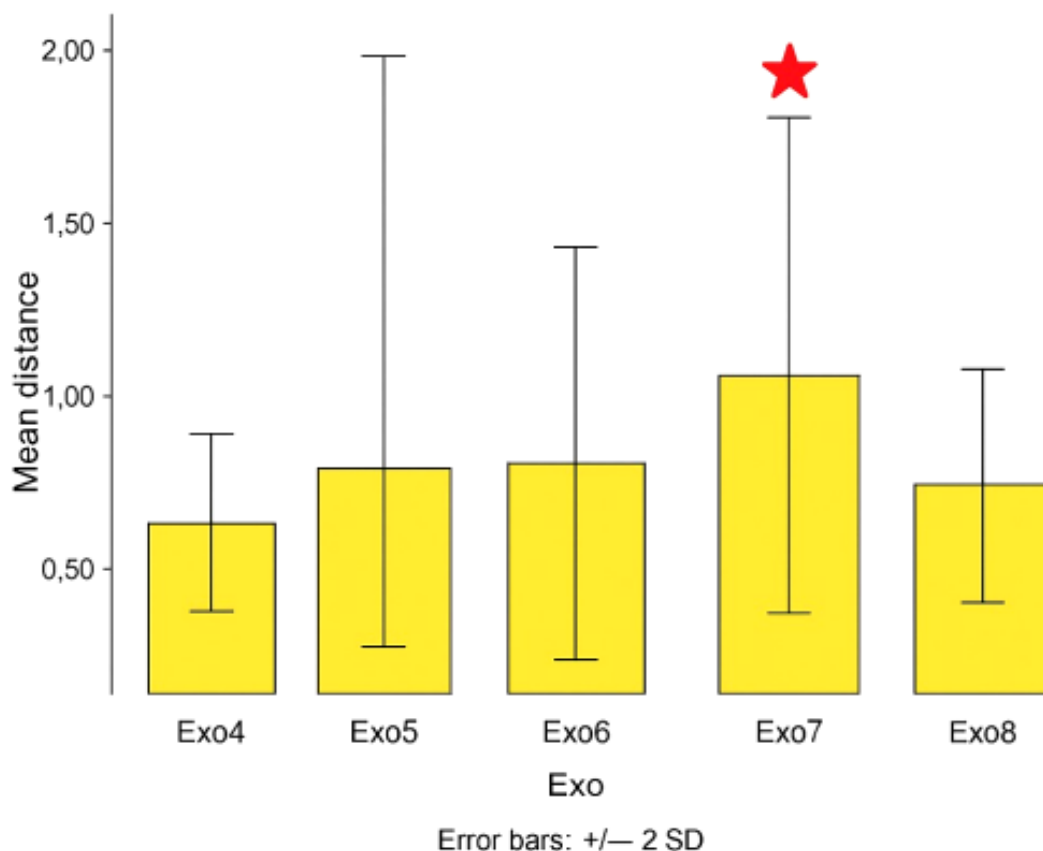
Estos datos revelaron que existía una asociación entre las medias de la distancia del seno maxilar (mm) y los diferentes dientes perdidos estudiados. Sin embargo, los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas entre grupos no fueron significativos (prueba de Levene, $P = 0,080$), por lo que se recurrió a la prueba ANOVA para comparar las medias de los distintos grupos de estudio, la cual mostró que las diferencias entre grupos fueron significativas ($F = 4,072$; $P = 0,005$).

Tabla 6. Comparaciones múltiples de la distancia diente-seno maxilar entre los diferentes grupos EXO (ajuste de Bonferroni) en la población española

(I) Exo	(J) Exo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Exo4	Exo5	-.33763-	.20541	1.000	-.9311-	.2558
	Exo6	-.40889-	.20737	.522	-1.0080-	.1902
	Exo7	-.71368 [*]	.20541	.008	-1.3071-	-.1202-
	Exo8	-.14618-	.20953	1.000	-.7515-	.4592
Exo5	Exo4	.33763	.20541	1.000	-.2558-	.9311
	Exo6	-.07126-	.17293	1.000	-.5709-	.4284
	Exo7	-.37605-	.17058	.304	-.8689-	.1168
	Exo8	.19146	.17553	1.000	-.3157-	.6986
Exo6	Exo4	.40889	.20737	.522	-.1902-	1.0080
	Exo5	.07126	.17293	1.000	-.4284-	.5709
	Exo7	-.30480-	.17293	.819	-.8044-	.1948
	Exo8	.26271	.17781	1.000	-.2510-	.7764
Exo7	Exo4	.71368 [*]	.20541	.008	.1202	1.3071
	Exo5	.37605	.17058	.304	-.1168-	.8689
	Exo6	.30480	.17293	.819	-.1948-	.8044
	Exo8	.56751 [*]	.17553	.018	.0604	1.0746
Exo8	Exo4	.14618	.20953	1.000	-.4592-	.7515
	Exo5	-.19146-	.17553	1.000	-.6986-	.3157
	Exo6	-.26271-	.17781	1.000	-.7764-	.2510
	Exo7	-.56751 [*]	.17553	.018	-1.0746-	-.0604-

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Figura 13: Extensión de la neumatización sinusal en los diferentes grupos EXO en la población española

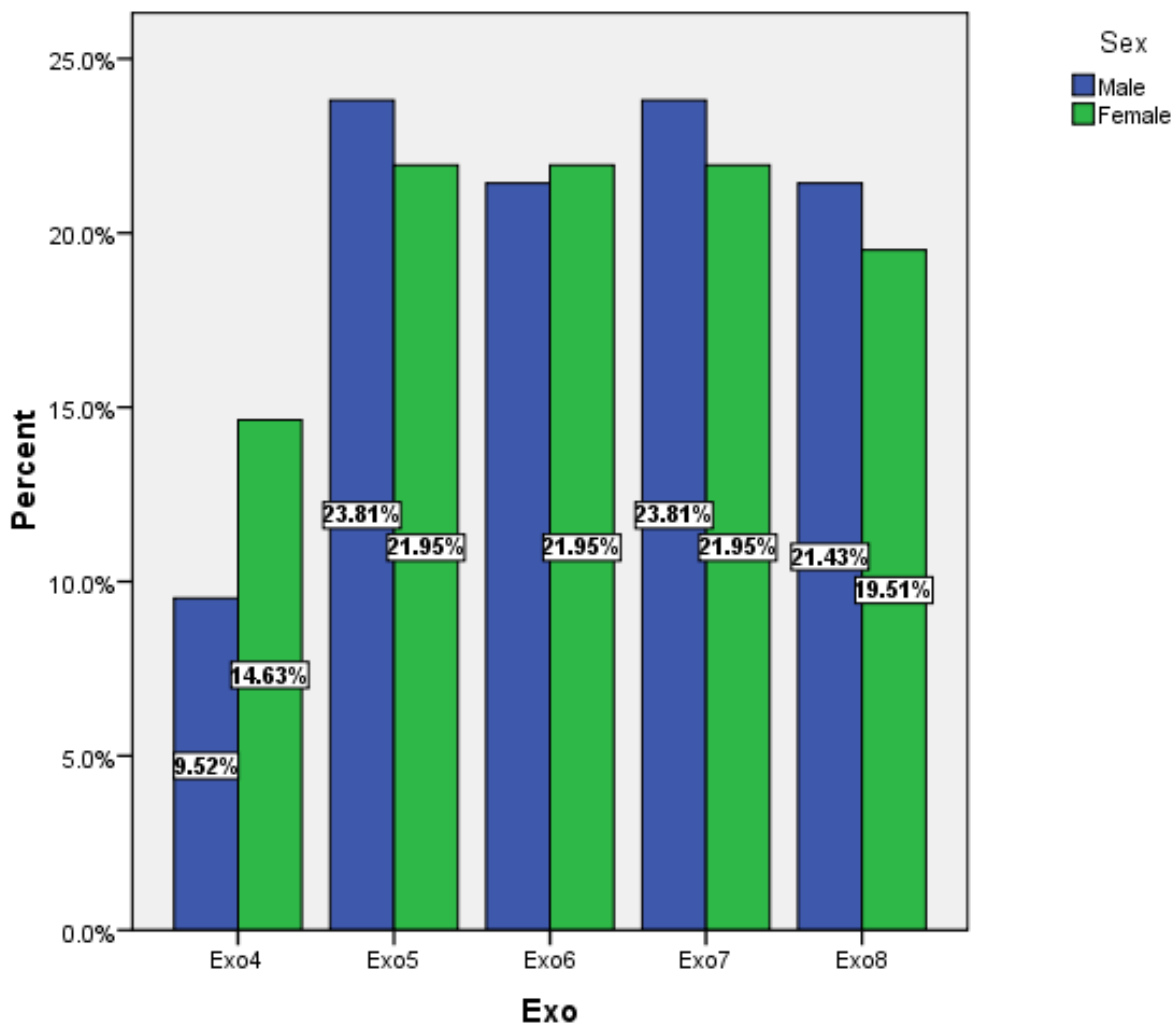


Los datos presentados en la figura demuestran que la exodoncia del segundo molar superior provocó el mayor grado de neumatización sinusal en comparación con otros dientes posteriores superiores en la población española.

Tabla 7. Efecto del sexo sobre la localización del suelo del seno maxilar en la zona del diente ausente en la población española

			Exo					Total	Chi-Square test	
			Exo4	Exo5	Exo6	Exo7	Exo8		X ²	P
Sex	Male	Count	4	10	9	10	9	0.552	0.968	
		% within Sex	9.5%	23.8%	21.4%	23.8%	21.4%			
		% within Exo	40.0%	52.6%	50.0%	52.6%	52.9%			
	Female	Count	6	9	9	9	8			
		% within Sex	14.6%	22.0%	22.0%	22.0%	19.5%			
		% within Exo	60.0%	47.4%	50.0%	47.4%	47.1%			

Figura 14: Distribución porcentual de los participantes en los diferentes grupos EXO según el sexo en la población española.



Las barras muestran el porcentaje de hombres (azul) y mujeres (verde) en cada grupo EXO.

Los resultados muestran que el sexo no ejerce una influencia significativa sobre la extensión de la neumatización sinusal tras la exodoncia de los dientes posteriores superiores, ya que las distribuciones porcentuales en los diferentes grupos EXO fueron comparables entre hombres y mujeres.

6.2 RESULTADOS DE LA POBLACIÓN EGIPCIA

6.2.1 Resultados Protocolo A



Los resultados evidenciaron que el efecto de ambos factores independientes, sexo y edad de los participantes, sobre la distancia media (mm) del seno maxilar en los diferentes

grupos de dientes superiores posteriores, tras comprobar los supuestos de aplicación de las pruebas, mostró que la **prueba de Box de igualdad de matrices de covarianza** resultó significativa, al igual que la **prueba de Levene de igualdad de varianzas del error** en el nivel **tercer molar**. Por el contrario, en el nivel **segundo molar** no fue significativa, de modo que no se cumplió el supuesto y se requirió aplicar **pruebas multivariantes**.

La **prueba de Pillai's Trace** permitió evaluar el efecto del modelo de estudio para ambos factores independientes, cuyo resultado fue **no significativo (P = 0,349)**. Sin embargo, el tamaño del efecto fue de magnitud media, dado que el **Eta cuadrado parcial fue de 0,090**, valor comprendido entre 0,01 y 0,1.

El análisis univariante, realizado para cada diente en los lados derecho e izquierdo, indicó que todos los niveles fueron no significativos, con un tamaño de efecto medio en ambos lados, **excepto en el nivel del segundo premolar del lado derecho**, donde se observó un tamaño de efecto pequeño, ya que el **Eta cuadrado parcial fue de 0,001**, valor inferior a 0,01.

Por otra parte, el **R² ajustado** indicó que la variabilidad explicada en la distancia media (mm) del seno maxilar en los diferentes dientes, en función de ambos factores independientes (sexo y categoría de edad), alcanzó sus valores más altos en el **primer molar tanto en el lado derecho como en el izquierdo** (R² ajustado = 0,151 y 0,162, respectivamente). Esto significa que la variabilidad en la distancia media (mm) del seno maxilar en el nivel del primer molar correspondió al **15,1% en el lado derecho y al 16,2% en el lado izquierdo**.

En conclusión, aunque los factores de edad y sexo no mostraron un efecto estadísticamente significativo sobre la distancia entre el seno maxilar y los dientes posteriores, se observó un tamaño de efecto de magnitud media, especialmente a nivel del primer molar. Estos hallazgos sugieren que, si bien las diferencias no alcanzaron la significación, el primer molar podría ser la pieza más susceptible a la influencia conjunta de la edad y el sexo en la relación con el seno maxilar.

Tabla 8. Resultados del análisis multivariante de los factores independientes y de la distancia media (mm) al seno maxilar en la población egipcia.

	Sex	age category	Mean ± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared
RT.8	Male	<30 years	-1.5600± 2.50992	P=0 .000	.017	Sig.=.349 Partial Eta Squared=.090	.095	.053	0.020
		30<45 years	.1865± 1.00149						
		45<60 years	-.1754±.51972						
		60<80 years	-.5859±.56217						
		Total	-.4759± 1.57328						
	Female	<30 years	-.4190± 2.43574						
		30<45 years	-.7480± 2.61456						
		45<60 years	-.2849± 1.30494						
		60<80 years	.5838± 1.61101						
LT.8	Male	<30 years	-1.3379± 3.17822	P=0 .000	.014	Sig.=.349 Partial Eta Squared=.090	.222	.037	0.045
		30<45 years	.6894± 3.65794						
		45<60 years	-.4193±.53888						
		60<80 years	1.0946± 2.74175						
		Total	-.1250± 2.88012						
	Female	<30 years	-1.1290± 1.77458						
		30<45 years	-.7655-1.45619						
		45<60 years	.0631± 2.26781						
		60<80 years	-.0475±.75328						
RT.7	Male	<30 years	-2.1267± 2.64750	P=0 .000	.832	Sig.=.349 Partial Eta Squared=.090	.611	.015	.077
		30<45 years	-1.5751± 2.32502						
		45<60 years	-.8885± 1.91134						
		60<80 years	-1.2292± 1.72264						
		Total							
	Female	<30 years	-1.3807± 2.14795						
		30<45 years	-1.2019± 2.63889						
		45<60 years	.6499± 1.86676						
		60<80 years	.6295± 1.60191						
LT.7	Male	<30 years	-2.2933± 2.46966	P=0 .000	.069	Sig.=.349 Partial Eta Squared=.090	.621	.015	0051
		30<45 years	-1.3093± 2.25760						
		45<60 years	-.3118± 2.67486						
		60<80 years	1.3948± 5.87678						
		Total							

	Sex	age category	Mean ± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared
RT.6	Female	<30 years	-1.2444± 2.12471						
		30<45 years	-1.0906± 2.42949						
		45<60 years	-.1575± 1.89200						
		60<80 years	.1191± 1.39735						
	Male	<30 years	-3.2541± 4.20731						
		30<45 years	-1.2811± 2.60188						
		45<60 years	-.8897± 3.18648						
		60<80 years	.0074± 1.39145						
Female	<30 years	-1.5000± 2.66613							
	30<45 years	-1.4290± 3.58528							
	45<60 years	1.2574±2.28398							
	60<80 years	3.7152±4.65861							
LT.6	Male	<30 years	-3.9467±3.36640						
		30<45 years	-2.0718±2.28717						
		45<60 years	-1.6975±2.48764						
		60<80 years	.4024±2.08178						
		Total	-2.1497±2.89771						
	Female	<30 years	-1.2556±2.20487						
		30<45 years	-.7387±2.93793						
		45<60 years	-.3206±1.34053						
		60<80 years	1.9634±5.03593						
RT.5	Male	<30 years	-.2333±2.41237						
		30<45 years	.87042.29385						
		45<60 years	1.5178±1.99058						
		60<80 years	3.4431±4.03244						
	Female	<30 years	1.1556±3.34967						
		30<45 years	1.7656±3.19303						
		45<60 years	2.4571±1.90883						
		60<80 years	4.3669±4.39980						

	Sex	age category	Mean ± SD	Box's Test of Equality of Covariance Matrices	Levene's Test of Equality of Error Variances	Multivariate Tests Pillai's Trace	Sig.	Partial Eta Squared	Adjusted R Squared	
LT.5	Male	<30 years	-1.1483±1.87938		.033		.683	.013	0.129	
		30<45 years	1.0320±2.58954							
		45<60 years	.9061±3.10547							
		60<80 years	3.2467±3.60121							
	Female	<30 years	.5000±2.80315							
		30<45 years	1.2322±1.86759							
		45<60 years	1.8503±1.52612							
		60<80 years	4.0054±5.34729							
RT.4	Male	<30 years	4.2920±3.94515		.967			.512	.019	0.018
		30<45 years	5.6787±4.36425							
		45<60 years	4.8834±3.73961							
		60<80 years	8.6852±5.31567							
	Female	<30 years	5.5322±4.93404							
		30<45 years	5.9770±4.56013							
		45<60 years	7.7491±4.60152							
		60<80 years	7.6676±5.33518							
LT.4	Male	<30 years	3.0733±4.43291	.023		.686	.013	0.117		
		30<45 years	4.7510±3.57435							
		45<60 years	7.6169±4.73625							
		60<80 years	8.7049±6.56301							
		Total	5.6498±4.91877							
	Female	<30 years	3.8778±4.51397							
		30<45 years	5.1132±3.12577							
		45<60 years	6.2532±2.55206							
		60<80 years	9.6704±6.17415							

En la población egipcia, el análisis por pares evidenció que la edad tuvo un impacto significativo sobre las distancias medidas en distintos grupos dentarios. Se detectaron diferencias estadísticamente significativas, sobre todo entre los individuos más jóvenes (<30 años) y los de mayor edad (60–80 años), observándose una reducción progresiva de la distancia en las regiones correspondientes a segundos y terceros molares superiores, tanto en el lado derecho como en el izquierdo ($p < 0,05$). Asimismo, en los primeros molares se hallaron diferencias relevantes entre los grupos extremos de edad, reforzando la tendencia hacia un mayor alejamiento de los ápices radiculares respecto al suelo del seno maxilar conforme aumenta la edad.

En contraste, en las zonas premolares (dientes 4 y 5) las diferencias entre los grupos etarios fueron más limitadas, con significación estadística solo en algunas comparaciones puntuales. Estos hallazgos sugieren que, al igual que en la población española, el factor edad desempeña un papel determinante en la modificación de las relaciones anatómicas en el sector molar, mientras que su influencia resulta menos consistente en la región premolar.

a) Efecto de la edad del paciente sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar

De manera complementaria, se observó que la frecuencia de la clase I disminuyó con el envejecimiento, lo que implica que la distancia entre los ápices dentarios y el seno maxilar tiende a incrementarse en los grupos de mayor edad. Esta conclusión se respalda en los valores de medias negativas obtenidos, que reflejan un incremento significativo de la separación en los intervalos etarios más avanzados.

Tabla 9. Comparaciones por pares de la distancia media (mm) entre diente y seno maxilar según grupos de edad en la población egipcia.

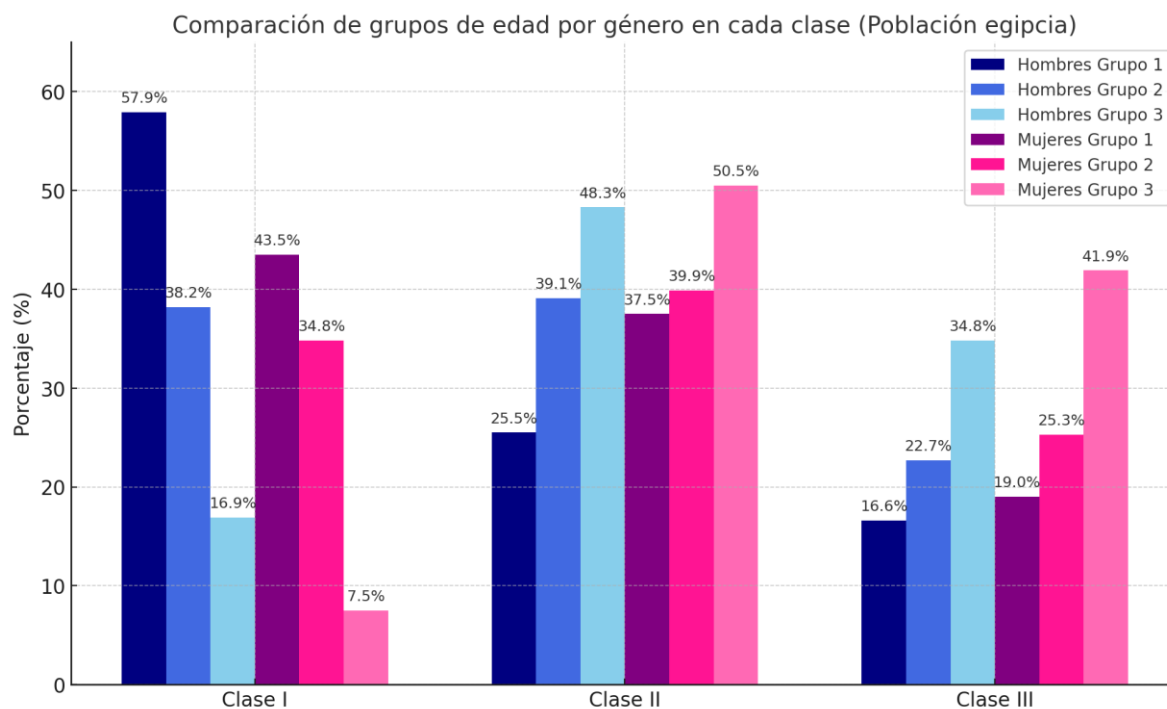
Pairwise Comparisons							
Dependent Variable	(I) age category	(J) age category	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
SMEAN(RT..8)	<30 years	30<45 years	-.555-	.444	1.000	-1.747-	.636
		45<60 years	-.707-	.476	.838	-1.984-	.569
		60<80 years	-.839-	.656	1.000	-2.600-	.922
SMEAN(LT..8)	<30 years	30<45 years	-1.028-	.526	.318	-2.439-	.383
		45<60 years	-1.046-	.563	.395	-2.557-	.466
		60<80 years	-1.843-	.777	.116	-3.928-	.242
SMEAN(RT..7)	<30 years	30<45 years	-.372-	.523	1.000	-1.774-	1.030
		45<60 years	-1.600*	.560	.030	-3.102-	-.099-
		60<80 years	-1.265-	.772	.624	-3.336-	.806
SMEAN(LT..7)	<30 years	30<45 years	-.545-	.590	1.000	-2.128-	1.038
		45<60 years	-1.487-	.632	.122	-3.182-	.209
		60<80 years	-2.584*	.872	.022	-4.923-	-.246-
SMEAN(RT..6)	<30 years	30<45 years	-.926-	.742	1.000	-2.916-	1.064
		45<60 years	-2.481*	.795	.013	-4.613-	-.349-
		60<80 years	-3.850*	1.096	.004	-6.790-	-.909-
SMEAN(LT..6)	<30 years	30<45 years	-1.218-	.629	.331	-2.906-	.469
		45<60 years	-1.470-	.674	.187	-3.278-	.338
		60<80 years	-3.532*	.930	.001	-6.025-	-1.038-
SMEAN(RT..5)	<30 years	30<45 years	-.891-	.645	1.000	-2.622-	.840
		45<60 years	-1.463-	.691	.218	-3.317-	.391
		60<80 years	-3.304*	.954	.004	-5.862-	-.746-
SMEAN(LT..5)	<30 years	30<45 years	-1.403-	.589	.113	-2.983-	.177
		45<60 years	-1.627-	.631	.067	-3.320-	.065
		60<80 years	-3.812*	.871	.000	-6.147-	-1.477-
SMEAN(RT..4)	<30 years	30<45 years	-.892-	1.026	1.000	-3.645-	1.861
		45<60 years	-1.348-	1.099	1.000	-4.297-	1.601
		60<80 years	-3.293-	1.517	.191	-7.361-	.775
SMEAN(LT..4)	<30 years	30<45 years	-1.459-	.928	.710	-3.948-	1.030
		45<60 years	-3.423*	.994	.005	-6.089-	-.757-
		60<80 years	-5.595*	1.371	.000	-9.273-	-1.917-

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Figura 15: Comparación de grupos de edad por género en cada clase (Población egipcia)



Clase I: < 0 mm (neumatización excesiva del seno).

Clase II: 0-3 mm (Aproximación del seno maxilar).

Clase III: >3 mm (Sin aproximación del seno maxilar).

Los pacientes se catalogan, según la edad, en 3 grupos:

Grupo 1: ≤ 30 años.

Grupo 2: 31-50 años.

Grupo 3: ≥ 51 años.

- Eje Y: Porcentaje (%)
- Eje X: Clase I, Clase II, Clase III
- Leyenda: Hombres Grupo 1, Hombres Grupo 2, Hombres Grupo 3, Mujeres Grupo 1, Mujeres Grupo 2, Mujeres Grupo 3

b) Efecto de la localización del diente sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar

En la población egipcia, los resultados tampoco evidenciaron diferencias estadísticamente significativas consistentes entre el lado derecho (RT) y el lado izquierdo (LT). Aunque en algunos niveles específicos se observaron comparaciones con significación puntual, en términos generales la mayoría de los valores de p fueron superiores a 0,05. Esto indica que la relación entre los ápices dentarios posteriores y el suelo del seno maxilar se mantiene semejante en ambos lados, sin que pueda establecerse una asimetría marcada a nivel poblacional.

c) Efecto del sexo sobre la distancia entre los diferentes dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar

Tabla 10. Comparaciones por pares de la distancia entre el diente y el seno maxilar en función del sexo en la población egipcia.

Dependent Variable	(I) Sex	(J) Sex	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference	
						Lower Bound	Upper Bound
EX08 RT.	Male	Female	-.317-	.396	.425	-1.100-	.467
EX08 LT.	Male	Female	.476	.470	.313	-.455-	1.408
EX07 RT.	Male	Female	-1.129*	.464	.017	-2.049-	-.210-
EX07 LT.	Male	Female	-.037-	.535	.946	-1.096-	1.023
EX06 RT.	Male	Female	-1.865*	.650	.005	-3.153-	-.577-
EX06 LT.	Male	Female	-1.741*	.543	.002	-2.816-	-.665-
EX05 RT.	Male	Female	-1.037-	.580	.076	-2.185-	.111
EX05 LT.	Male	Female	-.888-	.528	.095	-1.934-	.158
EX04 RT.	Male	Female	-.847-	.922	.361	-2.673-	.980
EX04 LT.	Male	Female	-.192-	.844	.820	-1.863-	1.479

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en la distancia media (mm) entre los ápices radiculares de los dientes posteriores y el seno maxilar en función del sexo, particularmente en el primer molar del lado derecho y en ambos lados de los segundos premolares, donde los hombres presentaron valores menores de distancia respecto a las mujeres. Esta mayor proximidad anatómica entre las raíces dentarias y el seno en el sexo masculino sugiere un patrón de riesgo incrementado en estas zonas. Asimismo, se detectó una diferencia significativa en el primer molar del lado izquierdo, reforzando la misma

tendencia. En cambio, en los **primeros premolares**, en los **segundos premolares** y en los segundos molares y terceros molares no se hallaron diferencias relevantes entre sexos. En conjunto, estos resultados indican que la influencia del sexo en la relación diente-seno en la población egipcia es más acusada en la región molar y premolar, especialmente en los segundos premolares y primeros molares, lo que podría tener implicaciones clínicas en intervenciones como exodoncias o la planificación de implantes en dichas áreas

6.2.2 Resultados del protocolo B

En los sujetos egipcios, la neumatización mostró diferencias significativas en función del diente extraído ($p = 0,002$). A diferencia del grupo de estudio español, los participantes egipcios presentaron una mayor neumatización tras la exodoncia del segundo premolar superior, con una distancia media de $0,93 \pm 0,48$ mm, seguida por el primer molar ($0,75 \pm 0,29$ mm). No se observaron diferencias entre hombres y mujeres en la neumatización posterior a la exodoncia ($p = 1,000$).

Tabla 11. Comparación entre el grado de neumatización y los diferentes dientes perdidos (Exo) estudiados según la distancia (mm)

	Distance Mean± SD	Minimum	Maximum	Test of Homogeneity of Variances	Welch test	
				Levene Statistic test	Statistic	Sig.
Exo4	0.47±0.26	.10	1.00	0.021	3.776	0.012
Exo5	0.92±0.48	.20	2.10			
Exo6	0.75±0.28	.30	1.40			
Exo7	0.55±0.24	.20	1.00			
Exo8	0.55±0.34	.10	1.20			
Total	0.67±0.37	.10	2.10			

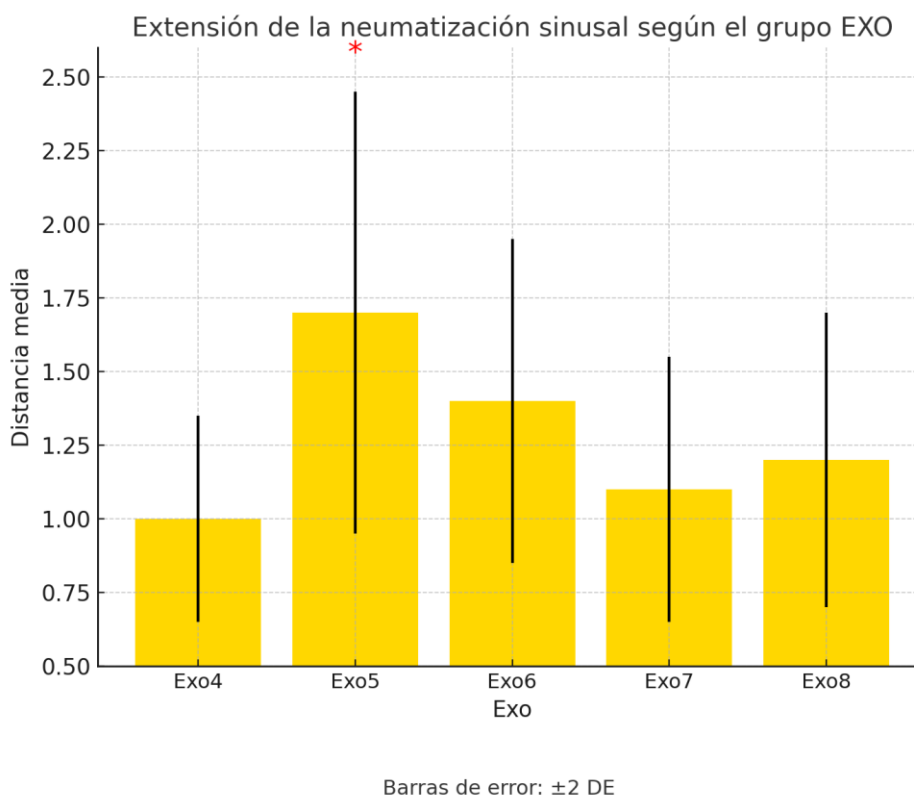
Se evidenció una asociación entre las medias de la distancia del seno maxilar (mm) y los distintos grupos EXO en estudio. Sin embargo, los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas entre grupos fueron significativos (prueba de Levene, $p = 0,021$), por lo que fue necesario aplicar la prueba de Welch para comparar las medias de los grupos de estudio, la cual mostró que las diferencias entre los grupos fueron significativas (estadístico = 3,776; $p = 0,012$).

Tabla 12. Comparaciones múltiples de la distancia diente-seno maxilar entre los diferentes grupos EXO (ajuste de Games-Howell)

(I) Exo	(J) Exo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Exo4	Exo5	-.44826*	.13830	.024	-.8523-	-.0442-
	Exo6	-.27594-	.10845	.119	-.5999-	.0481
	Exo7	-.08124-	.10206	.928	-.3902-	.2278
	Exo8	-.07594-	.11792	.966	-.4244-	.2726
Exo5	Exo4	.44826*	.13830	.024	.0442	.8523
	Exo6	.17232	.13044	.681	-.2062-	.5508
	Exo7	.36703*	.12518	.049	.0016	.7324
	Exo8	.37232	.13842	.078	-.0273-	.7719
Exo6	Exo4	.27594	.10845	.119	-.0481-	.5999
	Exo5	-.17232-	.13044	.681	-.5508-	.2062
	Exo7	.19471	.09113	.231	-.0690-	.4584
	Exo8	.20000	.10861	.369	-.1144-	.5144
Exo7	Exo4	.08124	.10206	.928	-.2278-	.3902
	Exo5	-.36703*	.12518	.049	-.7324-	-.0016-
	Exo6	-.19471-	.09113	.231	-.4584-	.0690
	Exo8	.00529	.10223	1.000	-.2920-	.3026

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Figura 16: Extensión de la neumatización sinusal en los diferentes grupos EXO en la población egipcia

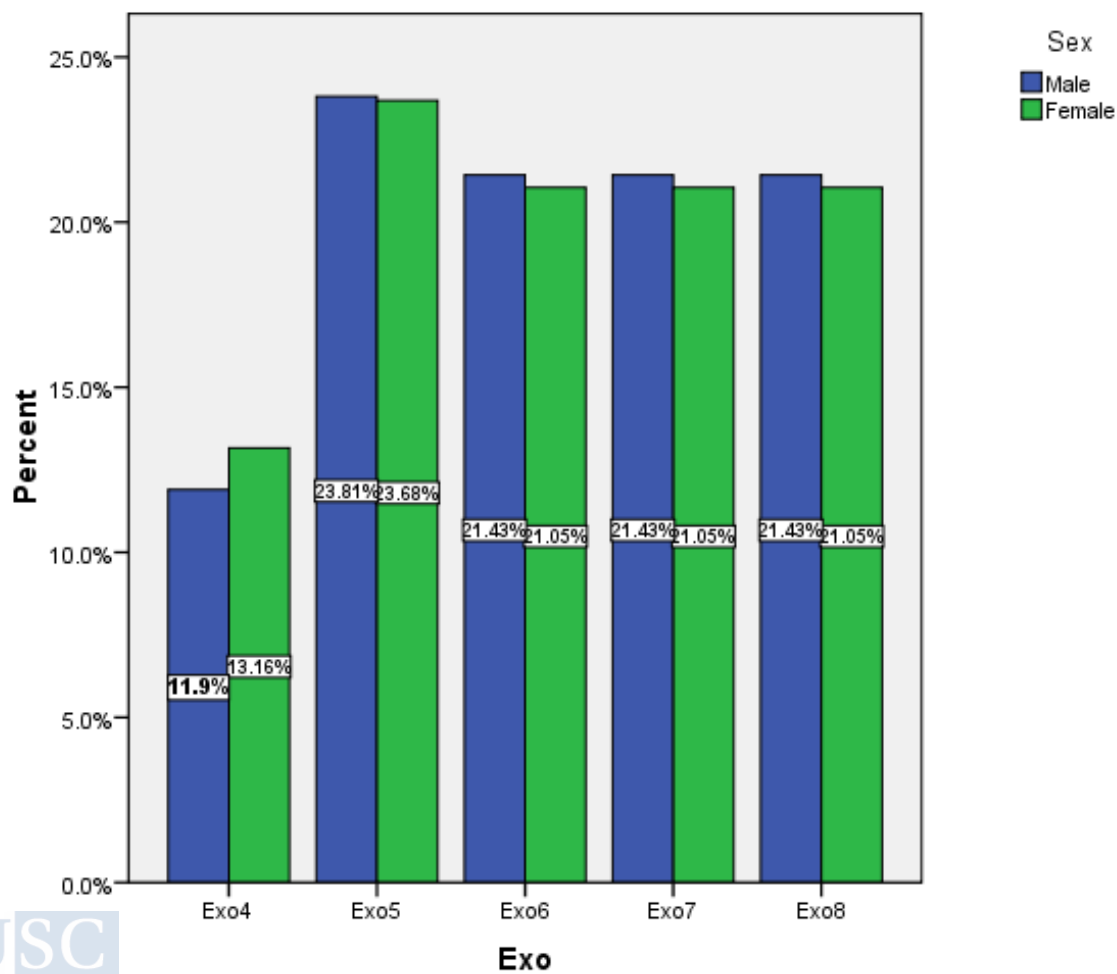


Los datos presentados en la figura muestran que la exodoncia del segundo premolar superior provocó el mayor grado de neumatización sinusal en comparación con otros dientes posteriores superiores en la población egipcia.

Tabla 13. Efecto del sexo sobre la localización del suelo del seno maxilar en la zona del diente ausente en la población egipcia

	Gender	Exo					Total	Chi square test	
		Exo4	Exo5	Exo6	Exo7	Exo8		χ^2	P
Sex	Male	Count	5	10	9	9	9	0.029	1.000
		% within Sex	11.9%	23.8%	21.4%	21.4%	21.4%		
		% within Exo	50.0%	52.6%	52.9%	52.9%	52.9%		
	Female	Count	5	9	8	8	8		
		% within Sex	13.2%	23.7%	21.1%	21.1%	21.1%		
		% within Exo	50.0%	47.4%	47.1%	47.1%	47.1%		

Figura 17: Distribución porcentual de los participantes en los diferentes grupos EXO según el sexo en la población egipcia.



Las barras muestran el porcentaje de hombres (azul) y mujeres (verde) en cada grupo EXO.

Los resultados muestran que el sexo no ejerce una influencia significativa sobre la extensión de la neumatización sinusal tras la exodoncia de los dientes posteriores superiores, ya que las distribuciones porcentuales en los diferentes grupos EXO fueron comparables entre hombres y mujeres.

7

Discusión

7 DISCUSIÓN

Los senos maxilares tienen una importancia estratégica para el odontólogo, ya que se sitúan en una compleja frontera entre los campos de las especialidades de odontología, otorrinolaringología y cirugía maxilofacial. La enorme cantidad de estructuras que se superponen en esa área complican su diagnóstico radiológico, y en la mayoría de las ocasiones debemos recurrir a dos o tres técnicas por la imagen para obtener una adecuada visualización de los distintos procesos clínicos, circunstancia que aumenta el coste de la exploración, retrasa el diagnóstico y genera un claro quebranto de la vida cotidiana y laboral de los pacientes.

Con frecuencia, los síntomas de las patologías derivadas de los dientes se perciben de manera refleja en los senos maxilares y a la inversa, lo que en ocasiones complica y retrasa el diagnóstico de determinados procesos terapéuticos²²³

Aunque el seno maxilar puede tener forma triangular, de hoja, escapular o renal, se ha observado que tanto en hombres como mujeres es más frecuente que tengan una morfología triangular. Al nacer, el seno mide aproximadamente 8 x 4 mm, con sus dimensiones más largas orientadas anterior y posteriormente²²⁴. El seno maxilar adulto mide, en promedio, de 25 a 35 mm de ancho, de 36 a 45 mm de alto y de 38 a 45 mm de largo. Aparece entre las semanas diez y once de vida intrauterina²²⁵.

El proceso fisiológico de la neumatización provoca una expansión significativa y variable del seno maxilar hasta que la finalización del proceso eruptivo de los dientes permanentes le permite alcanzar el tamaño y la forma adulta. Después de los 20 años, las radiografías (o imágenes tridimensionales) nos pueden proporcionar mediciones más precisas, ya que el desarrollo del seno maxilar tiende a estabilizarse tras la segunda década de vida²²⁶. Sin embargo, estas afirmaciones no son categóricas y las discrepancias entre los autores residen en la población de estudio, el país de elaboración del trabajo o incluso la incidencia de determinadas enfermedades sinusales.

Por ejemplo, un estudio basado en CBCT con 293 pacientes (533 senos) estableció que la extensión de la neumatización hacia el proceso alveolar (medida como distancia del piso sinusal al suelo nasal) era mayor en el grupo de 18–34 años ($3,75 \pm 3,77$ mm) frente a grupos mayores, y dicha extensión disminuye gradualmente con la edad ($r_s = -0,20$) sin

diferencias significativas por sexo o lado²²⁷. Este resultado sugiere que, aunque el crecimiento sinusal sea menor en edades avanzadas, el mecanismo de neumatización residual podría persistir de forma lenta o compensatoria, a lo largo de la vida de los pacientes. De manera coherente con ello, nuestros hallazgos mostraron que la neumatización fue significativamente más pronunciada en el grupo de edad joven que en el grupo de tercera edad, lo que refuerza la relación inversa entre la edad y la expansión del seno maxilar.

Otro estudio reciente evaluó el volumen del seno maxilar en función de la clase esquelética sagital (Clases I, II y III) en una población de 18–25 años, utilizando CBCT. Y en este trabajo de investigación, no se detectaron diferencias significativas entre los grupos esqueléticos en volumen, área o dimensiones del seno²²⁸. Ese hallazgo podría suponer que la morfología esquelética sagital podría no tener una clara influencia sobre la neumatización del seno en adultos jóvenes.

En cuanto al género y las diferencias en el sexo de los pacientes, un estudio publicado en 2025 determinó que los hombres presentaban volúmenes del seno maxilar más voluminosos que las mujeres en ambos lados²²⁹. Aunque esta diferencia puede estar relacionada con diferencias craneofaciales generales, su relevancia clínica radica en que podría condicionar la disponibilidad de hueso para los tratamientos implantológicos. En nuestro trabajo, aunque las diferencias en las dimensiones del seno no alcanzaron significación estadística, se observó una tendencia ciertamente consistente relacionada con el sexo.

En la población española, los hombres presentaron distancias menores que las mujeres entre el suelo del seno maxilar y los ápices radiculares, especialmente en la región de los molares. Por otro lado, en la población egipcia, los hombres mostraron distancias menores que las mujeres, principalmente en la zona correspondiente a los segundos premolares y primeros molares. Estos resultados sugieren que, aunque el sexo no ejerza una influencia determinante desde el punto de vista estadístico, sí podría desempeñar un papel clínicamente relevante en el patrón de neumatización según la región anatómica, el tamaño del seno y la población analizada.

También resulta interesante valorar el efecto de la pérdida de los dientes posteriores en la neumatización. Un estudio realizado en pacientes total o parcialmente edéntulos (Cuenca, Ecuador, 2021-2022) usando la clasificación de Misch encontró que la neumatización de grado III fue la más frecuente (43,41 %) y que la pérdida dentaria favorece el aumento del tamaño del seno²³⁰. Esta circunstancia confirmaría el papel dinámico de la remodelación ósea inducida por la falta del estímulo mecánico.

Por último, otro estudio importante examinó la relación entre la distancia del piso sinusal cortical y los ápices radiculares de los molares superiores según la edad y el sexo. Se pudo valorar que con el envejecimiento la proximidad entre estas estructuras aumenta (es decir, se reduce la distancia), especialmente en mujeres y en el segundo molar mesiolingual²³¹. Este hallazgo reafirma que la neumatización o remodelación sinusal no es un fenómeno estático, sino que sigue condicionando la anatomía circundante incluso en edades adultas.

Sin embargo, estos resultados no coinciden con los obtenidos en el presente trabajo, quizás porque nuestro estudio no se centró específicamente en el análisis de la distancia entre las distintas raíces y el suelo del seno maxilar, y pudimos comprobar que fueron los hombres, en general, quienes presentaron una mayor proximidad al seno, lo que sugiere un posible patrón relacionado y vinculado con las diferencias de sexo, que aún no se ha podido establecer en la literatura científica.

Altaweel et al²³² indicaron que la distancia entre el seno maxilar y las raíces posteriores del maxilar no se ve significativamente afectada por el sexo de los pacientes ni por el tamaño de los dientes. Sin embargo, observaron que dicha distancia aumenta de forma significativa con la edad, lo que podría explicarse por la erupción fisiológica continua de los dientes, que compensa parcialmente la reducción de la altura de la corona clínica asociada al envejecimiento.

De forma complementaria, en el presente trabajo, utilizando los datos de pacientes españoles y egipcios, se evaluó el efecto independiente del sexo y de la edad sobre la distancia media (mm) entre el suelo del seno maxilar y los dientes posteriores. Los resultados mostraron que esta distancia fue significativamente diferente a nivel del tercer molar, mientras que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en el segundo molar. Asimismo, aunque el efecto del sexo no alcanzó significación estadística, se evidenció una tendencia clara a que los hombres presentaran menores distancias que las mujeres indicando una mayor proximidad al seno—, lo cual parece reforzar la posible influencia del sexo de los pacientes en el patrón de neumatización. Además, se confirmó que dicha distancia tiende a aumentar con la edad, en concordancia con lo descrito en la literatura.

No obstante, las recientes evidencias científicas sugieren que estas variaciones anatómicas pueden estar moduladas por múltiples factores de población y étnicos. Estudios con CBCT en distintas cohortes han mostrado que la relación entre las raíces de los dientes posteriores y el piso sinusal no es uniforme. En poblaciones asiáticas, por ejemplo, se ha reportado una mayor cercanía entre los segundos molares y el seno, mientras que en otras poblaciones la mayor proximidad se observa en los primeros molares^{233, 234}. Esta diferencia refuerza la importancia de comparar poblaciones específicas, como la española y la egipcia, para establecer patrones propios que tengan repercusión clínica.

En cuanto al factor edad, la mayoría de los estudios coinciden en que el incremento de la distancia entre las raíces y el piso del seno maxilar es un fenómeno progresivo con el envejecimiento. Un análisis CBCT de Wu et al²²⁷ evidenció que la extensión alveolar de la neumatización es mayor en adultos jóvenes, mientras que la distancia aumenta de forma gradual en adultos mayores. Esta circunstancia se relaciona con la erupción compensatoria y el desgaste fisiológico de las coronas, como se ha señalado en la literatura clásica, pero también podría estar condicionado por procesos de remodelación ósea más complejos asociados al envejecimiento, cambios en la inmunidad y la pérdida de los dientes²³⁰.

En relación con el sexo de los pacientes, los resultados son más heterogéneos. Aunque algunos autores no hallan diferencias significativas^{232,235}, otros estudios apoyan que los hombres tienden a presentar senos maxilares de mayor volumen y, en consecuencia, menor distancia radicular-sinusal²³⁶. Esta discrepancia podría atribuirse a diferencias metodológicas, al rango etario de los participantes o incluso a la influencia de factores genéticos y ambientales en la morfología craneofacial.

Desde un punto de vista clínico, estas variaciones anatómicas pudieran ser muy relevantes. La planificación implantológica previa en el sector posterior del maxilar debe considerar no solo el nivel de neumatización y la proximidad del seno a los ápices radiculares, sino también la edad y el sexo del paciente, así como el entorno social, cultural y poblacional al que pertenece. Una valoración individualizada mediante CBCT permite anticipar determinados riesgos como la perforación de la membrana sinusal o la necesidad de realizar técnicas de elevación de seno maxilar, garantizando así una mayor predictibilidad y seguridad en los tratamientos, especialmente los que combinan técnicas de elevación de seno con la inserción en la misma intervención de implantes osteointegrados.

Diversos estudios han demostrado que el desarrollo del complejo maxilar y la maduración esquelética influyen en la morfología y el volumen del seno maxilar, así como en su relación con las estructuras dentarias adyacentes. Se ha observado que, con el paso del tiempo, el volumen del seno puede experimentar modificaciones y su posición relativa respecto al proceso alveolar variar, factores todos ellos que, podrían condicionar el riesgo de complicaciones quirúrgicas asociadas a procedimientos como las exodoncias o la colocación de implantes, especialmente en pacientes jóvenes, en quienes la proximidad entre raíces y suelo sinusal suele ser mayor. En este contexto, varios autores han señalado que la raíz bucal del primer premolar superior es la que se encuentra más alejada del suelo del seno maxilar ($5,39 \pm 3,26$ mm; $p < 0,001$), seguida de la raíz palatina del mismo diente y de la raíz del segundo premolar superior. Por el contrario, la raíz mesiobucal del segundo molar superior es generalmente la más cercana al seno ($0,8 \pm 1,62$ mm; $p < 0,001$), seguida de la raíz distobucal del segundo molar y de la raíz palatina del primer molar. En nuestro trabajo no hemos observado diferencias estadísticamente significativas en la distancia entre las raíces posteriores del maxilar y el suelo del seno maxilar al comparar el lado derecho con el izquierdo o al analizar la variable del sexo de los pacientes^{28,232, 237,238}.

Sin embargo, a medida que aumentaba la edad, la distancia media de varias raíces al MSF se incrementaba de forma significativa, lo que ha sido atribuido a cambios morfológicos en el maxilar relacionados con la remodelación ósea y la erupción compensatoria entre hombres y mujeres de distintas etnias²³⁹. Este fenómeno explicaría las variaciones observadas entre poblaciones en cuanto a la cercanía de las raíces al seno maxilar.

Por otro lado, el estudio de Atallah HN²⁴⁰ realizado en 2023 llegó a la conclusión que no existe correlación estadísticamente significativa entre la edad, el género y la distribución de las raíces de los dientes posteriores maxilares en relación con el MSF. En dicho análisis, los primeros premolares fueron los más alejados del seno, mientras que los primeros molares aparecieron como los más cercanos. Además, se describió que la relación más frecuente entre raíces y seno fue la de contacto con el segundo molar y, en menor medida, la relación tipo I con el primer molar.

Sin embargo, los resultados de nuestro estudio difieren en un aspecto fundamental: se identificó que el segundo premolar fue el diente más próximo al suelo del seno maxilar, lo que contradice lo señalado en varias investigaciones previas^{233,237,240}. Esta discrepancia podría deberse a factores poblacionales (comparación entre cohortes españolas y egipcias), a diferencias en el método de medición y en la categorización de las relaciones radículo-sinusales, o incluso a variaciones en la muestra respecto a edad y sexo.

Otros estudios también han podido demostrar que la cercanía radicular-sinusal puede variar según la etnia. Por ejemplo, investigaciones en poblaciones asiáticas sugieren una mayor proximidad de los molares al seno²⁴¹, mientras que en poblaciones caucásicas o mediterráneas se han descrito patrones diferentes, con una mayor variabilidad en premolares y molares²⁴². Este aspecto refuerza la necesidad de realizar estudios comparativos multicéntricos, como el presente, para comprender mejor la influencia de los factores poblacionales.

En términos clínicos, el hallazgo de que el segundo premolar es el diente más cercano al MSF en nuestra muestra adquiere relevancia para la planificación de tratamientos quirúrgicos y prostodónticos. Habitualmente, la literatura alerta sobre el riesgo de perforación sinusal en la zona de molares posteriores, sin embargo, nuestros resultados indican que, en determinados grupos poblacionales, los premolares también representan un punto crítico de riesgo durante la cirugía de implantes o la exodoncia. Esto confirma la importancia de la valoración individualizada mediante ortopantomografía, CBCT, proyección de Watters y otras pruebas de la imagen para establecer protocolos de prevención y eficacia quirúrgica adaptados al paciente.

Tabla 14. Comparación de estudios previos sobre la relación entre los dientes posteriores maxilares y el suelo del seno maxilar (MSF), en distintas poblaciones, frente a los hallazgos del presente estudio. Se observa que, mientras la mayoría de las investigaciones señalan a los molares como los dientes más próximos al MSF, en nuestra muestra el segundo premolar resultó ser el más cercano, lo que constituye un hallazgo diferencial relevante.

Estudio / Autor	Población	Diente más cercano al MSF	Observaciones
Shokri A et al., 2014	Iraní	Molares (1° y 2°)	La distancia aumenta con la edad
Atallah HN et al., 2023	Egipcia	1° molar (más cercano) 1° premolar (más alejado)	No hubo correlación significativa con edad/sexo
Kilic C et al., 2010	Turca	Molares posteriores	Uso de CBCT, gran variabilidad
Jang JK et al., 2016	Coreana	2° molar	Mayor cercanía en segundo molar
Park IH et al., 2010	Asiática	Molares	Estudio volumétrico senos en Asia
Vallo J et al., 2010	Finlandesa	Variabilidad según sexo/edad tendencia a molares	Influencia de edad y género significativa
Estudio actual (España/Egipto)	Española y egipcia	2° premolar	Hallazgo novedoso: 2° premolar más cercano al MSF

En nuestro estudio se observó que la distancia entre el suelo del seno maxilar (MSF) y los ápices radiculares de los dientes posteriores se vio afectada de forma significativa tras la exodoncia dentaria, en contraste con lo reportado por otros autores. Este resultado sugiere que la pérdida dentaria desencadena una remodelación alveolar acompañada de expansión sinusal, lo que repercute directamente en la relación anatómica entre raíces y seno.

Estos hallazgos difieren con los obtenidos por Von Arx et al.⁴⁶ y Gu et al.²⁸, quienes concluyeron que la exodoncia no ejercía un impacto sustancial sobre la distancia radicular-sinusal. Por el contrario, nuestros resultados se alinean con los de Sharan y Madjar⁸¹, quienes describieron un aumento de la neumatización tras la pérdida dentaria, y con lo evidenciado por Faria et al.²⁴³, que pudieron constatar una mayor tendencia a la expansión en pacientes jóvenes y en aquellos sometidos a múltiples exodoncias.

Las discrepancias entre estudios pueden explicarse por varios factores, entre ellos la metodología empleada (radiografías panorámicas frente a CBCT), los intervalos de seguimiento, la localización de los dientes extraídos y las diferencias de población. En el caso de nuestra muestra, compuesta por pacientes egipcios y españoles, se confirma que la exodoncia influye en la expansión sinusal, lo que podría deberse a características anatómicas propias de estas poblaciones y a variaciones en los patrones de remodelación ósea.

Desde un punto de vista clínico, la confirmación de que la exodoncia dentaria afecta la distancia entre raíces y seno maxilar resalta la importancia de una planificación quirúrgica cuidadosa en el sector posterior del maxilar. Incluso reducciones moderadas de dicha distancia pueden disminuir la disponibilidad ósea para la colocación de implantes y

aumentar el riesgo de perforación de la membrana sinusal. Por tanto, el empleo rutinario de CBCT para la evaluación preoperatoria se justifica plenamente en este contexto, asegurando una mejor predictibilidad en los procedimientos implantológicos y quirúrgicos.

Tabla comparativa: efecto de la exodoncia sobre la distancia MSF-ápices

Tabla 15. Comparación de estudios previos sobre el efecto de la exodoncia dentaria en la distancia entre los ápices radiculares de los dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar (MSF). La mayoría de los autores reportan resultados no significativos o una expansión leve del seno maxilar, mientras que en nuestro estudio se observó un efecto significativo, con una disminución de la distancia tras la exodoncia, destacando al segundo premolar como el diente más próximo al MSF. (Elaboración propia).

Estudio / Autor	Población	Método de imagen	Efecto de la exodoncia	Observaciones
Von Arx et al. (2014)	Suiza	CBCT	No significativo	Premolares más alejados
Gu et al. (2018)	China	CBCT	No significativo	1º molares más cercanos
Sharan & Madjar (2008)	Israel	Ortopantomografía	Significativo: aumento de neumatización	Expansión progresiva del seno tras pérdida dentaria
Faria et al. (2016)	Brasil	CBCT + PCR	Significativo: mayor efecto en jóvenes y múltiples exodoncias	Mayor expansión en jóvenes y casos múltiples
Estudio actual (España/Egipto)	España y Egipto	CBCT	Significativo: disminución de la distancia tras exodoncia	2º premolar más cercano; expansión tras exodoncia

En nuestro estudio, la edad influyó significativamente en las distancias medias al suelo del seno maxilar (MSF) y en las frecuencias de la relación tipo IS (interior). Este hallazgo concuerda con lo señalado por Gu et al. (2018)²⁸, quienes también encontraron que, entre todos los ápices radiculares posteriores, la conexión más prevalente fue del tipo OS (fuera del seno), mientras que las raíces mesiovestibulares de los segundos molares maxilares y las raíces palatinas de los primeros molares maxilares mostraron las mayores frecuencias de relación IS (24,8% y 21,6%, respectivamente; P < 0,05). En ese mismo estudio se observó, además, que la frecuencia de tipo IS disminuía con la edad en casi todas las raíces, excepto en las de los premolares y en las raíces palatinas de los segundos molares superiores, lo que subraya la influencia del envejecimiento en la morfología sinusal y radicular.

En cuanto a las distancias radiculares, Gu et al.²⁸ reportaron que las más pequeñas correspondían a las raíces mesiovestibulares de los MSM (0,8 ± 2,5 mm), seguidas de las raíces distovestibulares (1,3 ± 2,7 mm) y de las raíces palatinas de los premolares maxilares (1,4 ± 3,4 mm). Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos en nuestro análisis, donde las distancias más reducidas también se localizaron en los segundos molares maxilares, si bien en nuestra muestra se identificó un papel relevante del segundo



premolar como diente con proximidad crítica al seno maxilar, lo que no se había evidenciado de forma consistente en los estudios previos.

Si bien el género mostró efectos mínimos en las distancias medias, la edad se confirmó como un factor determinante en las relaciones anatómicas entre raíces y seno. Esto puede explicarse por el fenómeno de erupción compensatoria y la remodelación ósea asociada al envejecimiento, que tienden a incrementar la distancia entre los ápices radiculares y el suelo del seno. Sin embargo, en situaciones de ausencia dentaria, la distancia se redujo de forma significativa, especialmente en el caso de los segundos premolares maxilares, lo que pone de manifiesto la importancia de la presencia de dientes vecinos como factor protector frente a la expansión de los senos maxilares.

Este patrón tiene implicaciones clínicas directas en la planificación implantológica y quirúrgica. La mayor proximidad de los segundos molares y premolares al suelo del seno implica un riesgo aumentado de perforación de la membrana sinusal durante la exodoncia o la preparación de lechos implantarios. Asimismo, la influencia de la edad y la ausencia dentaria refuerzan la necesidad de una evaluación individualizada mediante tomografía CBCT en pacientes adultos y edéntulos, para minimizar complicaciones y anticipar la necesidad de técnicas de aumento óseo o elevación de seno.

8

Conclusiones

8 CONCLUSIONES

- 1. Influencia de la edad en la neumatización sinusal.** La edad se ha confirmado como un factor determinante en la morfología del seno maxilar. En nuestra muestra, la distancia entre los ápices radiculares y el suelo del seno maxilar aumentó con la edad, lo que refleja la influencia de la erupción compensatoria y de los procesos de remodelación ósea asociados al envejecimiento.
- 2. Efecto del sexo sobre las dimensiones del seno maxilar.** En nuestro estudio, el sexo de los pacientes no ha tenido una importancia decisiva ni ha influido de manera significativa en la relación entre el seno maxilar y los ápices dentarios. Las ligeras variaciones observadas no fueron estadísticamente relevantes, por lo que el sexo no puede considerarse un factor determinante en este context
- 3. Variaciones de población y étnicas.** En nuestro estudio, la comparación entre pacientes egipcios y españoles mostró diferencias en la relación entre las raíces posteriores y el suelo del seno maxilar. Hemos podido destacar especialmente el segundo premolar como el diente más próximo al seno, lo que pone de manifiesto la influencia que pueden ejercer los factores poblacionales en esta relación anatómica.
- 4. Impacto de la pérdida dentaria.** En nuestro estudio, la exodoncia mostró un efecto significativo sobre la disminución de la distancia radicular-sinusal. La pérdida dentaria favoreció la expansión del seno maxilar y modificó de forma notable la proximidad entre raíces y seno, especialmente en la zona del segundo premolar, lo que resalta el papel dinámico de la remodelación alveolar tras la exodoncia.
- 5. Relevancia clínica de los hallazgos.** Los resultados obtenidos confirman que la neumatización y las variaciones anatómicas del seno maxilar son factores clave en la práctica implantológica y quirúrgica en el sector posterior. La cercanía radicular-sinusal, particularmente en segundos molares y premolares, incrementa el riesgo de perforación de la membrana de Schneider y la aparición de complicaciones intraoperatorias. Por ello, la evaluación individualizada mediante CBCT se consolida como herramienta diagnóstica de elección para garantizar la seguridad y la predictibilidad en los tratamientos.

- 6. Aportación del presente estudio.** La principal contribución de esta investigación es haber evidenciado, en una cohorte mixta egipcia y española, que el segundo premolar puede representar un diente crítico en la relación con el seno maxilar, contrariamente a lo descrito en la mayoría de la literatura. Este hallazgo obliga a replantear las zonas de mayor riesgo en la cirugía del sector posterior y aporta información valiosa para la elaboración de protocolos clínicos adaptados a cada población y paciente.

9

Limitaciones del estudio y futuras líneas de investigación

9 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

- 1. Tamaño y representatividad de la muestra.** Aunque la muestra incluyó pacientes de dos poblaciones diferentes (española y egipcia), el número de participantes sigue siendo limitado en comparación con la magnitud de la variabilidad anatómica del seno maxilar. Sería recomendable ampliar el tamaño muestral e incluir sujetos de más regiones geográficas para fortalecer la validez externa de los hallazgos.
- 2. Diseño transversal.** El diseño de este estudio, de carácter transversal, permite establecer asociaciones, pero no evaluar cambios longitudinales en la neumatización sinusal. Futuras investigaciones deberían incorporar seguimientos a largo plazo que permitan observar directamente la progresión de la remodelación ósea y los efectos de la pérdida dentaria sobre el seno maxilar.
- 3. Factores clínicos y sistémicos no evaluados.** Variables como hábitos funcionales, enfermedades sistémicas, uso de prótesis, o factores genéticos y ambientales podrían influir en la relación radicular-sinusal. Su inclusión en futuros trabajos aportaría una visión más completa sobre la etiología de las variaciones observadas.
- 4. Metodología de imagen.** Aunque la CBCT constituye una herramienta de gran precisión, persisten limitaciones técnicas relacionadas con la resolución, la interpretación de imágenes y la estandarización de medidas. Sería deseable complementar estos estudios con técnicas avanzadas de segmentación tridimensional y software de análisis volumétrico automatizado.
- 5. Implicaciones clínicas y líneas futuras.** Los resultados de este estudio ponen de relieve la necesidad de protocolos de planificación implantológica y quirúrgica adaptados a cada población. Futuras líneas de investigación deberían orientarse hacia:

- Estudios multicéntricos que integren cohortes de diferentes continentes.

- Análisis longitudinales del impacto de la pérdida dentaria sobre la neumatización.
- Evaluaciones clínicas que correlacionen los hallazgos anatómicos con tasas de éxito y complicaciones en la cirugía implantológica.
- Desarrollo de guías clínicas específicas basadas en la relación radicular-sinusal para minimizar riesgos quirúrgicos.

10

Bibliografía

10 BIBLIOGRAFÍA

1. Mavrodi A, Paraskevas G. Evolution of the paranasal sinuses' anatomy through the ages. *Anat Cell Biol.* 2013; 46(4):235-8.
2. Schuez I, Alt KW. Leonardo da Vinci and dental anatomy. *J Anat.* 2022;240(2):183-96.
3. Mavrodi A, Paraskevas G. Evolution of the paranasal sinuses' anatomy through the ages. *Anat Cell Biol.* 2013; 46(4):235-8.
4. Lorkiewicz-Muszyńska D, Kociemba W, Rewekant A, Sroka A, Jończyk-Potoczna K, Patelska-Banaszewska M, et al. Development of the maxillary sinus from birth to age 18: postnatal growth pattern. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2015 Sep;79(9):1393-400.
5. Jun BC, Song SW, Park CS, Lee DH, Cho KJ, Cho JH. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process: volume assessment by three-dimensional reconstruction using high-resolution CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005 Mar;132(3):429-34.
6. Bhushan B, Rychlik K, Schroeder JW. Development of the maxillary sinus in infants and children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2016 Dec;91:146-51..
7. Heit O. Anatomía del seno maxilar: importancia clínica de las arterias antrales y de los septum. *Rev Col Odont Entre Ríos.* 2017;161:6-10.
8. Norton NS. Senos paranasales. En: Norton NS. Netter. Anatomía de cabeza cuello para odontólogos. 2ª edición. Barcelona: Elsevier España; 2012. p.300-24.
9. Iwanaga J, Wilson C, Lachkar S, Tomaszewski KA, Walocha JA, Tubbs RS. Clinical anatomy of the maxillary sinus: application to sinus floor augmentation. *Anat Cell Biol.* 2019;52(1):17-24.
10. Lorkiewicz-Muszyńska D, Kociemba W, Rewekant A, Sroka A, Jończyk-Potoczna K, Patelska-Banaszewska M, Przystańska A. Development of the maxillary sinus from birth to age 18. Postnatal growth pattern. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2015;79(9):1393-400.

11. Gulec M, Tassoker M, Magat G, Lale B, Ozcan S, Orhan K. Three-dimensional volumetric analysis of the maxillary sinus: a cone-beam computed tomography study. *Folia Morphol (Warsz)*. 2020;79(3):557-62.
12. Koparal M, Ege B, Sirik M, Kurt MY, Kurt E. Evaluation of the associations between maxillary sinus dimensions and adenoid hypertrophy using multislice computed tomography. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2022; S2468-7855(22)00176-8.
13. Drake RL, Vogl WV, Mitchell AWM. Head and neck. En: Drake RL, Vogl WV, Mitchell AWM, eds. *Gray's anatomy for students*. 4th ed. Canada: Elsevier; 2019. p.824-1121.
14. Srouji S, Kizhner T, Ben David D, Riminucci M, Bianco P, Livne E. The Schneiderian membrane contains osteoprogenitor cells: in vivo and in vitro study. *Calcif Tissue Int*. 2009; 84(2):138-45.
15. Monje A, Diaz KT, Aranda L, Insua A, Garcia-Nogales A, Wang HL. Schneiderian Membrane Thickness and Clinical Implications for Sinus Augmentation: A Systematic Review and Meta-Regression Analyses. *J Periodontol*. 2016; 87(8):888-99.
16. Van Den Munckhof T, Patel S, Koller G, Berkhout E, Mannocci F, Foschi F. Schneiderian membrane thickness variation following endodontic procedures: a retrospective cone beam computed tomography study. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1):133.
17. Chaturvedi S, Haralur SB, Addas MK, Alfarsi MA. CBCT analysis of schneiderian membrane thickness and its relationship with gingival biotype and arch form. *Niger J Clin Pract*. 2019; 22(10):1448-56.
18. Monje A, Diaz KT, Aranda L, Insua A, Garcia-Nogales A, Wang HL. Schneiderian Membrane Thickness and Clinical Implications for Sinus Augmentation: A Systematic Review and Meta-Regression Analyses. *J Periodontol*. 2016; 87(8):888-99.
19. Citron I, Lee C, Calabrese CE, Padwa BL. Schneiderian Membrane Thickness Is Increased in Patients With Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac J*. 2020; 57(3):296-301.
20. Sieron HL, Sommer F, Hoffmann TK, Grossi AS, Scheithauer MO, Stupp F, et al. [Function and physiology of the maxillary sinus]. *HNO*. 2020 Aug 1;68(8):566-72.

21. von Arx T, Lozanoff S. Maxillary sinus. En: von Arx T, Lozanoff S, eds. Maxillary sinus clinical oral anatomy: a comprehensive review for dental practitioners and researchers. Cham: Springer International Publishing; 2017. p.163-97.
22. Whyte A, Boeddinghaus R. The maxillary sinus: physiology, development and imaging anatomy [published correction appears in Dentomaxillofac Radiol. 2019 Sep 10;:20190205c]. Dentomaxillofac Radiol. 2019;48(8):20190205. doi:10.1259/dmfr.20190205
23. Jankowski R, Nguyen DT, Poussel M, Chenuel B, Gallet P, Rumeau C. Sinusology. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis. 2016 Sep; 133(4):263–8.
24. Sieron HL, Sommer F, Hoffmann TK, Grossi AS, Scheithauer MO, Stupp F, et al. [Function and physiology of the maxillary sinus]. HNO. 2020 Aug 1;68(8):566-72.
25. Ok E, Altunsoy M, Nur BG, Aglarci OS, Cakarar S, Uzun İ, et al. A cone-beam computed tomography study of the relationship between maxillary posterior teeth and the sinus floor. *Eur J Dent*. 2014;8(4):485-90.
26. Regnstrand T, Ezeldeen M, Shujaat S, Alqahtani KA, Benchimol D, Jacobs R. Three-dimensional quantification of the relationship between the upper first molar and maxillary sinus. *Clin Exp Dent Res*. 2022 Mar 25;1-7.
27. Adam M, Becker H, Peter H. Surgical anatomy and embryology of the maxillary sinus and surrounding structures. En: Duncavage JA, Becker SS, eds. The maxillary sinus: medical and surgical management. New York: Thieme Medical; 2011. p.1-7.
28. Gu Y, Sun C, Wu D, Zhu Q, Leng D, Zhou Y. Evaluation of the relationship between maxillary posterior teeth and the maxillary sinus floor using cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2018 Oct 3; 18(1):164.
29. Kosumarl W, Patanaporn V, Jotikasthira D, Janhom A. Distances from the root apices of posterior teeth to the maxillary sinus and mandibular canal in patients with skeletal open bite: a cone-beam computed tomography study. *Imaging Sci Dent*. 2017;47(3):157-64.
30. Shaul Hameed K, Abd Elaleem E, Alasmari D. Radiographic evaluation of the anatomical relationship of maxillary sinus floor with maxillary posterior teeth apices in the population of Al-Qassim, Saudi Arabia, using cone beam computed tomography. *Saudi Dent J*. 2021 Nov; 33(7):769-74.
31. Kang SH, Kim BS, Kim Y. Proximity of Posterior Teeth to the Maxillary Sinus and Buccal Bone Thickness: A Biometric Assessment Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2015 Nov; 41(11):1839-46.

32. Kosumarl W, Patanaporn V, Jotikasthira D, Janhom A. Distances from the root apices of posterior teeth to the maxillary sinus and mandibular canal in patients with skeletal open bite: A cone-beam computed tomography study. *ImagingSciDent*. 2017;47(3):157-64.
33. Lupoi D, Dragomir M, Coadă G, Sanda A, Budu V. CT scan evaluation of the distance between maxillary sinus floor and maxillary teeth apices. *Rom J Rhinol*. 2021;11(41):18-23.
34. Fry RR, Patidar DC, Goyal S, Malhotra A. Proximity of maxillary posterior teeth roots to maxillary sinus and adjacent structures using Denta scan[®]. *Indian J Dent*. 2016 Sep;7(3):126-30.
35. Khojastepour L, Movahhedian N, Zolghadrpour M, Mahjoori-Ghasrodashti M. Assessment of the relationship between the maxillary sinus and the canine root tip using cone beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2021 Jul 10; 21(1):338.
36. Ducommun J, Bornstein MM, Wong MCM, von Arx T. Distances of root apices to adjacent anatomical structures in the anterior maxilla: an analysis using cone beam computed tomography. *Clin Oral Investig*. 2019 May; 23(5):2253-63.
37. Anter E, Helaly Y, Samir W. Assessment of proximity of maxillary molar roots to the maxillary sinus floor in a sample from the Egyptian population using cone-beam computed tomography (hospital-based study). *Egypt Dent J*. 2019;65(4):3427-38.
38. Fry RR, Patidar DC, Goyal S, Malhotra A. Proximity of maxillary posterior teeth roots to maxillary sinus and adjacent structures using Denta scan[®]. *Indian J Dent*. 2016 Sep;7(3):126-30.
39. Zhang X, Li Y, Zhang Y, Hu F, Xu B, Shi X, Song L. Investigating the anatomical relationship between the maxillary molars and the sinus floor in a Chinese population using cone-beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2019 Dec 16;19(1):282.
40. Kosumarl W, Patanaporn V, Jotikasthira D, Janhom A. Distances from the root apices of posterior teeth to the maxillary sinus and mandibular canal in patients with skeletal open bite: a cone-beam computed tomography study. *Imaging Sci Dent*. 2017;47(3):157-64.
41. Hauman C, Chandler N, Tong D. Endodontic implications of the maxillary sinus: a review. *Int Endod J*. 2002; 35(2):127-41.
42. Bjørndal L, Amaloo C, Markvart M, Rud V, Qvortrup K, Stavnsbjerg C, Bjarnsholt T. Maxillary Sinus Impaction of a Core Carrier Causing Sustained Apical Periodontitis, Sinusitis, and Nasal Stenosis: A 3-year Follow-up. *J Endod*. 2016; 42(12):1851-8.

43. Brooks J, Kleinman J. Retrieval of extensive gutta-percha extruded into the maxillary sinus: use of 3-dimensional cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2013; 39(9):1189-93.
44. Tsesis I, Rosen E, Beitlitum I, Dicker-Levy E, Matalon S. Influence of the periapical status of the posterior maxillary teeth on the width of the Schneiderian membrane of the maxillary sinus mucosa. *Appl Sci* [Internet]. 2021;11(9):3908. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/app11093908>
45. Dumitrescu A, Martu MA, Nemtoi A, Sirghe A, Chelaru L, Tatarciuc D, et al. Association between Cone-Beam Computed Tomography and Histological and Immunohistochemical Features in Periapical Lesions Correlated with Thickened Maxillary Sinus Mucosa. *Medicina (Kaunas).* 2021 Aug 19; 57(8):840.
46. von Arx T, Lozanoff S. Maxillary sinus. En: von Arx T, Lozanoff S, eds. *Maxillary sinus clinical oral anatomy: a comprehensive review for dental practitioners and researchers.* Cham: Springer International Publishing; 2017. p.163-97.
47. Matsumoto Y, Ikeda T, Yokoi H, Kohno N. Association between odontogenic infections and unilateral sinus opacification. *Auris Nasus Larynx.* 2015 Aug; 42(4):288-93.
48. Brooks J, Kleinman J. Retrieval of extensive gutta-percha extruded into the maxillary sinus: use of 3-dimensional cone-beam computed tomography. *J Endod.* 2013; 39(9):1189-93.
49. Toledano-Serrabona J, Cascos-Romero J, Gay-Escoda C. Accidental dental displacement into the maxillary sinus during extraction maneuvers: a case series. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2021; 26(1):e102-e107.
50. Taschieri S, Del Fabbro M, Tsesis I, Corbella S. Maxillary sinus in relation to modern oral and maxillofacial surgery. *Int J Dent.* 2012;2012:1-2.
51. Mirković S, Sarcev I, Bajkin B, Tadić A, Mirković TD. [Orthodontic-surgical therapy of retained upper canine]. *Med Pregl.* 2012; 65(5-6):233-7.
52. Sun W, Xia K, Huang X, Cen X, Liu Q, Liu J. Knowledge of orthodontic tooth movement through the maxillary sinus: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2018;18(1):91.
53. Qin Y, Shu G, Xu T. Evaluation of the relationship between maxillary sinus wall and maxillary canines and posterior teeth using cone-beam computed tomography. *Med Sci Monit.* 2020;26:e925384. doi:10.12659/MSM.925384

54. Kachlík D, Varga I, Báča V, Musil V. Variant anatomy and its terminology. *Medicina (Kaunas)*. 2020; 56(12):713.
55. Papadopoulou AM, Chrysikos D, Samolis A, Tsakotos G, Troupis T. Anatomical variations of the nasal cavities and paranasal sinuses: A systematic review. *Cureus*. 2021;13(1):e12727.
56. Amine K, Slaoui S, Kanice FZ, Kissa J. Evaluation of maxillary sinus anatomical variations and lesions: A retrospective analysis using cone beam computed tomography. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2020; 121(5):484-9.
57. Furtado DM, Martins-Júnior PA, Alves TK, et al. Prevalence and characterization of maxillary sinus septa in a brazilian population. *J Clin Exp Dent*. 2021;13(7):e642-e647.
58. Jung J, Hwang BY, Kim BS, Lee JW. Floating septum technique: an easy and safe method for maxillary sinus septa in sinus lifting procedure. *Maxillofac Plast Reconstr Surg*. 2019;41(1):54.
59. Selcuk A, Ozcan KM, Akdogan O, Bilal N, Dere H. Variations of maxillary sinus and accompanying anatomical and pathological structures. *J Craniofac Surg*. 2008;19(1):159-64.
60. Erdogan BA. A rare paranasal sinus abnormality: maxillary sinus hypoplasia. *J Craniofac Surg*. 2021;32(3):e275-e276. doi:10.1097/SCS.00000000000007129
61. Alsufyani N, El-Hakim H, Major P. Prevalence of maxillary sinus hypoplasia and association with variations in the sinonasal complex: a cone beam CT study. *Clin Oral Investig*. 2021; 25(9):5463-71.
62. Bhargava A, Khanduri S, Shakeel M, Srivastava S, Varshney P. Maxillary sinus hypoplasia: a not-so-uncommon clinical entity. *Clin Rhinol An Int J*. 2016;9(1):43-5.
63. Dedeoğlu N, Duman SB. Clinical significance of maxillary sinus hypoplasia in dentistry: a CBCT study. *Dent Med Probl*. 2020;57(2):149-56. doi:10.17219/dmp/114982
64. Papadopoulou AM, Chrysikos D, Samolis A, Tsakotos G, Troupis T. Anatomical variations of the nasal cavities and paranasal sinuses: a systematic review. *Cureus*. 2021;13(1):e12727.
65. Ozcan KM, Hizli O, Ulusoy H, Coskun ZU, Yildirim G. Localization of orbit in patients with maxillary sinus hypoplasia: a radiological study. *Surg Radiol Anat*. 2018;40(10):1099-04.

66. Liu D, Shi L, Dai X, Zhou Q, Yang F, Shen M, Yu Y, Wu Y. Implants placed simultaneously with maxillary sinus floor augmentation in the presence of antral pseudocysts: Presentation of a case series. *Quintessence Int.* 2018;49(6):479-85. doi: 10.3290/j.qi.a40248. PMID: 29662972
67. Kim SB, Yun PY, Kim YK. Clinical evaluation of sinus bone graft in patients with mucous retention cyst. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2016;38(1):35. doi:10.1186/s40902-016-0081-1
68. Abdel-Aziz M, El-Hoshy H, Azooz K, et al. Maxillary sinus mucocele: predisposing factors, clinical presentations, and treatment. *Oral Maxillofac Surg.* 2017;21:55-8. doi:10.1007/s10006-016-0599-5
69. Liu D, Shi L, Dai X, Zhou Q, Yang F, Shen M, Yu Y, Wu Y. Implants placed simultaneously with maxillary sinus floor augmentation in the presence of antral pseudocysts: Presentation of a case series. *Quintessence Int.* 2018;49(6):479-85. doi: 10.3290/j.qi.a40248. PMID: 29662972
70. Ng WH, Yong CW, Tan KH, Loh FC. Comprehensive review and proposed treatment algorithm on the management of maxillary antral pseudocysts in relation to sinus augmentation. *J Oral Maxillofac Surg Med Pathol.* 2021;33(6):573-80.
71. Aoki S, Omura K, Miyashita K, Otori N, Haruna S, Tanaka Y. A Covered Lateral and Posterior Wall Flap of the Maxillary Sinus Prevents Reocclusion of the Postoperative Maxillary Cyst. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2021;73(4):504-9. doi:10.1007/s12070-021-02658-x
72. Funakawa T, Kawanabe H, Usami A, Takahashi K, Kato Y, Baba Y. The importance of early detection for postoperative maxillary cyst before dental implantation: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 2021;86:106370. doi:10.1016/j.ijscr.2021.106370
73. Wang JH, Jang YJ, Lee BJ. Natural course of retention cysts of the maxillary sinus: long-term follow-up results. *Laryngoscope.* 2007;117:341-4.
74. Kim SB, Yun PY, Kim YK. Clinical evaluation of sinus bone graft in patients with mucous retention cyst. *Maxillofac Plast Reconstr Surg.* 2016;38(1):35. doi:10.1186/s40902-016-0081-1
75. Giotakis EI, Weber RK. Cysts of the maxillary sinus: a literature review. *Int Forum Allergy Rhinol.* 2013 Sep;3(9):766-71. doi: 10.1002/alr.21177. Epub 2013 May 15. PMID: 23677671.
76. Han JD, Cho SH, Jang KW, et al. Lateral approach for maxillary sinus membrane elevation without bone materials in maxillary mucous retention cyst with immediate

- or delayed implant rehabilitation: case reports. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2017;43(4):276-81. doi:10.5125/jkaoms.2017.43.4.276
77. Mattos RG, Egas LS, Oliveira PC, Bassi APF, Souza FA, Ponzoni D. Mucous retention cyst in maxillary sinus with expansion of maxillary tuberosity: case report. *J Oral Diagn.* 2018;3(1):1-7.
78. Hong SL, Cho KS, Roh HJ. Maxillary sinus retention cysts protruding into the inferior meatus. *Clin Exp Otorhinolaryngol.* 2014;7(3):226-8. doi:10.3342/ceo.2014.7.3.226
79. Huang GTJ, Thesleff I, editors. *Clinical oral anatomy: a comprehensive review for dental practitioners and researchers.* Cham: Springer; 2014.
80. Jun BC, Song SW, Park CS, Lee DH, Cho KJ, Cho JH. The analysis of maxillary sinus aeration according to aging process: volume assessment by three-dimensional reconstruction using high-resolution CT scanning. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2005 Mar;132(3):429-34.
81. Sharan A, Madjar D. Maxillary sinus pneumatization following extractions: a radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008; 23(1):48-56.
82. Lombardi T, Bernardello F, Berton F, et al. Efficacy of alveolar ridge preservation after maxillary molar extraction in reducing crestal bone resorption and sinus pneumatization: a multicenter prospective case-control study. *Biomed Res Int.* 2018;2018:9352130.
83. Cavalcanti M, Guirado T, Sapata V, Costa C, Pannuti C, Jung R, César Neto J. Maxillary sinus floor pneumatization and alveolar ridge resorption after tooth loss: a cross-sectional study. *Braz Oral Res.* 2018;32:e64.
84. Pagni G, Pellegrini G, Giannobile WV, Rasperini G. Postextraction alveolar ridge preservation: biological basis and treatments. *Int J Dent.* 2012; 2012:151030.
85. Lee JE, Jin SH, Ko Y, Park JB. Evaluation of anatomical considerations in the posterior maxillae for sinus augmentation. *World J Clin Cases.* 2014;2(11):683-8.
86. Cavalcanti M, Guirado T, Sapata V, Costa C, Pannuti C, Jung R, César Neto J. Maxillary sinus floor pneumatization and alveolar ridge resorption after tooth loss: a cross-sectional study. *Braz Oral Res.* 2018;32:e64.
87. Misawa M, Lindhe J, Araújo MG. The alveolar process following single-tooth extraction: a study of maxillary incisor and premolar sites in man. *Clin Oral Implants Res.* 2016; 27(7):884-9.

88. Lim HC, Kim S, Kim DH, Herr Y, Chung JH, Shin SI. Factors affecting maxillary sinus pneumatization following posterior maxillary tooth extraction. *J Periodontal Implant Sci.* 2021;51(4):285-95.
89. Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn?. *Periodontol 2000.* 2015; 68(1):122-34.
90. Benic G, Hämmerle C. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol 2000.* 2014; 66(1):13-40.
91. Cavalcanti MC, Guirado TE, Sapata VM, Costa C, Pannuti CM, Jung RE, César Neto JB. Maxillary sinus floor pneumatization and alveolar ridge resorption after tooth loss: a cross-sectional study. *Braz Oral Res.* 2018;32:e64. doi:10.1590/1807-3107BOR-2018.vol32.0064
92. Levi I, Halperin-Sternfeld M, Horwitz J, Zigdon-Giladi H, Machtei EE. Dimensional changes of the maxillary sinus following tooth extraction in the posterior maxilla with and without socket preservation. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19(5):952-8.
93. Farina R, Pramstraller M, Franceschetti G, Pramstraller C, Trombelli L. Alveolar ridge dimensions in maxillary posterior sextants: a retrospective comparative study of dentate and edentulous sites using computerized tomography data. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(10):1138-44.
94. Schriber M, Bornstein MM, Suter VGA. Is the pneumatisation of the maxillary sinus following tooth loss a reality? A retrospective analysis using cone beam computed tomography and a customised software program. *Clin Oral Investig.* 2019; 23(3):1349-58.
95. Chen YW, Finkelman M, Papaspirisdakos P, César-Neto JB, Weber HP, de Souza AB. Comparative analysis of dimensional alterations following extraction of maxillary molars using three-dimensional images' superimposition: a CBCT study. *Odontology.* 2021;109(2):514-23.
96. Acharya A, Hao J, Mattheos N, Chau A, Shirke P, Lang NP. Residual ridge dimensions at edentulous maxillary first molar sites and periodontal bone loss among two ethnic cohorts seeking tooth replacement. *Clin Oral Implants Res.* 2014 Dec;25(12):1386-94. doi:10.1111/clr.12292.
97. Benic GI, Hämmerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontol 2000.* 2014;66(1):13-40.

98. Elsayed S, Alolayan A, Alahmadi A, Kassim S. Revisited maxillary sinus pneumatization narrative of observation in Al-Madinah Al-Munawwarah, Saudi Arabia: A retrospective cross-sectional study. *Saudi Dent J.* 2019; 31(2):212-8.
99. Hasegawa T, Tachibana A, Takeda D, Iwata E, Arimoto S, Sakakibara A, Akashi M, Komori T. Risk factors associated with oroantral perforation during surgical removal of maxillary third molar teeth. *Oral Maxillofac Surg.* 2016;20(4):369-75.
100. Tolstunov L, Thai D, Arellano L. Implant-guided volumetric analysis of edentulous maxillary bone with cone-beam computerized tomography scan: maxillary sinus pneumatization classification. *J Oral Implantol.* 2012;38(4):377-90.
101. Wagner F, Dvorak G, Nemeč S, et al. Morphometric analysis of sinus depth in the posterior maxilla and proposal of a novel classification. *Sci Rep.* 2017;7:45397. doi:10.1038/srep45397
102. Consejo General de Dentistas de España. Los implantes dentales, entre los tratamientos odontológicos más demandados en 2020 [Internet]. Madrid: Consejo General de Dentistas de España; 2020 Aug 28 [citado 2022 Jul 7]. Disponible en: <https://consejodentistas.es/comunicacion/actualidad-consejo/notas-de-prensa-consejo/item/1843-los-implantes-dentales-entre-los-tratamientos-odontologicos-mas-demandados-en-2020.html>
103. Velasco Ortega E, Monsalve Guil L, Jiménez Guerra A, Segura Egea JJ, Matos Garrido N, Moreno Muñoz J. El tratamiento con implantes dentales en los pacientes adultos mayores [Internet]. *Av Odontoestomatol.* 2015 Jun [citado 2022 Jul 3];31(3):217-29. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852015000300011. doi:10.4321/S0213-12852015000300011
104. Consejo General de Dentistas de España. Más del 7% de la población de entre 65 y 74 años es totalmente desdentado [Internet]. Madrid: Consejo General de Dentistas de España; 2021 May 27 [citado 2022 Jul 7]. Disponible en: <https://consejodentistas.es/comunicacion/actualidad-consejo/notas-de-prensa-consejo/item/1956-mas-del-7-de-la-poblacion-de-entre-65-y-74-anos-es-totalmente-desdentado.html>
105. Pardo-Zamora G, Ortiz-Ruiz AJ, Camacho-Alonso F, Martínez-Marco JF, Molina-González JM, Piqué-Clusella N, Vicente-Hernández A. Short dental implants (≤ 8.5 mm) versus standard dental implants (≥ 10 mm): a one-year post-loading prospective observational study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(11):5683. doi:10.3390/ijerph18115683

106. De Souza AB, Pelegrine AA, Tenenbaum HC, Carvalho JD, Jorgetti V, Figueiredo LC. Effect of dental implant therapy on the preservation of alveolar ridge in edentulous patients: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2023;34 Suppl 25:6-19.
107. Ali SA, Karthigeyan S, Deivanai M, Kumar A. Implant rehabilitation for atrophic maxilla: a review. *J Indian Prosthodont Soc.* 2014;14(3):196-207. doi:10.1007/s13191-014-0360-4
108. Campbell SD, Cooper L, Craddock H, et al. Removable partial dentures: the clinical need for innovation. *J Prosthet Dent.* 2017;118(3):273-80. doi:10.1016/j.prosdent.2017.01.008
109. Jain P, Rathee M. Stability in mandibular denture [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan– [actualizado 2022 Jun 16; citado 2024 Sep 30]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549861/>
110. Shaha M, Varghese R, Atassi M. Understanding the impact of removable partial dentures on patients' lives and their attitudes to oral care. *Br Dent J.* 2021;231(4):000-000.
111. Starch-Jensen T, Deluiz D, Deb S, Bruun NH. Maxillary sinus floor augmentation with autogenous bone grafts compared to a composite graft or alloplastic substitutes: a systematic review and meta-analysis. *J Oral Maxillofac Res.* 2018;9(3):e5.
112. Shah AK. Short implants: when, where and how? *J Int Clin Dent Res Organ* [Internet]. 2015;7:132-137. Disponible en: https://journals.lww.com/jicd/fulltext/2015/07001/short_implants___when%2C_where_and_how_.19.aspx
113. Abraham CM. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *Open Dent J.* 2014;8:50-5. doi:10.2174/1874210601408010050.
114. Weerapong K, Sirimongkolwattana S, Sastraruji T, Khongkhunthian P. Comparative study of immediate loading on short dental implants and conventional dental implants in the posterior mandible: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2019;34(1):141-9. doi:10.11607/jomi.6732
115. Schwartz SR. Short Implants: An Answer to a Challenging Dilemma?. *Dent Clin North Am.* 2020;64(2):279-90. doi:10.1016/j.cden.2019.11.001

116. Edher F, Nguyen CT. Short dental implants: A scoping review of the literature for patients with head and neck cancer. *J Prosthet Dent.* 2018;119(5):736-42. doi:10.1016/j.prosdent.2017.06.003
117. Cruz RS, Lemos C, Batista V, Oliveira H, Gomes J, Pellizzer EP, Verri FR. Short implants versus longer implants with maxillary sinus lift: a systematic review and meta-analysis. *Braz Oral Res.* 2018;32:e86. doi:10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0086
118. Wu H, Shi Q, Huang Y, Chang P, Huo N, Jiang Y, Wang J. Failure Risk of Short Dental Implants Under Immediate Loading: A Meta-Analysis. *J Prosthodont.* 2021 Aug;30(7):569-80. doi: 10.1111/jopr.13376. Epub 2021 May 27. PMID: 33932052.
119. Papaspyridakos P, De Souza A, Vazouras K, Gholami H, Pagni S, Weber HP. Survival rates of short dental implants (≤ 6 mm) compared with implants longer than 6 mm in posterior jaw areas: A meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:8-20. doi:10.1111/clr.13289
120. Hadzik J, Kubasiewicz-Ross P, Nawrot-Hadzik I, Gedrange T, Pitulaj A, Dominiak M. Short (6 mm) and regular dental implants in the posterior maxilla: 7-years follow-up study. *J Clin Med.* 2021;10(5):940. doi:10.3390/jcm10050940
121. Yan Q, Wu X, Su M, Hua F, Shi B. Short implants (≤ 6 mm) versus longer implants with sinus floor elevation in atrophic posterior maxilla: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2019;9(10):e029826. doi:10.1136/bmjopen-2019-029826
122. Ravidà A, Wang IC, Barootchi S, et al. Meta-analysis of randomized clinical trials comparing clinical and patient-reported outcomes between extra-short (≤ 6 mm) and longer (≥ 10 mm) implants. *J Clin Periodontol.* 2019;46(1):118-42. doi:10.1111/jcpe.13026
123. Moraschini V, Mourão CFAB, Montemezzi P, et al. Clinical comparison of extra-short (4 mm) and long (> 8 mm) dental implants placed in mandibular bone: a systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Basel).* 2021;9(3):315. doi:10.3390/healthcare9030315
124. Gašperšič R, Dard M, Linder S, Oblak Č. One-year results assessing the performance of prosthetic rehabilitations in the posterior maxilla supported by 4-mm extrashort implants splinted to 10-mm implants: a prospective case series. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(2):371-378. doi:10.11607/jomi.8645
125. Weerapong K, Sirimongkolwattana S, Sastraruji T, Khongkhunthian P. Comparative study of immediate loading on short dental implants and conventional dental

- implants in the posterior mandible: a randomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34(1):141-9. doi:10.11607/jomi.6732.
126. Cruz RS, Lemos C, Batista V, Oliveira H, Gomes J, Pellizzer EP, Verri FR. Short implants versus longer implants with maxillary sinus lift: a systematic review and meta-analysis. *Braz Oral Res*. 2018;32:e86. doi:10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0086.
 127. Edher F, Nguyen CT. Short dental implants: A scoping review of the literature for patients with head and neck cancer. *J Prosthet Dent*. 2018;119(5):736-42. doi:10.1016/j.prosdent.2017.06.003
 128. Pradhan Y, Srivastava G, Choudhury GK, Sahoo PK, Padhiary SK. Short implant versus conventional implant in the posterior atrophic maxilla: a systematic review and meta-analysis. *J Indian Prosthodont Soc*. 2024;24(4):320-8. doi:10.4103/jips.jips_226_24.
 129. Pauletto P, Lahoud P, Salameh Z, Al Masri M, Dib H. Short dental implants versus longer implants placed in vertically augmented bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2021;50(11):1470-8. doi:10.1016/j.ijom.2021.07.006.
 130. Anitua E, Orive G. Short implants in maxillae and mandibles: a retrospective study with 1 to 8 years of follow-up. *J Periodontol*. 2010;81(6):819-26. doi:10.1902/jop.2010.090637.
 131. Esposito M, Grusovin MG, Rees J, Karasoulos D, Felice P, Alissa R, et al. Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev*. 2010;(3):CD008397. doi:10.1002/14651858.CD008397.
 132. Esposito M, Pistilli R, Barausse C, Felice P. Short implants versus longer implants in vertically augmented posterior mandibles: one-year post-loading results of a multicenter randomized controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2014;7(4):383-95.
 133. Malo P, de Araújo Nobre M, Lopes A, Ferro A, Gravito I. Short implants (≤ 6 mm) in posterior jaws: a prospective 1-year cohort study. *Eur J Oral Implantol*. 2011;4(1):47-53.
 134. Gašperšič R, Povšič K, Dard M, Linder S, Žarković Gjurin S, Oblak Č. Extra-short 4-mm implants splinted to 10-mm implants in the posterior maxilla: 3-year results. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2023;38(5):907-17. doi:10.11607/jomi.10179.
 135. Schincaglia GP, Thoma DS, Haas R, Tutak M, Garcia A, Martin WC, et al. Randomized controlled multicenter study comparing short dental implants (6 mm)

- versus longer dental implants (11–15 mm) in combination with sinus floor elevation procedures: one-year results. *J Clin Periodontol.* 2015;42(11):1042-51. doi:10.1111/jcpe.12471.
136. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Survival and complications of zygomatic implants: an updated systematic review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(10):1949-64. doi:10.1016/j.joms.2016.06.166.
 137. Aparicio C, Ouazzani W, Hatano N. The use of zygomatic implants for the rehabilitation of severely resorbed maxillae: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(2):293-300. doi:10.11607/jomi.3478.
 138. Davó R, Felice P, Pistilli R, Barausse C, Marti-Pagès C, Ferrer-Fernández F, et al. Immediate function of four zygomatic implants for the rehabilitation of severely atrophic maxillae: a 3-year prospective multicenter study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018;20(5):823-32. doi:10.1111/cid.12659.
 139. Polido WD, Silva RM, Zanatta FB, Bologna-Molina R, Molina GJ, Gallas-Torreira M, et al. Indications for zygomatic implants: a systematic review. *J Clin Exp Dent.* 2023;15(12):e951-e963.
 140. Brånemark PI, Gröndahl K, Ohnells LO, Nilsson P, Petruson B, Svensson B, et al. Zygoma fixture in the management of advanced atrophy of the maxilla: technique and long-term results. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2004;38(2):70-85. doi:10.1080/02844310310021222.
 141. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Survival and complications of zygomatic implants: an updated systematic review. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016;74(10):1949-64. doi:10.1016/j.joms.2016.06.166.
 142. Starch-Jensen T, Tingsgaard DS. Extra-sinus versus intra-sinus technique for placement of zygomatic dental implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2021;50(1):103-12. doi:10.1016/j.ijom.2020.05.006.
 143. Jain DK, Pal US, Mohammad S, Mehrotra D, Katrolia R, Shandilya S, et al. Comparative evaluation of extrasinus versus intrasinus approach for zygomatic implant placement. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2022;12(6):863-72. doi:10.1016/j.jobcr.2022.08.009.
 144. Nocini R, Nocini PF, Rullo R, Franceschetti G, Ciabattini G, Corsetti A, et al. Maxillary sinusitis as a complication of zygomatic implants placement: a narrative review. *Appl Sci.* 2022;12(2):789.

145. Lorusso F, Conte R, Inchingolo F, Festa F, Scarano A. Survival rate of zygomatic implants for fixed oral maxillary rehabilitations: a systematic review and meta-analysis comparing outcomes between zygomatic and regular implants. *Dent J (Basel)*. 2021;9(4):38. doi:10.3390/dj9040038.
146. ITI Consensus Report. Zygomatic implants: indications, evaluation of surgical techniques and long-term treatment outcomes. *Int J Implant Dent*. 2023;9(1):28. doi:10.1186/s40729-023-00489-9.
147. Brennand Roper M, Vissink A, Dudding T, Pollard A, Gareb B, Malevez C, et al. Long-term treatment outcomes with zygomatic implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent*. 2023;9(1):21. doi:10.1186/s40729-023-00479-x.
148. Moraschini V, de Queiroz TR, Sartoretto SC, de Almeida DCF, Calasans-Maia MD, Louro RS. Survival and complications of zygomatic implants compared to conventional implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 5 years: a systematic review and meta-analysis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2022;25(1):177-89. doi:10.1111/cid.13153.
149. Aparicio C, Polido WD, Chehade A, Shenouda M, Simon M, Simon P, et al. Round and flat zygomatic implants: effectiveness after a 3-year follow-up non-interventional study. *Int J Implant Dent*. 2024;10(1):30. doi:10.1186/s40729-024-00548-9.
150. D'Agostino A, Lombardo G, Favero V, Signoriello A, Bressan A, Lonardi F, et al. Complications related to zygomatic implant placement: a retrospective evaluation with 5-year follow-up. *J Craniomaxillofac Surg*. 2021;49(7):620-7. doi:10.1016/j.jcms.2021.01.017
151. Chana H, Smith G, Bansal H, Zahra D. A retrospective cohort study of the survival rate of 88 zygomatic implants placed over an 18-year period. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019;34(2):461-470. doi:10.11607/jomi.6790.
152. Nocini R, Panozzo G, Trotolo A, Sacchetto L. Maxillary sinusitis as a complication of zygomatic implants placement: a narrative review. *Appl Sci*. 2022;12(2):789. doi:10.3390/app12020789.
153. Jain DK, Pal US, Mohammad S, Mehrotra D, Katrolia R, Shandilya S, et al. Comparative evaluation of extrasinus versus intrasinus approach for zygomatic implant placement. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2022;12(6):863-72. doi:10.1016/j.jobcr.2022.08.009.

154. Gebretsadik HG. An update on possible biological complications of the zygomatic implant in orofacial reconstructive surgery: a 20-year systematic review. *Clin Surg J.* 2023;4(1):1-8.
155. Kämmerer PW, Al-Nawas B, Wagner W, Temmerman A, Arweiler N, Dhanoya A, et al. Evaluation of surgical techniques in survival rate and complications of zygomatic implants. *Int J Implant Dent.* 2023;9(1):78. doi:10.1186/s40729-023-00478-y.
156. Di Cosola M, Ballini A, Zhurakivska K, Olivo A. Retrospective analysis of clinical and radiologic data regarding zygomatic implant rehabilitation with a long-term follow-up. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(24):12963. doi:10.3390/ijerph182412963.
157. Brennan Roper M, Vissink A, Dudding T, Pollard A, Gareb B, Malevez C, et al. Long-term treatment outcomes with zygomatic implants: a systematic review and meta-analysis. *Int J Implant Dent.* 2023;9(1):21. doi:10.1186/s40729-023-00479-x.
158. Tulasne JF. Implant treatment of missing posterior dentition. In: Albrektsson T, Zarb GA, editors. *The Brånemark osseointegrated implant.* Chicago: Quintessence; 1989. p. 103.
159. Tulasne JF. Osseointegrated fixtures in the pterygoid region. In: Worthington P, Brånemark PI, editors. *Advanced osseointegration surgery: applications in the maxillofacial region.* Chicago: Quintessence; 1992. p. 182-8.
160. Candel E, Peñarrocha D, Peñarrocha M. Rehabilitation of the atrophic posterior maxilla with pterygoid implants: a review. *J Oral Implantol.* 2012;38(4):461-6.
161. Salinas-Goodier C, Rojo R, Murillo-González J, et al. Three-dimensional descriptive study of the pterygomaxillary region related to pterygoid implants: a retrospective study. *Sci Rep.* 2019;9:16179. doi:10.1038/s41598-019-52672-x
162. Araujo RZ, Santiago Júnior JF, Cardoso CL, Condezo AFB, Júnior RM, Curi MM. Clinical outcomes of pterygoid implants: systematic review and meta-analysis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019;47(4):651-60.
163. Da Silva VF, Santiago Júnior JF, Panzarini SR, Pellizzer EP. Placement of dental implants in the maxillary tuberosity: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2015;44(2):229-38.
164. Wilkirson E, Chandran R, Duan Y. Rehabilitation of atrophic posterior maxilla with pterygoid implants: a 3D finite element analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(3):e51-e62. doi:10.11607/jomi.8185

165. Signorini L, Faustini F, Samarani R, Grandi T. Immediate fixed rehabilitation supported by pterygoid implants for participants with severe maxillary atrophy: 1-Year postloading results from a prospective cohort study. *J ProsthetDent.* 2021;126(1):67-75. doi:10.1016/j.prosdent.2020.04.005
166. Balaji VR, Lambodharan R, Manikandan D, Deenadayalan S. Pterygoid implant for atrophic posterior maxilla. *J Pharm Bioallied Sci.* 2017;9(Suppl 1):S261-S263. doi:10.4103/jpbs.JPBS_103_17
167. Mateos L, García-Calderón M, González-Martín M, Gallego D, Cabezas J. Inserción de implantes dentales en la apófisis pterigoides: una alternativa en el tratamiento rehabilitador del maxilar posterior atrófico. *Av Periodon Implantol.* 2002;14(1):37-45.
168. Melcher AH. On the repair potential of periodontal tissues. *J Periodontol.* 1976;47(5):256-60. doi:10.1902/jop.1976.47.5.256. PMID:775048
169. Torabi S, Soni A. Histología, periodonto [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 ene– [actualizado 2023 mar 27; citado 2024 oct 2]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK570604/>
170. El Sayed SA, Nezwek TA, Varacallo M. Fisiología, hueso [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 ene– [actualizado 2022 oct 19; citado 2024 oct 2]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441968/>
171. Sanz M, Beighton D, Curtis MA, Cury JA, Dige I, Dommisch H, Ellwood R, Giacaman RA, Herrera D, Herzberg MC, Könönen E, Marsh PD, Meyle J, Mira A, Molina A, Mombelli A, Quirynen M, Reynolds EC, Shapira L, Zaura E. Role of microbial biofilms in the maintenance of oral health and in the development of dental caries and periodontal diseases: consensus report of group 1 of the Joint EFP/ORCA workshop on the boundaries between caries and periodontal disease. *J Clin Periodontol.* 2017;44(Suppl 18):S5-S11. doi:10.1111/jcpe.12682. PMID:28266109.
172. Könönen E, Gursoy M, Gursoy UK. Periodontitis: A Multifaceted Disease of Tooth-Supporting Tissues. *J Clin Med.* 2019 Jul 31;8(8):1135. doi: 10.3390/jcm8081135. PMID: 31370168; PMCID: PMC6723779.
173. Tsuchida S, Nakayama T. Recent clinical treatment and basic research on the alveolar bone. *Biomedicines.* 2023;11(3):843. doi:10.3390/biomedicines11030843.
174. Elsalanty ME, Genecov DG. Bone grafts in craniofacial surgery. *Craniofacial Trauma Reconstr.* 2009 Oct;2(3):125-34. doi: 10.1055/s-0029-1215875. PMID: 22110806; PMCID: PMC3052656.

175. Sekine J, Sano K, Ikeda H, Inokuchi T. Rehabilitation by means of osseointegrated implants in oral cancer patients with about four to six years follow-up. *J Oral Rehabil.* 2006 Mar;33(3):170-4. doi: 10.1111/j.1365-2842.2005.01551.x. PMID: 16512882.
176. García Gargallo M, Yassin García S, Bascones Martínez A. Técnicas de preservación de alveolo y de aumento del reborde alveolar: revisión de la literatura [Internet]. *Av Periodoncia.* 2016 ago [citado 2024 jun 3];28(2):71-81. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1699-65852016000200003&lng=es
177. Newman MG, Takei H Jr, Klokkevold PR, Carranza FA. Carranza's clinical periodontology. 12th ed. St. Louis: Elsevier; 2014. p. 904.
178. Li T, Zeng X, Zou S, Xu Y, Duan P. Recent advances in horizontal alveolar bone regeneration. *Biomed Mater.* 2023;18(5):052004. doi:10.1088/1748-605X/acd672. PMID: 37196651
179. Seibert JS. Reconstruction of deformed, partially edentulous ridges using full thickness onlay grafts. Part I: technique and wound healing. *Compend Contin Educ Dent.* 1983;4(5):437-53.
180. Allen EP, Gainza CS, Farthing GG, Newbold DA. Improved technique for localized ridge augmentation: report of 21 cases. *J Periodontol.* 1985;56(4):195-9.
181. Ferraz MP. Bone grafts in dental medicine: an overview of autografts, allografts and synthetic materials. *Materials (Basel).* 2023;16(11):4117. doi:10.3390/ma16114117.
182. Hoveidaei A, Rasouli-Ghahroudi AA, Haddad A, Mansouri A, Sadat-Shojai M, Samarghandi MR. Effectiveness of synthetic versus autologous bone grafts in foot and ankle surgery: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res.* 2024;19(1):13. doi:10.1186/s13018-023-04472-0.
183. Jazayeri HE, Rodriguez IA, Zins JE. Bone grafts in dentistry: concepts, materials and techniques. *Plast Aesthet Res.* 2023;10:45. doi:10.20517/2347-9264.2023.08.
184. Sun H, Yin X, Yang C, Kuang H, Luo W. Advances in autogenous dentin matrix graft as a promising biomaterial for guided bone regeneration in the maxillofacial region: a review. *Med (Baltimore).* 2024;103(34):e39422. doi:10.1097/MD.00000000000039422
185. Feng Y, Zhang X, Li H, et al. Efficacy of autogenous particulated dentin graft for alveolar ridge preservation: a systematic review and meta-analysis. *Med (Baltimore).* 2023;102(23):e19224. doi:10.1097/MD.00000000000039224

186. Roberts TT, Rosenbaum AJ. Bone grafts, bone substitutes and orthobiologics: the bridge between basic science and clinical advancements in fracture healing. *Organogenesis*. 2012;8(4):114-24. doi:10.4161/org.23306. PMID:23247591; PMCID:PMC3562252.
187. Bostrom MP, Seigerman DA. The clinical use of allografts, demineralized bone matrices, synthetic bone graft substitutes and osteoinductive growth factors: a survey study. *HSS J*. 2005;1(1):9-18. doi:10.1007/s11420-005-0111-5
188. Elboraey MO, Elsalanty ME, Oyoun M, et al. Regenerative approaches in alveolar bone augmentation: a narrative review. *J Prosthodont Res*. 2025. doi:10.1016/j.jpor.2025.02.001.
189. Kloss FR, Thoma DS, Benchétrit S, Schimmel M, Müller F. Comparison of allogeneic and autogenous bone grafts for onlay augmentation: volumetric changes and clinical outcomes. *Int J Implant Dent*. 2018;4:33. doi:10.1186/s40729-018-0145-9.
190. Viral infections transmitted through tissue allografts [Internet]. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information; 2020 [citado 2024 oct 2]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7152342/>
191. Kao ST, Scott DD. A review of bone substitutes. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2007;19(4):513-21. doi:10.1016/j.coms.2007.06.002
192. Muñoz Corcuera M, Trullenque Eriksson A. Comparación entre distintos sustitutos óseos utilizados para procedimientos de elevación de seno maxilar previo a la colocación de implantes dentales. *Av Periodon Implantol*. 2008;20(3):155-64.
193. Kim YJ, Kim SG, Oh JS, Jin SC, Son JS, Kim SY, Lim SY. Bone formation in grafts with Bio-Oss and autogenous bone at different proportions in rabbit. *J Periodontal Implant Sci*. 2020;50(3):176-88.
194. Li Y, Zhang H, Chen X, et al. Chitosan-based biomaterials for bone tissue engineering. *Int J Biol Macromol*. 2025;262:127412. doi:10.1016/j.ijbiomac.2025.127412
195. Alfar TMA Sr, Alfar TMA Jr, et al. Exploring the Potential of Phytogetic Materials for Bone Restoration. *Int J Mol Sci*. 2023;24(17):12950. doi:10.3390/ijms241712950.
196. Pountos I, Giannoudis PV. Is there a role of coral bone substitutes in bone repair? *Injury*. 2016;47 Suppl 4:S40-4. doi:10.1016/S0020-1383(16)30675-1.

197. Moore WR, Graves SE, Bain GI. Synthetic bone graft substitutes. *ANZ J Surg.* 2001;71(6):354-61.
198. Sohn H-S, Oh J-K. Review of bone graft and bone substitutes with an emphasis on fracture surgeries. *Biomater Res.* 2019;23:9. doi:10.1186/s40824-019-0157-y.
199. Chatelet M, Dupont P, Lemoine J, et al. Review of bone graft and implant survival rate. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2022;12(2):123-30. doi:10.1016/j.jobcr.2021.100345
200. Mardas N, Macbeth N, Donos N, Jung RE, Zuercher AN. Is alveolar ridge preservation an overtreatment? *Periodontol 2000.* 2023;93(1):289-308. doi:10.1111/prd.12508.
201. Elboraey MO, Elsalanty ME, Oyoun M, et al. Regenerative approaches in alveolar bone augmentation: a narrative review. *J Prosthodont Res.* 2025. doi:10.1016/j.jpor.2025.02.001.
202. Marian D, Toro G, D'Amico G, Trotta MC, D'Amico M, Petre A, et al. Challenges and innovations in alveolar bone regeneration: a narrative review on materials, techniques, clinical outcomes, and future directions. *Medicina.* 2025;61(1):20. doi:10.3390/medicina61010020.
203. Urban IA, Nagy K, Nagy D. Techniques on vertical ridge augmentation: indications and outcomes. *Periodontol 2000.* Epub ahead of print 2023. doi:10.1111/prd.12471
204. Testori T, Weinstein RL, Taschieri S, Del Fabbro M. Risk factor analysis following maxillary sinus augmentation: a retrospective multicenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(5):1170-6.
205. Al-Dajani M. Recent trends in sinus lift surgery and their clinical implications. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(1):204-12.
206. Tavelli L, Borgonovo AE, Re D, Maiorana C. Sinus presurgical evaluation: a literature review and a new classification proposal. *Minerva Stomatol.* 2017;66(3):115-31.
207. Boyne PJ, James RA. Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg.* 1980;38(8):613-6.
208. Tatum H Jr. Maxillary and sinus implant reconstructions. *Dent Clin North Am.* 1986;30(2):207-29.
209. Al-Dajani M. Recent trends in sinus lift surgery and their clinical implications. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016;18(1):204-12.

210. Nolan PJ, Freeman K, Kraut RA. Correlation between schneiderian membrane perforation and sinus lift graft outcome: a retrospective evaluation of 359 augmented sinuses. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72(1):47-52.
211. Wallace SS, Mazor Z, Froum SJ, Cho SC, Tarnow DP. Schneiderian membrane perforation rate during sinus elevation using piezosurgery: clinical results of 100 consecutive cases. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007;27(5):413-9.
212. Summers RB. A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. *Compend Contin Educ Dent.* 1994;15(2):152-158; quiz 162.
213. Summers RB. The osteotome technique: Part 3—less invasive methods of elevating the sinus floor. *Compend Contin Educ Dent.* 1994;15(6):698-704; quiz 710.
214. Engelke W, Capobianco M. Endoscopically controlled sinus floor augmentation. A preliminary report. *Clin Oral Implants Res.* 1997;8(6):527-31.
215. Muroi T, Iino M, Sugimoto T, Kamei T, Kudo I, Ueda M. Minimally invasive antral membrane balloon elevation: a prospective study of 87 consecutive cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(3):295-301.
216. Muroi T, Iino M, Sugimoto T, Kamei T, Kudo I, Ueda M. Minimally invasive antral membrane balloon elevation: a prospective study of 87 consecutive cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102(3):295-301.
217. Jensen OT, Shulman LB, Block MS, Iacono VJ. Report of the Sinus Consensus Conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1998;13 Suppl:11-45.
218. Huwais S, Meyer EG. A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;32(1):27-36.
219. Bergamo ETP, Zahoui A, Barrera RB, Huwais S, Coelho PG, Karateew ED, Bonfante EA. Osseodensification effect on implants primary and secondary stability: Multicenter controlled clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(2):317-28.
220. Consejo General de Dentistas de España. En España se colocan entre 1,2 y 1,4 millones de implantes al año [Internet]. Madrid: Consejo General de Dentistas de España; 2023 [citado 2024 Oct 6]. Disponible en: <https://consejodentistas.es/en-espana-se-colocan-entre-1-2-y-1-4-millones-de-implantes-al-ano/>
221. Sociedad Española de Periodoncia y Osteointegración (SEPA). En la última década se han colocado 17 millones de implantes dentales en España [Internet]. Madrid: SEPA; 2024 [citado 2024 Oct 6]. Disponible en: <https://sepa.es/noticia-destacada/en->

la-ultima-decada-se-han-se-han-colocado-17-millones-de-implantes-dentales-en-espana/

222. Najem SS, Safwat WM, ElAziz RA, Gaweesh YS. Maxillary sinus assessment for gender and age determination using cone beam computed tomography in an Egyptian sample. *Alexandria Dent J.* 2020;47(2):63-70. doi:10.21608/adjalexu.2020.88457.
223. Faramarzie M, Babaloo AR, Ghertasi Oskouei S, Faramarzie M. Prevalence, height, and location of antral septa in Iranian patients undergoing maxillary sinus lift. *J Periodont Implant Dent.* 2019;1(1):43-7.
224. Lawson W, Patel ZM, Lin FY. The development and pathologic processes that influence maxillary sinus pneumatization. *Anat Rec (Hoboken).* 2008;291(12):1554-63.
225. Saccucci M, Cipriani F, Carderi S, Di Carlo G, D'Attilio M, Rodolfino D, et al. Gender assessment through three-dimensional analysis of maxillary sinuses by means of cone beam computed tomography. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015;19(1):185-93.
226. Miracle AC, Mukherji SK. Cone beam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009;30(7):1285-92.
227. Wu X, Cai Q, Huang D, Xiong P, Shi L. Cone-beam computed tomography-based analysis of maxillary sinus pneumatization extended into the alveolar process in different age groups. *BMC Oral Health.* 2022;22:393.
228. Azizia T, Sultan K, Hajeer MY, Alhafi ZM, Sukari T. Evaluation of the relationship between sagittal skeletal discrepancies and maxillary sinus volume in adults using cone-beam computed tomography. *Sci Rep.* 2025;15:25689.
229. Sivasamy I, Ramakarishna P, Johaley S, Deb Sikdar S, Jain SK, Diwan RK. Evaluation of maxillary and sphenoidal sinuses' volume and bizygomatic width using cone beam computed tomography. *J Indian Acad Oral Med Radiol.* 2024;36(3):297-300. doi:10.4103/jiaomr.jiaomr_86_24
230. Ortiz Banegas D, Quizhpe Albarracín K, Pérez M, et al. Prevalencia de neumatización del seno maxilar en pacientes parcialmente o totalmente edéntulos según la clasificación de Misch mediante CBCT. *World J Adv Res Rev.* 2024;23(2):2028-35.
231. Constantino TM, de Carvalho CC, Viana-Medeiros F, Alves-Santos PA, Silva-Lô AG, Prado MS, et al. The effect of age and gender on the distance between maxillary

- sinus floor cortical bone and molar root apices. *Dentomaxillofac Radiol.* 2025;54(1):9. doi:10.3390/2673-351X-9-1-9
232. Altaweel AA, Sowairi SS, Sapri AMS, Saeedi SA, Alamri AH, Alnobi AA, et al. Assessment of the relationship between maxillary posterior teeth and maxillary sinus using cone-beam computed tomography. *Int J Dent.* 2022;2022:6254656. doi:10.1155/2022/6254656.
233. Kilic C, Kamburoğlu K, Yüksel SP, Ozen T. An assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and the maxillary posterior teeth root tips using dental cone-beam computerized tomography. *Eur J Dent.* 2010;4(4):462-7.
234. Jang Y, Cho BH. Assessment of the relationship between the maxillary molars and adjacent structures using cone beam computed tomography. *Imaging Sci Dent.* 2012;42(4):219-24.
235. Vallo J, Suominen-Taipale L, Huuonen S, Soikkonen K. Age- and gender-specific differences in the position of the maxillary sinus floor relative to the maxillary posterior teeth. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(7):867-70. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.01916.x.
236. Sivasamy I, Ramakrishna P, Johaley S, Deb Sikdar S, Jain SK, Diwan RK. Evaluation of maxillary and sphenoidal sinuses' volume: a CBCT-based study. *Acad Oral Maxillofac Radiol J.* 2024;30(3):210-16. doi:10.4103/aomr.aomr_58_23
237. Jang JK, Kwak SW, Ha JH, Kim HC. Anatomical relationship of maxillary posterior teeth with the sinus floor and buccal cortex. *J Oral Rehabil.* 2017;44(8):617-25. doi:10.1111/joor.12525.
238. Kwak HH, Park HD, Yoon HR, Kang MK, Koh KS, Kim HJ. Topographic anatomy of the inferior wall of the maxillary sinus in Koreans. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004;33(4):382-8. doi:10.1016/j.ijom.2003.10.012.
239. Shokri A, Lari S, Yousef F, Hashemi L. Assessment of the relationship between the maxillary sinus floor and maxillary posterior teeth roots using cone beam computed tomography. *J Contemp Dent Pract.* 2014;15(5):618-22. doi:10.5005/jp-journals-10024-1589.
240. Atallah HN, El-Hadidy SM, El-Nahass HN, El-Nahass NM. Assessment of the relationship between maxillary posterior teeth roots and the maxillary sinus floor using CBCT: a cross-sectional study. *BMC Oral Health.* 2023;23:314. doi:10.1186/s12903-023-03091-1.

241. Park IH, Song JS, Choi H, Kim TH, Hoon S, Lee SH, et al. Volumetric study of paranasal sinus development using CT imaging in Asians. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2010;74(2):134-8. doi:10.1016/j.ijporl.2009.10.018.
242. Vallo J, Suominen-Taipale L, Huuonen S, Soikkonen K. Age- and gender-specific differences in the position of the maxillary sinus floor relative to the maxillary posterior teeth. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(7):867-70. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.01916.x.
243. Faria Vasconcelos K, Evangelista KM, Rodrigues CD, Estrela C, de Sousa TO, Silva MA. Detection of periopathogens in maxillary sinus of patients with chronic periodontitis using CBCT and PCR. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(2):150-8. doi:10.1590/1678-775720150272.

11

Anexos

11.1 ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

11.1.1 Tablas

Tabla 1.	Protocolo de Jensen para la elección de la técnica de elevación de seno maxilar según la altura ósea residual	53
Tabla 2.	Resultados del análisis multivariante de los factores independientes y de la distancia media (mm) al seno maxilar (población española).....	85
Tabla 3.	Comparaciones por pares de la distancia media (mm) entre diente y seno maxilar según grupos de edad en la población española.	89
Tabla 4.	Comparaciones por pares de la distancia entre el diente y el seno maxilar en función del sexo en la población española.....	91
Tabla 5.	Comparación entre el grado de neumatización y los diferentes dientes perdidos (Exo) estudiados según la distancia (mm) en la población española	92
Tabla 6.	Comparaciones múltiples de la distancia diente–seno maxilar entre los diferentes grupos EXO (ajuste de Bonferroni) en la población española.....	93
Tabla 7.	Efecto del sexo sobre la localización del suelo del seno maxilar en la zona del diente ausente en la población española	94
Tabla 8.	Resultados del análisis multivariante de los factores independientes y de la distancia media (mm) al seno maxilar en la población egipcia.	97
Tabla 9.	Comparaciones por pares de la distancia media (mm) entre diente y seno maxilar según grupos de edad en la población egipcia.....	101
Tabla 10.	Comparaciones por pares de la distancia entre el diente y el seno maxilar en función del sexo en la población egipcia.	103
Tabla 11.	Comparación entre el grado de neumatización y los diferentes dientes perdidos (Exo) estudiados según la distancia (mm)	104
Tabla 12.	Comparaciones múltiples de la distancia diente–seno maxilar entre los diferentes grupos EXO	105

Tabla 13.	Efecto del sexo sobre la localización del suelo del seno maxilar en la zona del diente ausente en la población egipcia.....	106
Tabla 14.	Comparación de estudios previos sobre la relación entre los dientes posteriores maxilares y el suelo del seno maxilar (MSF), en distintas poblaciones, frente a los hallazgos del presente estudio.....	116
Tabla 15.	Comparación de estudios previos sobre el efecto de la exodoncia dentaria en la distancia entre los ápices radiculares de los dientes posteriores superiores y el suelo del seno maxilar (MSF).	117

11.1.2 Figuras

Figura 1:	Pared inferior del seno maxilar.....	29
Figura 2:	El seno maxilar.	30
Figura 3:	Cálculo del tamaño muestral mediante el programa G*Power para el estudio de la neumatización del seno maxilar en la población española.	72
Figura 4:	Cálculo del tamaño muestral mediante el programa G*Power para el estudio de la neumatización del seno maxilar en la población egipcia.	73
Figura 5:	Aparato SIRONA Orthophos Plus DS para la captura de radiografías panorámicas y cefalométricas (Sirona Dental Systems GmbH, Alemania).	75
Figura 6:	Interfaz del programa DicomCleaner utilizado para la anonimización de radiografías DICOM. (Fuente: PixelMed Publishing, DicomCleaner™).	76
Figura 7:	Interfaz inicial del software Sidexis XG (Sirona Dental Systems GmbH, Alemania), utilizado para la adquisición y visualización de imágenes radiográficas dentales.	77
Figura 8:	Esquema de la clasificación de la distancia seno-apical y la agrupación de pacientes según la edad. (Elaboración propia)	78
Figura 9:	Esquema de Clase I: neumatización excesiva con interrupción del suelo sinusal y oscurecimiento apical del diente implicado. (Elaboración propia)	78
Figura 10:	Ortopantomografía en la que se realizaron las mediciones de la distancia entre el suelo del seno maxilar y el ápice dental mediante el software Sidexis XG. (Elaboración propia)	79
Figura 11:	Ortopantomografía con líneas de referencia (Elaboración propia).....	80
Figura 12:	Comparación de grupos de edad por género en cada clase (Población española).....	90

Figura 13: Extensión de la neumatización sinusal en los diferentes grupos EXO en la población española	94
Figura 14: Distribución porcentual de los participantes en los diferentes grupos EXO según el sexo en la población española.	95
Figura 15: Comparación de grupos de edad por género en cada clase (Población egipcia)	102
Figura 16: Extensión de la neumatización sinusal en los diferentes grupos EXO en la población egipcia.....	105
Figura 17: Distribución porcentual de los participantes en los diferentes grupos EXO según el sexo en la población egipcia.....	106

11.2 CERTIFICADO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA PARA ESTUDIOS REALIZADOS CON SERES HUMANOS



COMITÉ DE ÉTICA NA INVESTIGACIÓN DA USC
Colexio de San Xerome
Praza do Obradoiro s/n
Tel. 982823558
Correo electrónico: comité.etica.investigacion@usc.es

Asistentes a reunión do CEI:

Cifuentes Martínez, Jose Manuel, Presidente
Fernández Copa, María, Secretaria
Fernandez Lorenzo, Juan Luis
Fernández Herrero, Beatriz
Villarino del Rio, Natalia
Vidal Figueroa, Anxo
Vázquez Rodríguez, Sonia
Magariños Ferro, Beatriz
Azevedo Gómez, Ana Manuela de

JOSÉ MANUEL CIFUENTES MARTÍNEZ, PRESIDENTE DO COMITÉ DE ÉTICA NA INVESTIGACIÓN DA UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA,

INFORMA:

Coa presenza dos membros de CEI que se citan, e unha vez analizados os informes dos grupos de traballo correspondentes, os cales teñen ponderado os aspectos metodolóxicos, éticos e legais do proxecto de investigación cuxos datos se refiren a continuación, e teñen avaliado a cualificación do investigador responsable e do equipo investigador, así como as posibilidades do proxecto conforme a lexislación vixente,

O Comité de Ética na Investigación da USC **ACORDA** a emisión de **INFORME FAVORABLE**

Título do proxecto: **Estudio analítico y estadístico de la neumatización del seno maxilar.**

Código: **USC 64/2024**

Investigador responsable: **Juan Antonio Suárez Quintanilla**

En Lugo, con data da firma electrónica.

CIFUENTES MARTINEZ
JOSE MANUEL -
02198348P

Firmado digitalmente por
CIFUENTES MARTINEZ JOSE
MANUEL - 02198348P
Fecha: 2024.10.29 10:47:21
+01'00'

NOTA: O presente informe unicamente avala aquelas actuación/actividades que se desenvolvan a partir da data de sinatura do mesmo



11.3 HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN



CONXUNTO DE IDENTIDADE
DA UNIDADE QUE CORRESPONDA

Código: _____
[Cód. de id. para
seudonimización, se procede]

DOCUMENTO INFORMATIVO

“Estudio analítico y estadístico de la neumatización del seno maxilar”

Breve descripción do proxecto:

Nuestra investigación tiene como objetivo determinar las medidas de los senos maxilares, establecer el grado de neumatización en nuestra población de estudio y finalmente relacionar el grado de neumatización con la edad, el sexo, el número de dientes y las características raciales.

La investigación se realizará en la unidad docente del departamento de Cirugía Oral, Facultad de Medicina y Odontología. Se estima que la duración del estudio no supere los 14 días, para hacer las mediciones necesarias en las ortopantomografías seleccionadas.

Información sobre as intervencións:

Se procede a estudiar las ortopantomografías de los pacientes que acuden a la unidad docente del departamento de cirugía oral para recibir tratamiento. En nuestra investigación se van a consultar las ortopantomografías realizadas a estos pacientes para estudiarlas. Los pacientes no tienen que volver a asistir a sesiones relacionadas a nuestra investigación ni nos pondremos en contacto con ellos nuevamente por motivos relacionados a nuestro estudio.

Información sobre voluntariedade e dereito de revogación:

Los pacientes serán informados claramente que la participación es voluntaria y que pueden solicitar la retirada de sus ortopantomografías del estudio en cualquier momento posterior a la comunicación del consentimiento. Se les comunica también que todos los datos de carácter personal serán anonimizados antes de su uso para el estudio.

Información sobre o destino dos datos ou mostras unha vez finalizada a investigación:

Todos los datos serán destruidos después de la conclusión de los resultados del estudio.

Información sobre o dereito a coñecer os resultados:

Los resultados serán publicados, y los pacientes siempre pueden solicitarnos la conclusión del estudio, y las características anatómicas de su población y de las otras que están incluidas en la investigación.

Información sobre protección de datos e deber de confidencialidade:

Se informa a los pacientes que todas las personas que van a tratar sus datos son la USC y disponen de la confidencialidad para tener acceso a su información. Se les informa que se cumple la legislación de protección de datos vigente.

Información sobre aprobación Comité de Ética na Investigación:

Los pacientes serán informados de la fecha de aprobación del comité de ética.

José María Suarez Quintanilla

Nesma Sherif Kassem



11.4 DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN



CONXUNTO DE IDENTIDADE
DA UNIDADE QUE CORRESPONDA

Código: _____
[Cód. de id. para
seudonimización, se procede]

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estudio analítico y estadístico de la neumatización del seno maxilar

- Confirmo que lín e entendín o documento informativo que precede a este formulario, e que tiven a oportunidade de formular preguntas e dúbidas relativas ao mesmo.
- Confirmo que recibín respostas e aclaracións satisfactorias ás miñas preguntas.
- Entendo que son libre de abandonar o estudo en calquera momento, sen necesidade de explicar as razóns do meu abandono e sen ningún tipo de consecuencias para min.
- Entendo que este estudo non ten finalidade diagnóstica, polo que non recibirei un informe individualizado dos meus resultados nas probas.
- Consinto en participar no estudo arriba indicado.
- Consinto que a información recollida nesta investigación poida ser empregada, con garantía do meu anonimato, en traballos futuros da mesma liña de investigación e en traballos académicos de estudantes dirixidos polos investigadores/as do equipo.
- Consinto que a información recollida nesta investigación poida ser compartida, con garantía do meu anonimato, con outros equipos a través de redes ou repositorios de investigación colaborativa, con fins de investigación sen ánimo de lucro.
- Consinto que se me poida contactar no futuro para propoñerme participar nunha eventual continuidade desta investigación
- Recibo unha copia deste documento.

O/A participante,	O/A investigador/a que recada o consentimento,
Data:	Data:
Sinatura:	Sinatura:
Nome:	Nome:

11.5 ACEPTACIÓN DEL ARTÍCULO.



ISSN1829-006X

BULLETIN OF STOMATOLOGY AND MAXILLOFACIAL SURGERY

Scientific and practical journal

19/07/2025

Dear Author,

We hope this email finds you Your article

**A Comparative Analytical Radiographic Study of Maxillary Sinus
Pneumatization in Egyptian and Spanish Populations**

Is accepted in "BULLETIN OF STOMATOLOGY AND MAXILLOFACIAL
SURGERY "

If you have any questions, feel free to contact us

Regards, Chief editor JBSMFS professor

Gagik Hakobyan



<https://orcid.org/0000-0002-7232-9070>

Contacts

<https://stomatology-mfsjournal.com/>

- E-mail: prom_hg@yahoo.com
- E-mail: stomatologymfsjournal@gmail.com

<https://www.facebook.com/profile.php?id=61554919905661&sk=grid>

11.6 ARTÍCULO. A COMPARATIVE ANALYTICAL RADIOGRAPHIC STUDY OF MAXILLARY SINUS PNEUMATIZATION IN EGYPTIAN AND SPANISH POPULATIONS

Nesma Sherif Kassem¹, Tamer Badawy^{2,3}, Nermeen AbuBakr⁴, Ahmed K. Khalifa^{5,6}, Akhilanand Chaurasia⁷, José María Suárez Quintanilla⁸, Juan Antonio Suárez Quintanilla⁹

¹ Phd researcher, Department of Oral Surgery, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain. **ORCID:**0000-0003-4777-185X

² Lecturer, Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Cairo University, Cairo, Egypt. **ORCID:**0000-0002-6292-9216

³ Lecturer, Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Galala University, New Galala City, Suez, Egypt. **ORCID:** 0000-0002-6292-9216

⁴ Associate Professor, Department of Oral Biology, Faculty of Dentistry, Cairo University, Cairo, Egypt. **ORCID:** 0000-0003-2962-0070

⁵ Associate Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Mansoura University, Mansoura, Egypt. **ORCID:**0000-0003-3360-628X

⁶ Associate Professor, Department of Prosthodontics, Faculty of Applied Health Science Technology, New Mansoura University, New Mansoura City, Egypt. **ORCID:** 0000-0003-3360-628X

⁷ Professor, Department of Oral Medicine and Radiology, King George's Medical University, Lucknow, India. **ORCID:** 0000-0002-8356-9512

⁸ Professor, Department of Surgery and Medical-Surgical Specialties, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain. **ORCID:** 0009-0004-3810-980X

⁹ Professor, Department of Morphological Sciences, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, Spain. **ORCID:** 0000-0001-8114-6834

* **Corresponding Author:** Nesma Sherif Kassem, Institution, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Santiago de Compostela, 15705, Santiago de Compostela, Spain. **Phone:** +34651762767 **GSM:**+34 **E-mail address:** nesma.sherif.kz@gmail.com

Received: Jul 8, 2025; **Accepted:** Jul. 28, 2025; **Published:** Aug. 26, 2025

ABSTRACT

Purpose: This study aimed to examine how age, sex, and race affect maxillary sinus pneumatization. Additionally, it aimed to determine which tooth on each side caused greater sinus pneumatization following extraction among Spanish and Egyptian patients.

Materials and Methods: Two protocols were used to assess maxillary sinus pneumatization digitally in 440 panoramic X-rays. The sample included 220 Spanish and 220 Egyptian patients, both male and female, aged 20 years or older. All patients had one or more maxillary posterior teeth extracted (from the first premolar to the third molar) on one side, with the contra lateral side fully dentate.

Results: Younger patients have a higher likelihood of sinus penetration with roots. The distance between the maxillary sinus and teeth is smaller in men than in women. No significant differences were observed between the right and left

sides. In Spanish patients, the greatest pneumatization occurs after the second molar extraction, followed by the first molar. In Egyptian patients, the highest pneumatization is associated with extracting the second premolar, followed by the first molar. The distance to the maxillary sinus was significant in both populations. Univariate analyses showed non-significant extraction effects with varying effect sizes. The highest adjusted R² values were observed at the first molar in Egyptian and the second molar in Spanish patients.

Conclusion: Maxillary sinus volume changes with age; as age increases, the volume decreases. There is no significant difference in gender regarding the tooth-sinus-floor distance, but males show larger sinuses. No significant difference is seen between the right and left sides.

Keywords: Maxillary Sinus, Teeth Extraction, Pneumatization, Radiographic

Link de descarga del artículo:

<https://stomatology-mfsjournal.com/wp-content/uploads/2025/08/A-Comparative-Analytical-Radiographic-Study-of-Maxillary-Sinus-Pneumatization-in-Egyptian-and-Spanish-Populations-2-1-4-2-1.pdf>



La neumatización del seno maxilar tras la pérdida dentaria es un fenómeno anatómico y clínico de gran importancia en odontología e implantología oral, ya que determina la disponibilidad ósea en el sector posterior del maxilar superior y condiciona la planificación y el éxito de los tratamientos con implantes. Con el objetivo de profundizar en sus características y analizar la influencia de factores demográficos, se realizó un estudio analítico y radiográfico comparativo entre dos poblaciones —española y egipcia— a partir del análisis de radiografías panorámicas obtenidas tras la exodoncia de dientes posteriores maxilares.

La muestra estuvo compuesta por 440 radiografías (220 españolas y 220 egipcias), seleccionadas bajo criterios estrictos de inclusión y exclusión. En cada caso se midió la distancia entre los ápices radiculares de los dientes posteriores y el suelo del seno maxilar, considerando los distintos grupos dentarios y evaluando la influencia de la edad y el sexo.