

Traballo de
fin de grao

Terapéutica Basada en la Evidencia: Protocolo Clínico para el Diseño, Colocación, Carga y Biomecánica de los Microimplantes Palatinos Asociados al MARPE.

Terapéutica baseada na evidencia: protocolo clínico para o deseño, colocación, carga e biomecánica de microimplantes palatais asociados ao MARPE.

Evidence-Based Therapeutics: Clinical Protocol for the Design, Placement, Loading and Biomechanics of Palatal Microimplants Associated with MARPE.

Autor/a: Pedro Suárez Suquía

Tutor/a: María de la Paz Otero Casal

Departamento: Cirugía y Especialidades Médico-quirúrgicas.

Curso académico: 2024-2025

Xuño 2025

Traballo de Fin de Grao presentado na Facultade de Medicina e Odontoloxía da Universidade de Santiago de Compostela para a obtención do Grao de Odontoloxía

ÍNDICE

1. RESUMEN/RESUMO/ABSTRACT.....	
2. INTRODUCCIÓN.....	
2.1 COMPRESIÓN MAXILAR ESQUELÉTICA MAXILAR.....	
2.2 MADURACIÓN DEL MAXILAR.....	
2.3 EXPANSIÓN MAXILAR.....	
2.4 MARPE.....	
2.5 DISEÑOS DEL MARPE.....	
2.6 EFECTOS DE LA EXPANSION CON MARPE.....	
2.7 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA IMPLICADA.....	
2.8 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS ÓPTIMAS DE ANCLAJE.....	
2.9 CORTICALIDAD.....	
3. JUSTIFICACIÓN.....	
4. OBJETIVOS.....	
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	
5.1 TIPO DE ESTUDIO.....	
5.2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	
5.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA.....	
5.4 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES Y SOFTWARE DE ANÁLISIS.....	
5.5 FUENTES DE DATOS Y MEDICIÓN.....	
5.6 NOMINACIÓN DE LOS PUNTOS.....	
5.7 PARÁMETROS EVALUADOS.....	
5.8 MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	
6. RESULTADOS.....	
6.1 RATIO DE COBERTURA MUESTRAL.....	
6.2 GROSOR ÓSEO DISPONIBLE.....	
6.3 ANGULACIÓN EN PLANO SAGITAL.....	
6.4 ANGULACIÓN PLANO CORONAL.....	
6.5 DISTANCIA MEDIA LATERAL A SPM.....	
6.6 GROSOR ÓSEO ENTRE SEXOS.....	
7. DISCUSIÓN.....	
7.1 RESULTADOS CLAVE.....	

7.2	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....
7.3	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....
7.4	GENERALIDADES.....
8.	CONCLUSIONES.....
9.	BIBLIOGRAFÍA.....
10.	ANEXOS.....
	ANEXO 1. INFORMACIÓN ACERCA DE LA PROTECCIÓN DE DATOS.....
	ANEXO 2. COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.....
	ANEXO 3. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE BIOÉTICA.....,
	ANEXO 4. TABLAS ADICIONALES.....

1. RESUMEN/ RESUMO/ ABSTRACT

Introducción: La colocación de microimplantes palatinos como anclaje óseo estacionario para la disyunción palatina con MARPE se ha consolidado como una técnica eficaz para el tratamiento de la expansión maxilar en adultos y adultos jóvenes. Su éxito clínico depende de una adecuada estabilidad primaria de los microtornillos junto con una adecuada inserción y planificación de estos. La incorporación de este sistema ha permitido el tratamiento de compresiones maxilares esqueléticas en adultos librando a este de toda comorbilidad asociada.

Objetivos: El objetivo principal de este estudio es analizar las estructuras maxilares, óseas y dentarias, que determinan el éxito o el fracaso del diseño, colocación y activación del MARPE, la disyunción rápida del maxilar en adultos soportada sobre microimplantes ortodóncicos, con la finalidad de desarrollar un protocolo fiable, predecible y estandarizable para su manejo en el Servicio de Investigación en Ortodoncia & Unidad Dental del Sueño de la Universidad de Santiago de Compostela.

Material y Métodos: Se llevo a cabo un estudio observacional transversal analítico mediante CBCT de 21 Pacientes adultos pertenecientes al Máster de Ortodoncia de la Universidad de Santiago de Compostela (USC). Se evaluaron 62 parámetros por paciente (Evaluaciones lineales y angulares) y posteriormente se buscaron correlaciones entre grupos. El análisis estadístico fue realizado mediante pruebas no paramétricas, incluyendo t-Student, la prueba U de Mann-Whitney, el Test de correlación de Spearman y análisis de varianza (ANOVA).

Conclusión: No es posible establecer un protocolo clínico rígido estandarizable para el diseño, colocación, carga y biomecánica de los microimplantes palatinos asociados a MARPE debido a las grandes variaciones óseas entre individuos a pesar de haber identificado ciertos patrones comunes.

KEY WORDS: “Maxillary Compression”, “MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “SARPE (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “Rapid Maxillary Expansion (RME)”, “Obstructive Sleep Apnea–Hypopnea Syndrome (OSAHS)”, “Obstructive Sleep Apnea (OSA)”, “Midpalatal Suture”, “Tricortical Anchorage”, “Bicortical Anchorage”, “Bone-First Approach”, “Microscrews”, “Miniscrews”, “Orthodontic Mini-implants”, “Orthodontic Microimplants”, “Temporary Anchorage Devices (TADs)”, “Palatal Anatomy”, “Craniofacial Orthopedics”, “Transverse Maxillary Deficiency”, “Greater palatine groove”, “T zone”.

1. ABSTRACT

Introduction: The placement of palatal microimplants as stationary skeletal anchorage for maxillary expansion with MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion) has become an effective technique for treating maxillary expansion in adults and young adults. Its clinical success depends on adequate primary stability of the miniscrews along with proper planning and insertion. The adoption of this system has enabled the treatment of skeletal maxillary compressions in adults, sparing them from associated comorbidities.

Objectives: The primary aim of this study is to analyze the maxillary, bony, and dental structures that determine the success or failure of the design, placement, and activation of MARPE—rapid maxillary expansion in adults supported by orthodontic microimplants—in order to develop a reliable, predictable, and standardizable protocol for its use in the Orthodontic Research Service & Sleep Dentistry Unit at the University of Santiago de Compostela.

Materials and Methods: An analytical, cross-sectional observational study was conducted using CBCT on 21 adult patients enrolled in the Master’s in Orthodontics at the University of Santiago de Compostela (USC). Sixty-two parameters per patient (linear and angular measurements) were evaluated, and correlations between groups were assessed. Statistical analysis was performed using non-parametric tests, including the Student’s t-test, Mann–Whitney U test, Spearman’s correlation test, and analysis of variance (ANOVA).

Conclusion: It is not possible to establish a rigid, standard clinical protocol for the design, placement, loading, and biomechanics of palatal microimplants associated with MARPE due to significant interindividual bony variations, despite the identification of certain common patterns.

KEY WORDS: “Maxillary Compression”, “MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “SARPE (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “Rapid Maxillary Expansion (RME)”, “Obstructive Sleep Apnea–Hypopnea Syndrome (OSAHS)”, “Obstructive Sleep Apnea (OSA)”, “Midpalatal Suture”, “Tricortical Anchorage”, “Bicortical Anchorage”, “Bone-First Approach”, “Microscrews”, “Miniscrews”, “Orthodontic Mini-implants”, “Orthodontic Microimplants”, “Temporary Anchorage Devices (TADs)”, “Palatal Anatomy”, “Craniofacial Orthopedics”, “Transverse Maxillary Deficiency”, “Greater Palatine Groove”, “T Zone”.

RESUMO

Introdución: A colocación de microimplantes palatinos como ancoraxe ósea estacionaria para a disxunción palatina con MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion) consolidouse como unha técnica eficaz para o tratamento da expansión maxilar en adultos e adultos novos. O seu éxito clínico depende dunha adecuada estabilidade primaria dos microtornillos, xunto cunha correcta planificación e inserción destes. A incorporación deste sistema permitiu o tratamento de compresións maxilares esqueléticas en adultos, librándoos das comorbilidades asociadas.

Obxectivos: O obxectivo principal deste estudo é analizar as estruturas maxilares, óseas e dentais que determinan o éxito ou o fracaso do deseño, colocación e activación do MARPE — a disxunción rápida do maxilar en adultos soportada sobre microimplantes ortodónticos—, co fin de desenvolver un protocolo fiable, predecible e estandarizable para o seu manejo no Servizo de Investigación en Ortodoncia & Unidade Dental do Sono da Universidade de Santiago de Compostela.

Material e métodos: Levouse a cabo un estudo observacional transversal analítico mediante CBCT de 21 pacientes adultos pertencentes ao Máster de Ortodoncia da USC. Avaliáronse 62 parámetros por paciente (avaliacións lineais e angulares) e, posteriormente, buscaronse correlacións entre grupos. A análise estatística realizouse mediante probas non paramétricas, incluíndo o test t de Student, o test U de Mann–Whitney, o test de correlación de Spearman e a análise de varianza (ANOVA).

Conclusión: Non é posible establecer un protocolo clínico ríxido e estandarizable para o deseño, colocación, carga e biomecánica dos microimplantes palatinos asociados a MARPE debido ás grandes variacións óseas entre individuos, a pesar de identificarse certos patróns comúns.

PALABRAS-CHAVE: “Compresión Maxilar”, “MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “SARPE (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion)”, “Expansión Maxilar Rápida (RME)”, “Síndrome de Apnea Obstrutiva do Sono–Hipopnea (OSAHS)”, “Apnea Obstrutiva do Sono (OSA)”, “Sutura Medianapalatal”, “Ancoraxe Tricortical”, “Ancoraxe Bicortical”, “Enfoque Bone-First”, “Microscrews”, “Miniscrews”, “Miniimplantes Ortodónticos”, “Microimplantes Ortodónticos”, “Dispositivos de Ancoraxe Temporal (TADs)”, “Anatomía Palatina”, “Ortopedia Craneo-facial”, “Deficiencia Maxilar Transversa”, “Surco Palatino Maior”, “Zona T”.

2. INTRODUCCIÓN

Una de las maloclusiones más frecuentes, y de mayor repercusión funcional, es la mordida cruzada unilateral, bilateral o completa, producida por el colapso dental u óseo del maxilar¹. El origen de la mordida cruzada que acompaña a la compresión dental o esquelética puede ser funcional debido a una compresión bilateral maxilar, que determina una oclusión traumática cúspide a cúspide, especialmente a nivel de los caninos, temporales o permanentes superiores, la propiocepción periodontal busca el restablecimiento de una nueva máxima intercuspidadación lateralizando la mandíbula y apareciendo una mordida cruzada en uno de los lados.

Si la compresión es muy marcada, no existe este mecanismo propioceptivo de compensación y el maxilar queda atrapado por la mandíbula, generando una mordida cruzada posterior bilateral o completa (si se suma una mordida cruzada anterior), también denominada telescópica².

La diferencia entre una mordida cruzada de origen dental, o esquelética maxilar, o una franca asimetría esquelética mandibular, hay que buscarla en el análisis de la relación céntrica y su comparación con la máxima intercuspidadación y/o la oclusión dental adaptativa del paciente. El diagnóstico diferencial se establece a través del análisis frontal del CBCT/TAC y modelos digitales de estudio 3D (torsión de las raíces, curva de Monsson & Wilson, anchura de la base apical de Lundstrom frente a la intermolar/premolar, ratio transversal maxilomandibular, análisis McNamara, etc.)³⁻⁵.

1.1 Compresión esquelética maxilar

La etiología de la compresión maxilar es multifactorial. Incluye factores genéticos como síndromes, fisura palatina o agenesias dentales, y factores epigenéticos como hábitos orales prolongados, respiración bucal, deglución atípica, succión digital o chupete y enfermedades respiratorias crónicas⁶⁻⁹.

La prevalencia varía según el grupo etario, siendo del 8–23% en población general y aumentando hasta aproximadamente el 30% en adultos^{10,11}

Las consecuencias locales implican restricción del espacio nasofaríngeo, alteración de la posición lingual y labial, dificultad en la respiración nasal y modificaciones en el crecimiento mandibular^{1,2,6-8}. Clínicamente, se presentan apiñamientos severos, paladar alto y estrecho en "V", sobremordida y mordida cruzada frecuente¹.

A nivel sistémico, la compresión maxilar puede provocar apnea obstructiva del sueño (AOS), trastornos del sueño, déficit cognitivo y problemas conductuales, incrementando también el riesgo cardiovascular¹³⁻¹⁴. Además, se asocia a alteraciones posturales compensatorias y afectación psicosocial significativa, impactando negativamente en la calidad de vida¹⁵.

Dado que estas complicaciones se agravan con la edad, el diagnóstico y tratamiento temprano resultan esenciales para prevenir secuelas permanentes y mejorar la salud general del paciente^{1,9,14}.

La evidencia disponible respalda la efectividad de la disyunción rápida maxilar para mejorar funciones respiratorias, calidad del sueño y crecimiento dentofacial en diferentes grupos de edad^{8,13,16}. Sin embargo, la elección de la técnica adecuada (convencional, con microimplantes

o cirugía ortognática) y su límite etario óptimo sigue siendo objeto de debate clínico¹⁷⁻²¹.

2.2. Maduración del maxilar

La unión medial de las láminas palatinas formará el techo óseo de la boca a nivel de la semana 12, formando una sínfisis fibrosa llamada sutura palatina mediana (SPM)²².

Tras el nacimiento, la SPM persiste como un estrecho tejido conectivo con fibras colágenas y células mesenquimatosas entre las láminas palatinas. Inicialmente la sutura es ancha y corta, con disposición en “Y” o forma ligeramente sinuosa. Conforme avanza el crecimiento, la expansión lateral del paladar se produce en gran parte por aposición ósea a lo largo de la sutura hasta la pubertad (aprox. 13–16 años)²²⁻²⁴.

Con el tiempo comienzan a aparecer esquiras óseas que brotan de los bordes óseos de la sutura, así como pequeñas “islas” de tejido parcialmente calcificado en el interior de la abertura sutural. Estas esquiras aumentan progresivamente y forman áreas onduladas yuxtapuestas separadas por tejido conectivo, produciendo una interdigitación creciente entre los bordes maxilares. En consecuencia, la SPM se hace cada vez más sinuosa y entrelazada²⁵.

A medida que envejece aumenta la formación de puentes óseos en la sutura: en sujetos de 30–60 años la sutura suele presentar puentes parciales, y aunque la fusión completa es rara en jóvenes adultos, su apertura se dificulta cada vez más con la edad²⁶

De hecho, estudios histológicos revelan que solo un 3–20% de adultos de hasta 30 años presentan la SPM totalmente ocluida, mientras que el resto mantiene al menos una línea fibrosa residual²⁷. Este endurecimiento progresivo explica por qué la resistencia transversal del paladar aumenta notablemente en la madurez y por qué los métodos de expansión ortodóntica requieren asistencia quirúrgica en adultos.

Para entender mejor este proceso de maduración, Angelieri F y McNamara JA Jr. crearon una clasificación radiográfica de cinco estadios (A–E) basada en cortes axiales de CBCT, que valora la forma y el grado de interdigitación de la sutura palatina media²⁵ (Figura 1).

- **Estadio A:** línea sutural recta y de alta densidad, sin ondulaciones.
- **Estadio B:** línea ondulada incipiente (“lobulada”).
- **Estadio C:** dos líneas onduladas paralelas separadas por microespacios radiolúcidos (puentes óseos parciales).
- **Estadio D:** fusión completa en el paladar duro (huesos palatinos), sin evidencia de espacio sutural.
- **Estadio E:** sinostosis que incluye también la porción anterior del maxilar.

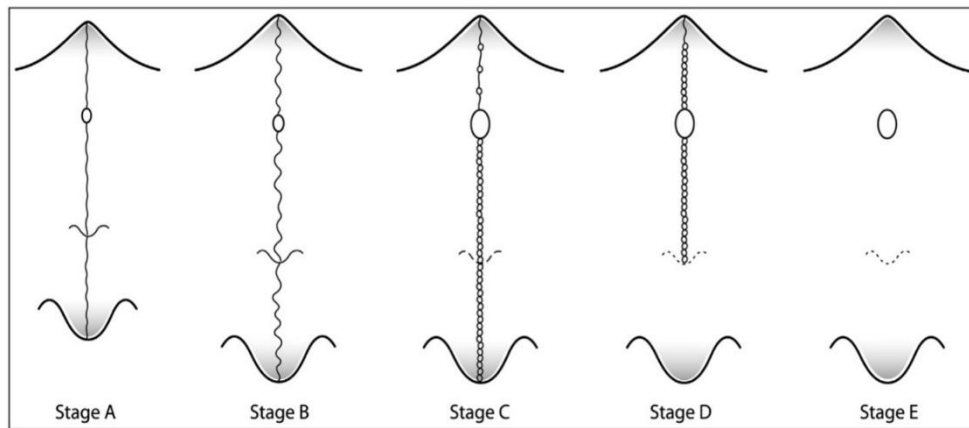


Figura 1. Clasificación de Angelieri–McNamara de la sutura palatina media según cortes axiales de T).
Adaptado de Angelieri et al., 2013(25).

Aunque el grado de interdigitación de la sutura palatina presenta una considerable variabilidad interindividual, generalmente los estadios A, B y C prevalecen en individuos menores de 13 años. A partir de esta edad, los estadios D y E son más frecuentes, si bien no es excepcional observar estadios menos maduros en adultos jóvenes²⁵⁻²⁸

Esta clasificación es clave para la toma de decisiones clínicas, puesto que permite adaptar el tratamiento en función del grado específico de maduración sutural.

2.3. Expansión maxilar.

Históricamente, la disyunción rápida maxilar (RME) fue inicialmente descrita por Emerson C. Angell en 1860²⁹. Su técnica fue popularizada en la década de 1960 por Otto Haas³⁰, desarrollando aparatos de acero inoxidable (Haas, Hyrax) que aplicaban rápidamente fuerzas ortopédicas elevadas para minimizar la inclinación dental y maximizar el efecto esquelético.

La expansión maxilar puede clasificarse en:

- ❖ **Dental:** Depende del movimiento dental y del hueso alveolar, siendo más activa en la región tuberositaria posterior.
- ❖ **Esquelética:** Implica una fractura indolora de la sutura palatina media, más amplia en la parte anterior, pivotando alrededor de las apófisis pterigoides.^{29,30}

Desde una perspectiva terapéutica, la expansión esquelética puede realizarse según la velocidad:

- **Lenta:** Meses
- **Semirápida o intermedia:** Técnica Alt-Ramec.
- **Rápida (RME):** 2-4 semanas, generalmente preferida por ofrecer mejor control y prevenir la impactación de caninos superiores.

Cronológicamente, los métodos y aparatos según la edad del paciente son:

- **6–8 años:** Técnica Marco-Rosa modificada, con anclaje en molares y caninos temporales³¹ (figura 2).
- **9–12 años:** Técnica McNamara, también con anclaje en dientes temporales o mixtos³².
- **Hasta 14–16 años:** Expansores convencionales tipo Haas o Hyrax con anclaje en molares y premolares permanentes³⁰ o Hyrax híbridos con 2 microtornillos.³³
- **Mayores de 16 años:** MARPE (Micro-Implant Assisted Rapid Palatal Expansion) con microtornillos (2, 4 o 6 tornillos) o cirugía ortognática (SARME, Lefort I), indicada para estadios avanzados de maduración sutural (D y E) debido a la reducción de efectividad de la RME convencional con la edad^{25,34,36,37}



Figura. 2 Disyunción Rápida Maxilar en dentición mixta temprana con los dispositivos de Marco-Rosa (Servicio de Investigación en Ortodoncia de la USC).

La RME convencional muestra efectos ortopédicos positivos principalmente en pacientes jóvenes con mordida cruzada posterior, apiñamiento severo o respiración bucal. Sin embargo, en adultos presenta limitaciones importantes debido al incremento de interdigitación sutural, ocasionando mayor riesgo de inclinación dental excesiva, fracturas alveolares y recidivas^{25,36}.

Estas limitaciones motivaron el desarrollo de técnicas alternativas como la expansión maxilar asistida quirúrgicamente (SARPE) y, más recientemente, el MARPE introducido por Lee KJ, Park YC, Park JY y Hwang WS en 2010³⁸. y popularizado por Won Moon posteriormente con el nombre de Maxillary Skeletal Expander (MSE)³⁹. El MARPE combina microimplantes de anclaje óseo con aparatos disyuntores que permiten ejercer fuerzas directamente sobre el hueso basal del maxilar sin depender del soporte dental, logrando eficacia en pacientes con maduración sutural avanzada (estadios D y E)⁴⁰

El MARPE se considera un avance importante en Ortodoncia Médica, ya que además de corregir la oclusión y mejorar la estética, contribuye significativamente a mejorar la permeabilidad de las vías aéreas superiores, previniendo o tratando trastornos respiratorios como la roncopatía y el SAHOS, con un impacto positivo sobre la calidad de vida general del paciente^{14,20,41}

2.4. MARPE (Micro-implant Assisted Rapid Palatal Expansion)

El MARPE (Micro-implant Assisted Rapid Palatal Expansion) es un dispositivo RME de soporte óseo u óseo-dental dental con un elemento rígido insertado con microtornillos al paladar, transmitiendo la fuerza de expansión directamente al hueso basal del maxilar⁴² (32,33), el dispositivo se sustenta sobre 4 microtornillos (dos anteriores y dos posteriores), aunque los diseños varían en función de las características de cada paciente^{42,43} (32,35).

Entre estos microtonillos de anclaje en la zona medial se encuentra un tornillo de expansión de activación variable que producirá las fuerzas de expansión lateral. (figura .3)

El MARPE cubre un amplio espectro de pacientes que, por su grado de intedigitación sutural, no son susceptibles de utilizar sistemas de disyunción maxilar dentosoportados y que tradicionalmente tenían que resignarse a un camuflaje dentario de la maloclusión, normalmente con extracciones, o a realizar una cirugía ortognática que muchos rechazaban. Se han documentado casos de expansión exitosa en adultos de hasta 71 años con SPM parcialmente fusionada, lo que confirma que el cierre completo de la sutura no es un fenómeno lineal ni estrictamente dependiente de la edad, sino que responde a factores multifactoriales³⁶. Además, se estima que hasta un 84 % de los adultos presentan una SPM en estadios avanzados, lo que convierte al MARPE en una herramienta crucial para el tratamiento de compresiones maxilares fuera de la infancia^{36,42}.

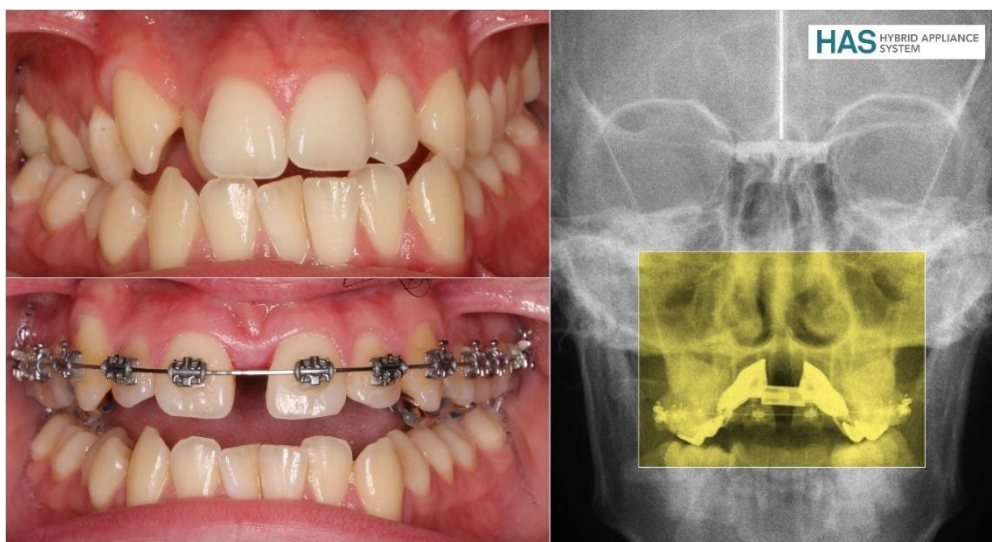


Fig. 3 Sistema MARPE utilizado en el Servicio de Investigación en Ortodoncia de la USC utilizando cuatro microimplantes extraalveolares del DSQ Orthodontic System ® de 12 mm de parte activa.

2.4.1 Ventajas del MARPE

Frente a RME:

- Tratamiento efectivo en estadios avanzados de maduración (D y E)^{25,36}.
- Menores efectos secundarios relacionados con el movimiento dental, debido al anclaje óseo^{34,37,43}.
- Disyunción más horizontal que en la típica de abanico de la RME, aunque depende del diseño y disponibilidad ósea³⁹

- Menores afectaciones periodontales debido a su forma de anclaje, aunque la evidencia de este efecto aún no es concluyente⁴⁴.
- Mayor velocidad de tratamiento: los protocolos de activación con MARPE suelen completarse en un rango de 20 a 35 días⁴².
- Mejora la permeabilidad de las vías aéreas superiores y siendo útil como parte del tratamiento en pacientes con roncopatía o apnea obstructiva del sueño^{14,20,41}. Este efecto también puede darse, en menor medida, con la RME convencional⁴³.

Frente a SARPE:

- Evitar una intervención quirúrgica, ingreso en el quirófano, anestesia general, y que se asocia a morbilidades como dolor, inflamación, sangrado y complicaciones postoperatorias⁴².
- Menor capacidad de expansión en algunos estudios comparativos, pero sin diferencias significativas desde el punto de vista clínico⁴². Tampoco se han encontrado variaciones relevantes en cuanto al efecto sobre los tejidos blandos de la nariz o la distensión de la base nasal, siendo comparables en ambos procedimientos.
- Respecto al periodonto, la literatura no permite establecer conclusiones definitivas⁴².

2.4.2. Complicaciones de MARPE

Los largos tornillos con los que anclamos el aparato de disyunción al paladar del paciente adulto son el origen de su éxito, pero también de los problemas que lo acompañan: dificultad de inserción, doblado o deformación del microtornillo, falta de anclaje o sujeción, dudas sobre la invasión de estructuras, etc.^{44,45}

El uso de microtornillos en el MARPE no está exento de riesgos. Puede haber infecciones locales, sobre todo en pacientes con mala higiene oral o predisposición a infecciones, y este riesgo puede incrementarse cuando se utiliza cortico puntura como técnica complementaria⁴⁶.

2.4.3 Microtornillos

Los microimplantes y miniplacas han abierto un nuevo horizonte en la especialidad al permitir un anclaje óseo temporal (TADS) sin interferencia con el movimiento dentario ortodóncico. Por objetivo, lugar de inserción y diseño, existen dos grupos: los intraalveolares (entre las raíces dentarias) y los extra alveolares (en el paladar, infracigomáticos, retromandibulares, en la sínfisis mentoniana, etc.).

2.4.4 Tipos de microtornillos: diámetro, longitud, superficie

La elección del tamaño adecuado de los microtornillos es crucial para garantizar una fijación estable y un anclaje eficiente. Las dimensiones óptimas varían en función de la región del paladar y la edad del paciente y su selección ha de ser individualizada. Respecto al diámetro variarán de 1,5 a 2,5 mm en función de la resistencia necesaria y lugar de inserción. En cuanto a la longitud, hay variaciones grandes según el lugar, angulación y paciente y estos van desde los ~7 mm hasta los ~16 mm en algunos casos.⁴³

El material de fabricación de los microtornillos desempeña un papel relevante en su

biocompatibilidad, resistencia mecánica y éxito clínico. Actualmente estos son los materiales de mayor uso:

- **Titanio:** Excelente integración biológica, resistencia a la corrosión y capacidad de soportar las fuerzas ortopédicas generadas durante la expansión maxilar. Es el material de elección para los microimplantes palatinos⁴⁶. Existen dos tipos:
 - **Titanio puro:** uso muy extendido
 - **Ti-6Al-4V** (grado 5): mayor resistencia a la fractura en comparación con el titanio puro, siendo por ello la opción preferida en muchos sistemas.
- **Aleaciones con níquel (NiTi):** aportan elasticidad, su huso en MARPE es limitado.
- **Acero inoxidable:** Menos común en microtornillos intróseos, uso extendido en los tornillos de expansión (Jack-screws) debido a su rigidez y bajo coste⁴⁷.

2.5 Diseños del MARPE

A grandes rasgos existen 2 tipos de diseños principales:

MSE (Maxillary Skeletal Expander): generalizado por Moon, son placas preformadas diseñadas de fábrica con cuatro microtornillos prácticamente paralelos entre sí y un tronillo de expansión donde la disposición y angulación de los micros viene dada por la confección del disyuntor³⁸. Colocados en zonas más posteriores generan un patrón de apertura más horizontal y armonioso, pero con menor disponibilidad ósea debido al grosor escaso del paladar posterior y un hueso hipodenso^{48,49}.

Bone First: Se basan en la filosofía de colocar cada microtornillo en la posición óptima para conseguir la mayor eficacia en la disyunción y reducir la tasa de fracaso de los microtornillos. Primero se elige el lugar idóneo de cada microtornillo y posteriormente se fabrica la placa personalizada en el laboratorio^{50,51}. La selección del lugar óptimo según disponibilidad ósea, da lugar a menores tasas de fracaso frente al MSE. Para ello se estudian los CBCTs de los pacientes y se planifican los microtornillos en las zonas óptimas de anclaje atendiendo a las siguientes características principales:

- **Disponibilidad ósea:** densidad y grosor óseo adecuado.
- **Posición óptima:** ubicaciones cuadrangulares con diferentes angulaciones para conseguir bi- o tri- corticalidad,
- **Anatomía quirúrgica:** se evitan dañar estructuras como vasos y nervios.
- **Anatomía del propio paciente:** ser logísticamente posible insertar los microtornillos y disyuntor en las zonas deseadas).

La adaptabilidad del microtornillo con el disyuntor es sólida y al ser un aparato diseñado puede configurarse para que cumpla otras funciones durante la expansión como distalización de molares y retirarlo para modificarlo si surge alguna molestia⁵³.

A pesar de ser una técnica relativamente novedosa y por lo tanto carecer de investigaciones de gran tamaño, numerosos estudios apuntan a que los diseños personalizados tienen mayor tasa de expansión frente a los MSE⁵¹⁻⁵³.

2.5.1 Diseños MSE

a) **MARPE de soporte dental y óseo (MSE estándar).**

El de MSE estándar está constituido por una placa preformada de expansión más un anclaje dental unido mediante dos bandas a los primeros molares. Es el más utilizado y asegura una buena expansión ósea seguida de una estabilidad dental aunque en ocasiones puede generar movimientos de torque positivo en los molares de anclaje. Es el MSE con mayor velocidad de expansión junto con su mínima invasión ya que solo necesita 4 microimplantes para su colocación⁴².

b) **MARPE de anclaje óseo y tisular (Tipo C- expander)**

Es un diseño que no tiene soporte dental. Consta de dos placas de resina que se apoyan en la bóveda con microimplantes insertados en ella que ayudan a la expansión del paladar. Tiene un patrón de expansión similar al MSE estándar pudiendo generar un torque dental similar. La principal diferencia es que el tipo C tiene una expansión de tiempo mucho más prolongado.

c) **MARPE de soporte óseo (ATOZ)**

Consiste únicamente en el anclaje óseo sin ningún soporte mayor. Se ancla a hueso con microimplantes. Este diseño está hecho para mitigar los efectos periodontales y de daño alveolar lo que puede ser útil en pacientes con periodontitis. Es el único diseño que puede crear un torque negativo del sector posterior²

d) **MSE con tornillos adicionales: variantes reforzadas**

Estos son los diseños anteriormente nombrados pero incluyendo varias anillas de refuerzo para incluir más microtornillos y aumentar la estabilidad del disyuntor. Existen numerosos diseños que dependen de las necesidades clínicas de anclaje de cada paciente⁵⁴

2.6 Efectos de la expansión con MARPE

Tejidos Blandos

1. Cavity Nasal y Nasofaringe: La expansión del maxilar mediante MARPE aumenta el espacio aéreo en la cavidad nasal (hasta un 30%) y nasofaringe. Estos cambios reducen la resistencia al flujo de aire optimizando la función respiratoria pudiendo reducir problemas respiratorios, como la apnea obstructiva del sueño^{14,17}
2. Tejidos blandos (nariz, labios y filtrum): cambios prácticamente imperceptibles pero cuantificables (<1 mm)^{42,55}.

Tejidos Duros

1. Sutura Palatina Media: La sutura palatina media es una estructura clave en la expansión con MARPE. Esta sutura se separa mediante fuerzas controladas, lo cual facilita la regeneración ósea en el espacio generado⁵⁶.
2. Suturas pterigopalatinas: Se separan de forma indirecta en un 84% de los casos según

algunos estudios⁵⁷. La colocación de los microtornillos en zonas posteriores favorece su disyunción generando mayor expansión posterior y una apertura más uniforme.

3. Maxilar superior: Se evidencia un crecimiento transversal a nivel del proceso palatino de hasta 3,8 mm.⁵⁸.
4. Sutura cigomático-maxilar y hueso cigomático: Sufren una rotación externa con leve desplazamiento lateral y posterior de los arcos cigomáticos. Las tensiones detectadas en estas zonas son menores que las generadas por la RPE⁵⁹.
5. Procesos alveolares: Aunque la presión y los movimientos dentales son menores que en la RPE, siempre existe un componente dentoalveolar colateral.
6. Placas pterigoideas: reciben tensiones mecánicas y se flexan levemente para generar la expansión. Una posición más posterior de los microtornillos hará que la tensión que reciban sea más regular y genere una apertura más armoniosa¹⁷

2.7. Anatomía y fisiología implicada: Vascularización e Inervación del paladar

El conocimiento de las estructuras anatómicas del paladar es esencial a la hora de aplicar el MARPE, una mala inserción de los microtornillos podría reducir la tasa de éxito de nuestro tratamiento y/o provocar efectos colaterales en estructuras vecinas. La vascularización e inervación transcurre de manera similar en el paladar (tabla 1.).

Tabla 1. Inervación y vascularización del paladar

Estructura	Ubicación	Vasos y Nervios	Transcurso
Foramen palatino mayor	A nivel del 2º molar superior	Arteria palatina mayor y nervio palatino mayor	En sentido anterior, paralelos a los dientes.
Foramen palatino menor	A nivel del 3º molar superior	Arterias palatinas menores y nervio palatino menor	En sentido posterior, hacia el paladar blando. No influyen en MARPE.
Foramen Incisivo	Posterior y medial a los incisivos centrales	Rama septal de arteria esfenopalatina y nervio nasopalatino	Emergen formando un plexo submucoso de finas fibras nerviosas y arteriolas. ⁶⁰

En el CBCT se puede observar el agujero palatino mayor como un área hipodensa en los cortes axiales y el canal neurovascular palatino en los cortes frontales, discurriendo hacia anterior a través de sus surcos (figuras 4 y 5). En estos surcos es más común encontrarnos el nervio palatino mayor hacia la zona vestibular y la arteria palatina más medialmente. Se recomienda mantener una distancia mínima de 3–4 mm del foramen incisivo⁶¹.

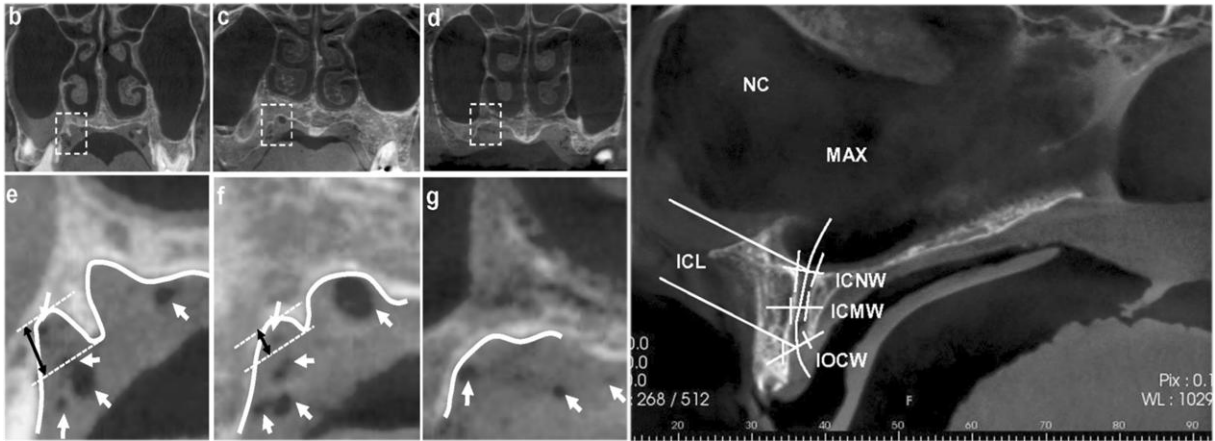


Figura 4. Y 5. Distribución de la inervación palatina. Se observan las principales ramas del nervio maxilar (V2): el nasopalatino, palatino mayor y palatinos menores, junto a sus forámenes respectivos. [Miwa Y, Asaumi R, Kawai T, Maeda Y, Sato I. Morphological observation and CBCT of the bony canal structure of the groove and the location of blood vessels and nerves in the palatine of elderly human cadavers. *Surg Radiol Anat.* 2018;40(2):199–206](45).

A la hora de insertar los microtornillos palatinos, debemos evitar las zonas anteriormente descritas mediante la observación precisa del CBCT, guardando especial importancia al conducto y foramen incisivo y al nervio y arteria palatina mayor que delimitan la denominada “zona T” del paladar, donde es seguro colocar microimplantes, y que se encuentra tras la tercera ruga palatina, 3 mm posterior al foramen incisivo, y confluye hacia la zona posterior formando una “T” (figura .6).

Dentro de esta zona debido a que existe un grosor óseo adecuado y zona cortical densa, los microimplantes presentan buena estabilidad tienen mayor probabilidad de éxito^{62,63}.

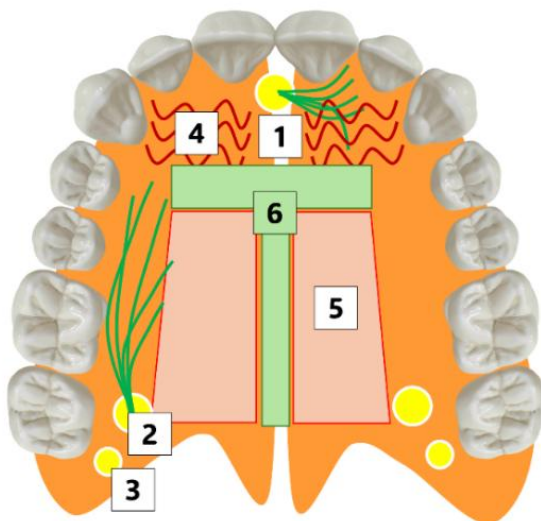


Figura 6

- 1-Foramen Incisivo,
- 2-Agujeros palatinos mayores
- 3-Agujeros Palatinos Menores
- 4-Rugas Palatinas
- 5- Zona Hipodensa
- 6- “Zona T”

Imagen propia generada con Power Point.

2.8 Identificación de zonas óptimas para anclaje

La zona óptima de anclaje viene dada por la disponibilidad ósea, es decir, la zona más recomendable para insertar el microimplante atendiendo a la calidad y cantidad de hueso

Tabla 2. Zonas recomendadas para la colocación de microimplantes palatinos según literatura.

Zona anatómica	Recomendación	Justificación
Paramediana anterior	Alta	Máxima densidad y espesor ⁶³
Mediana anterior	Media-alta	Buena accesibilidad, pero menor densidad ⁶²
Paramediana posterior	Media-alta (bicortical)	Adecuada si se alcanza bicorticalidad ⁴⁷
Lateral (>8 mm de la sutura)	Baja	Menor densidad y mayor curvatura palatina ⁶²

Teniendo en cuenta estas conclusiones (tabla .2), la zona paramediana anterior es el lugar más común para encontrar una disponibilidad ósea óptima.

2.9 Corticalidad

Un factor importante que aumenta la retención del microtornillo es la corticalidad. Definimos corticalidad como la capacidad del microtornillo de atravesar la cortical ósea. Esto aumenta la estabilidad del mismo debido a que es la zona del hueso con mayor densidad.

En función de cuantas corticales atraviesen tendremos diferentes tipos de corticalidad:

- **Monocorticales:** atraviesan la cortical del hueso palatino y la punta del microtornillo queda alojada en el hueso esponjoso. Son los que soportan menores cargas y sufren mayor deflexión⁴⁷. Actualmente su uso se reduce a imposibilidad de atravesar otra cortical.
- **Bicorticales:** no solo atraviesa la cortical del techo del paladar sino que también atraviesa la cortical subsiguiente, aquella que contacta con el suelo nasal. Son actualmente la técnica gold estándar de anclaje ⁶³.
- **Tricorticales:** buscan que la punta del tornillo quede en la espina cortical que divide al seno maxilar y la cavidad nasal ^{50,51} (figura .7)

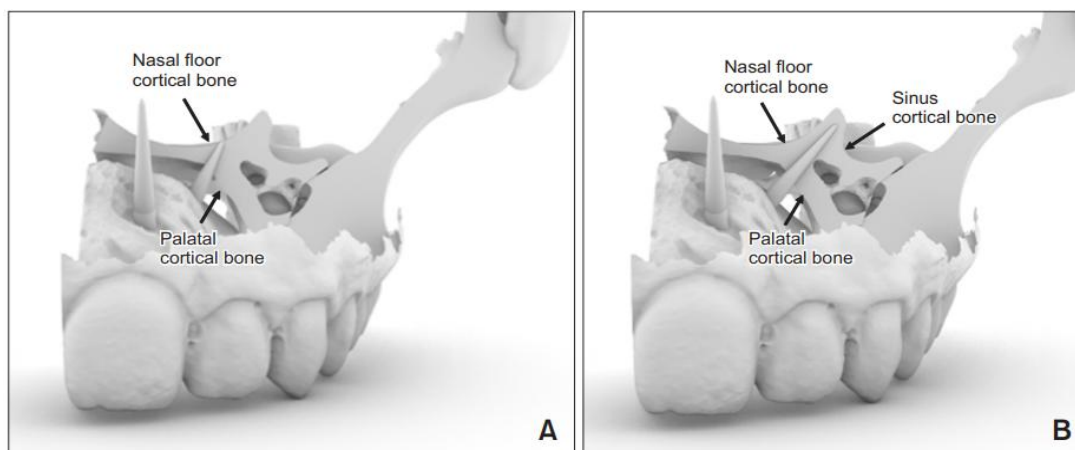


Figura 7. Bruccleri L, Pellitteri F, Monterossi AS, Paoletto E, Maino G, Lombardo L. Tricortical versus bicortical anchorage in a double-screw tandem skeletal expander and a single-screw maxillary anchorage rapid palatal expander: A finite element analysis. *Korean J Orthod.* 2024;54(1):23–34. doi:10.4041/kjod23.270. PMID: 39049467.

La técnica tricortical reciente y novedosa. Asociada a disyuntores bone-first, se planifica meticulosamente la ubicación tricortical de los microtornillos. Estos buscan alojarse en un área delimitada por tres corticales (palatina, nasal y sinusal) llamada zona PPSAIS (“Palatal Posterior Supra-Alveolar Insertion Site”) ya que ofrece mayor estabilidad y mejor distribución de fuerzas según revisiones sistemáticas recientes⁵¹.

La zona de mayor espesor óseo se representa entre el 1 molar y el 2 premolar. La mucosa palatina en estas zonas tiende a ser gruesa 4-7mm.^{51,64} Algunos estudios con tecnología FEM avalan que estos aportan mayor resistencia que los bicorticales y que el patrón de expansión es más eficaz al soportar mayores cargas⁵⁰.

Como conclusión de este apartado, debemos tener en cuenta que la bicorticalidad es deseable para obtener buena estabilidad primaria, pero que para alcanzar la mayor estabilidad posible es recomendable buscar una tricorticalidad mediante el estudio del CBCT del paciente con herramientas de planificación digital. Dada la alta tasa de fracaso de los microtornillos en zonas de poca disponibilidad ósea⁶⁵⁻⁶⁷, como un paladar posterior muy delgado (<2,5-3 mm), donde el microimplante puede sufrir desplazamientos, la tricorticalidad será siempre deseable.

3. JUSTIFICACIÓN

El MARPE permite expansión maxilar sin cirugía gracias al anclaje óseo mediante microtornillos. Sin embargo, actualmente no existe un protocolo estandarizado claro para planificar su diseño e inserción. La falta de consenso sobre número, longitud, angulación y ubicación de microtornillos obliga a decisiones subjetivas según la experiencia del clínico, aumentando el riesgo de errores o fracasos.

Establecer un protocolo clínico permitiría una planificación objetiva basada en criterios anatómicos y biomecánicos validados, mejorando la estabilidad primaria de los microtornillos y optimizando resultados. Además, facilitaría comparaciones entre estudios científicos, favoreciendo revisiones sistemáticas más precisas.

Desde la perspectiva del paciente, un protocolo claro aporta predictibilidad, seguridad y confort, reduciendo molestias y complicaciones, e incrementando la satisfacción con el tratamiento.

Por tanto, este trabajo se justifica en la necesidad urgente de definir un protocolo clínico estandarizado que garantice la estabilidad de los microtornillos, mejorando tanto la calidad clínica como la investigación y docencia en ortodoncia.

4. OBJETIVOS

El objetivo principal:

Desarrollo un protocolo clínico estandarizable para la planificación y diseño del MARPE

Objetivos específicos:

1. Determinar las zonas anatómicas de inserción de microtornillos para MARPE con mayor disponibilidad ósea.
2. Determinar las longitudes y angulaciones idóneas de inserción de los microtornillos para MARPE.
3. Determinar la viabilidad de la inserción tricortical anatómicamente segura.
4. Identificación de patrones comunes en la planificación del MARPE determinando regularidades que puedan servir como base para definir una secuencia lógica y repetible en la planificación y ejecución del tratamiento.
5. Determinar si hay diferencias entre sexos para la planificación u éxito del MARPE.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Tipo de estudio

Este estudio ha seguido el procedimiento de la guía STROBE.

Diseño del estudio: estudio observacional analítico transversal

Se realizará el análisis de la anatomía del paladar vía CBCT diseñados en pacientes del departamento de ortodoncia de la USC. El análisis se realizó de forma anónima, con exclusión de datos de sexo y edad, respetando los principios éticos de confidencialidad y uso docente e investigador de las imágenes.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la USC a 9 de Abril de 2025, tras el envío de la documentación pertinente (Anexos 1 y 2), con CSV: A32B-475D-47CF-AFAC (Anexo 3).

Contexto y escenario: Para el siguiente trabajo primero se ha realizado una revisión bibliográfica que aporte contexto del tema a tratar y posteriormente se realizó el estudio en cuestión. El presente estudio se ha dividido en dos fases metodológicas complementarias para evaluar la planificación y ejecución clínica de los microimplantes palatinos asociados al MARPE (Mini-screw Assisted Rapid Palatal Expansion).

El estudio consistió en un análisis sistemático de CBCTs de pacientes del reservorio de la USC. El objetivo es identificar las zonas anatómicas más adecuadas para la inserción de microtornillos, valorando la disponibilidad ósea, la proximidad a estructuras anatómicas críticas y una biomecánica adecuada para producir la expansión.

La hipótesis de partida es que, a partir del estudio de una muestra significativa de casos, es posible identificar patrones comunes en la angulación, localización y longitud de los microtornillos que permitan establecer una guía estandarizada y reproducible para su colocación.

5.2 Revisión bibliográfica

La búsqueda bibliográfica se diseñó como un proceso sistemático y reproducible, integrando buscadores clave: PubMed, ResearchGate, Web of Science, Scopus y Google Académico. Para maximizar la cobertura, se combinaron descriptores MeSH en inglés con términos libres en inglés y español, empleando operadores booleanos (AND, OR, NOT) y paréntesis para articular estrategias específicas según cada base de datos. Por otra parte, con el fin de acceder a literatura de difícil acceso sobre temas concretos, se recurrió a ChatGPT 4-mini-high y su módulo Deep Research como herramienta de búsqueda.

Adicionalmente, se exploró el catálogo BUSC y los recursos digitales de la Biblioteca Universitaria de Santiago de Compostela a través del catálogo Iacobus para localizar artículos, tesis y libros de referencia en odontología, garantizando así una visión amplia de la evidencia disponible.

Todas las referencias resultantes fueron importadas a Zotero, donde se unificaron criterios de etiquetado y se eliminaron duplicados de forma automática. A continuación, se realizó una

lectura crítica de texto completo para seleccionar los estudios que respondían con mayor precisión a los objetivos del trabajo. Este enfoque no solo asegura la trazabilidad de cada búsqueda, sino que también facilita la actualización futura del TFG al contar con una base de datos ordenada y fácilmente renovable.

En cuanto a las palabras clave para la selección de artículos se incluyeron las siguientes:

- “Maxillary Compression”
- “MARPE (Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion)”
- “SARPE (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion)”
- “Rapid Maxillary Expansion (RME)”
- “Obstructive Sleep Apnea–Hypopnea Syndrome (OSAHS)”
- “Obstructive Sleep Apnea (OSA)”
- “Midpalatal Suture”
- “Tricortical Anchorage”
- “Bicortical Anchorage”
- “Bone-First Approach”
- “Microscrews”
- “Miniscrews”
- “Orthodontic Mini-implants”
- “Orthodontic Microimplants”
- “Temporary Anchorage Devices (TADs)”
- “Palatal Anatomy”
- “Craniofacial Orthopedics”
- “Transverse Maxillary Deficiency”
- “Greater palatine groove”
- “T zone”

5.2.1 Criterios de inclusión

La selección de artículos se desarrolló de una manera sistemática, los artículos incluidos han sido seleccionados de manera preferente según su prestigio académico siguiendo los siguientes criterios y preferencias a la hora de la selección:

- Exclusivamente para los artículos de MARPE se han incluido publicaciones posteriores a 2010, con un enfoque mayor a las publicaciones más recientes y de referencia en el tema.
- En artículos anatómicos descriptivos, teoría de la ortodoncia o historia no se ha puesto límite cronológico. La información seleccionada está actualizada a la bibliografía reciente.
- Se ha incluido únicamente estudios en humanos incluyendo diferentes publicaciones basando su preferencia en la pirámide del nivel de evidencia GRADE de Oxford. En casos donde la información era más escasa debido a bajo interés clínico o técnicas recientes se ha recurrido principalmente a artículos convencionales siendo esto indicado en el estudio.

5.2.2 Criterios de Exclusión

- Artículos de bajo prestigio clínico incluyendo prestigio de la institución, procedimiento de la investigación y rigor metodológico.
- Artículos de escasa relevancia para el objeto a tratar.
- Artículos basados en procedimientos con escaso soporte científico

5.3 Características de la muestra

Para la fase de análisis tomográfico, se seleccionó una muestra de 21 CBCTs provenientes del archivo de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, concretamente del Departamento de Ortodoncia, que constituyeron la base de datos del estudio.

5.3.1 Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años y menores de 60 años.
- CBCT del maxilar completo como área mínima
- CBCTs realizados por indicación clínica para diagnóstico y tratamiento de patologías
- Haber firmado el consentimiento informado que incluye la aceptación del uso de datos clínicos para estudios.

5.3.2 Criterios de exclusión

- Ausencia de consentimiento informado
- Asimetrías faciales severas debido a patologías o traumatismo.
- Presencia de artefactos significativos en la imagen que impidieran una correcta visualización y medición de las estructuras óseas del paladar.

5.4. Adquisición de imágenes y software de análisis

Las tomografías computarizadas de haz cónico (CBCT) utilizadas en este estudio fueron obtenidas en el servicio de radiología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), a través del equipo de imagenología disponible en dicha institución.

Los volúmenes se capturaron con un tamaño de vóxel isotrópico de 150 μm en los tres ejes espaciales (X, Y y Z), utilizando un modo de integración tipo AVG. La dosis media de exposición registrada fue de aproximadamente 1349 $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$, con una variabilidad estimada entre 1300 y 1400 $\text{mGy}\cdot\text{cm}^2$, dentro del rango habitual para estudios maxilofaciales de alta definición.

Para el análisis de los volúmenes se empleó el software especializado CS 3D Imaging®, versión 3.10.21 y NemoCast v24.0.0.3 de NemoStudio v24, que permitieron la manipulación tridimensional de las imágenes y la obtención de mediciones lineales y angulares con alta precisión. Las herramientas utilizadas incluyeron regla de medición submilimétrica, medidor angular y herramientas de orientación multiplanar.

- Regla de medición submilimétrica, empleada para determinar el grosor óseo entre la base de la cortical palatina y el techo de la cortical nasal.
- Medidor angular, usado para calcular los ángulos de inserción en relación con los ejes anatómicos de referencia (ENA–ENP y sutura palatina media).
- Herramientas de orientación multiplanar, utilizadas para establecer con precisión los cortes axiales, sagitales y coronales en función de las estructuras anatómicas de interés.

5.5. Fuentes de datos y medición:

El análisis de las zonas palatinas se realizó mediante reconstrucciones tridimensionales obtenidas de CBCT. Para ello se diseñó una malla anatómica virtual de medición sobre la superficie palatina, inspirada en protocolos previos. Para ello se trazan unas coordenadas para designar los puntos de medición donde:

- “X” hace referencia al nivel donde se realiza el corte Coronal.
- “Y” hace referencia a donde se realiza el corte Sagital.
- “Z” hace referencia a donde se realiza el corte Axial.

Se tomó como referencia el plano axial (eje Z) al nivel más postero inferior del foramen incisivo individualizado para cada paciente donde se trazaron 2 ejes (X, Y) en ese punto siendo el punto de referencia base para realizar las mediciones del grosor óseo, este punto será el (0,0,0) donde X=0 Y=0 y Z=0.

El eje anteroposterior (Eje Y) se trazó coincidiendo la espina nasal anterior con la espina nasal posterior coincidiendo con el recorrido de la sutura palatina media, tomando como origen el borde posterior del foramen incisivo (punto donde se trazará la primera perpendicular con X). A partir de este origen se establecieron seis planos paralelos en dirección anteroposterior ubicados a 0 mm, 4 mm, 8 mm, 12 mm, 16 mm y 20 mm. Estos cortes anteroposteriores generan diferentes niveles de profundidad sobre el paladar.

En el eje transversal (Eje X), perpendicular a “Y”, se definieron puntos laterales respecto a la línea media. Concretamente, se consideraron 4 distancias en Y=0, y 6 distancias para Y=4, Y=8, Y=12, Y=16, Y=20.

- “Y” \in {0}, “X” \in {3 mm derecha, 6 mm derecha, 3 mm izquierda, 6 mm izquierda}
- “Y” \in {4,8,12,16,20}, “X” = {3 mm derecha, 6 mm derecha, “T” derecha, 3 mm izquierda, 6 mm izquierda, “T” izquierda}

Estos puntos representan las distancias laterales a la SPM en ambos lados. El punto “T” representa la Tricortical Ideal (T) cuya distancia respecto al eje Y variará según las

características anatómicas del paciente a medir.

La combinación de los seis niveles anteroposteriores con estas posiciones laterales dio lugar a un total de 34 puntos de medición distribuidos sobre el paladar. Cada punto de la malla fue identificado por su coordenada (X, Y) correspondiente a las distancias anteroposteriores y laterales definidas.

5.5.1 Adquisición de mediciones en CBCT

Las medidas se obtuvieron empleando reconstrucciones sagitales y coronales del volumen CBCT, de acuerdo con la ubicación anteroposterior de cada nivel.

Puntos anteriores (Y=0, Y=4 mm): en estos cortes más próximos al foramen incisivo se utilizó la vista sagital (lateral) del CBCT para realizar las mediciones, lo cual permite respetar la curvatura anatómica del paladar anterior donde la angulación anteroposterior del micro será muy determinante debido a la morfología.

En este plano se midieron los ángulos de inserción de los microtornillos con respecto al eje ENA-ENP entendiendo el ángulo de 90 grados como una perpendicular a esa línea y un ángulo de 0 grados una línea paralela a ENA-ENP. (figura .8 y .9)

Por criterios biomecánicos se ha buscado superar la angulación de los 30° únicamente cuando la disponibilidad ósea era idónea respecto a una menor, restringiendo el ángulo de inserción a un máximo de 45° respecto a dicho eje, ya que inclinaciones mayores crearán una biomecánica inadecuada para la expansión. El ángulo de 30 grados parece ser el ángulo que mayor espesor óseo alcanza, aunque debe ser bien planificado debido a posibles contactos con las raíces dentarias.⁶⁸

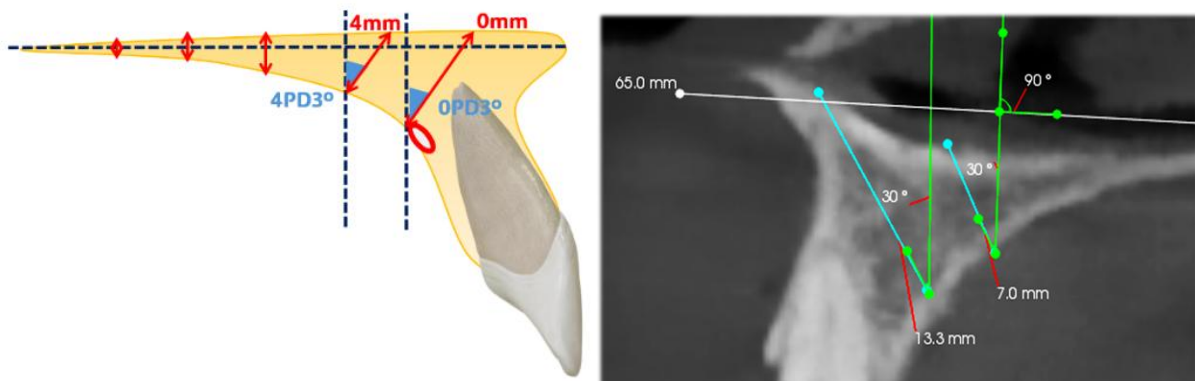


Figura 8. Representación de las mediciones anteriores con sus respectivas angulaciones justificadas por la propia anatomía del paladar. Imagen propia generada con Power Point. **Figura 9.** Sección de un CBCT de la muestra que representa el modelo de medición para los puntos anteriores

Puntos posteriores (8, 12, 16, 20 mm): en estos cortes más distales del paladar se utilizó la vista coronal (frontal) del CBCT. En este caso, la trayectoria de inserción se asumió paralela a la línea media en los puntos 3 mm y 6 mm a ambos lados de la SPM debido a que debido a razones anatómicas y morfológicas la angulación anteroposterior a 8 mm y posterior del punto de referencia la variabilidad en las mediciones es mínima.⁴⁵

Puntos tricorticales (T): se definió el punto como “zona tricortical del paladar posterior, en la que confluyen la cortical palatina, el suelo de la cavidad nasal y la cortical medial del seno maxilar”. Esta zona también es conocida en la literatura como zona PPSAIS anteriormente nombrada⁶⁴.

Se trazó un punto de origen en el hueso cortical donde confluyen el suelo de la cavidad nasal y la cortical medial del seno maxilar y un punto final en la cortical palatina del suelo del paladar. En el punto final se trazó una línea de referencia paralela a línea media para definir la distancia en mm respecto a la SPM(Y) de T llamado **DT** (Distancia de la inserción a Tricortical) y para definir la medición del ángulo lateral simulando la disposición del microtornillo llamado **T°**.

T° y DT: se ubicarán según la posición más favorable basándose en biomecánica, morfología del paladar y encía, disponibilidad ósea y ausencia de lesión al paquete vasculonervioso de la arteria y nervios palatinos mayores. La angulación resultante será determinada única y exclusivamente por la anatomía de la zona PPSAIS siendo la de 45° la óptima según algunos estudios⁶⁴.

En cada punto de medición, los parámetros se cuantificaron con precisión submilimétrica. Durante la medición se tuvo en cuenta que el hueso puede estar limitado por estructuras vecinas (raíces dentarias, seno maxilar, canal incisivo y canal palatino mayor). Cuando una medición interfiere con una estructura de las anteriormente nombradas no se cuantificará y el valor será recogido como #N/A

5.6 Nominación de los puntos

Los puntos se nombrarán en función de X e Y. Para la nomenclatura de cada punto utilizaremos 4 caracteres, 2 Números y 2 letras, exceptuando los tricorticales en los que serán 1 número y 3 letras. Explicaremos en orden como denominaremos la nomenclatura:

- **Eje Y:** Será representado por el primer número de la nomenclatura y hará referencia a los valores “0,4,8,12,16 y 20”.
- **Punto:** Se pondrá la letra P para hacer referencia a que la medición es realizada en un punto específico
- **Dirección:** Para evitar valores negativos en X denominaremos con la letra “D” cuando nos referimos al lado derecho del maxilar e “I” para el lado izquierdo
- **Eje X:** Finalmente pondremos “3” y “6” para referirnos al punto de medición en el eje X y “T” para indicar la medición tricortical.

Por lo tanto juntando los valores nos quedarían puntos con las siguientes nominaciones 0PD3, 0PD6, 0PI3 y 0PI6 para los 4 puntos más anteriores y 20PD3, 20PD6, 20PDT, 20PI3, 20PI6 y 20PIT para los más posteriores.

Para entender todos los puntos de medición se ha creado un esquema conceptual (Figura .10) que servirá de base para entender la localización y denominación de todos los puntos medidos.

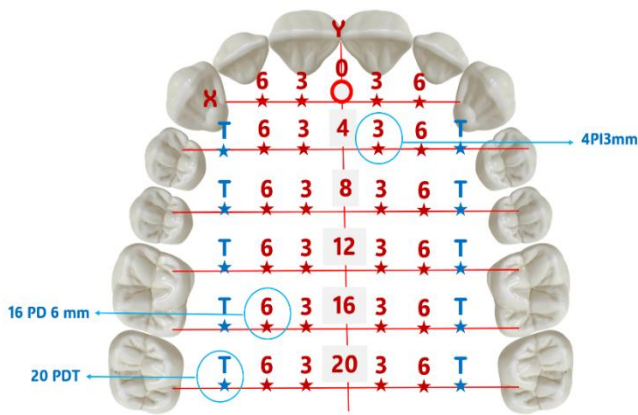


Figura.10. Esquema de los puntos medidos del paladar. Para $Z=0$ vemos los 34 puntos de intersección de “X” con “Y” donde se realizaron las mediciones del grosor óseo donde el círculo superior representa el Foramen Incisivo.

Además, se muestran algunos ejemplos de denominación de puntos para entender el esquema.. Imagen propia generada con Power Point.

5.7 Parámetros evaluados

En los puntos posteriores (8–20 mm) se evaluó la viabilidad de una inserción tricortical, es decir, que el microtornillo atravesase las tres láminas corticales óseas del paladar. Para cada punto analizado se registraron los siguientes parámetros:

- **Espesor óseo total:** distancia (en mm) desde la cortical palatina inferior hasta la cortical nasal superior (techo del seno), midiendo el recorrido óseo completo entre estas láminas.
- **Angulación ENA/ENP de los puntos anteriores (0 y 4 mm de Y):** denominado como el ángulo resultante entre la perpendicular a ENA/ENP y la medición resultante, denominada con el símbolo de los grados, por ejemplo $0PD3^\circ$.
- **Ángulo de inserción tricortical (T°):** ángulo (respecto a la línea media) de la trayectoria proyectada del tornillo en el plano coronal, considerando siempre una dirección paralela a la sutura palatina media.
- **Distancia a la sutura media, o distancia tricortical DT:** distancia lateral (en mm) desde el punto de inserción proyectado hasta la sutura palatina media. Este parámetro indica cuán alejado se inserta el tornillo con respecto a la línea media del paladar. Este parámetro es útil para guiar al clínico en su inserción, teniendo en cuenta que cuanto más alejado este de la SPM el hueso será más hipodenso.

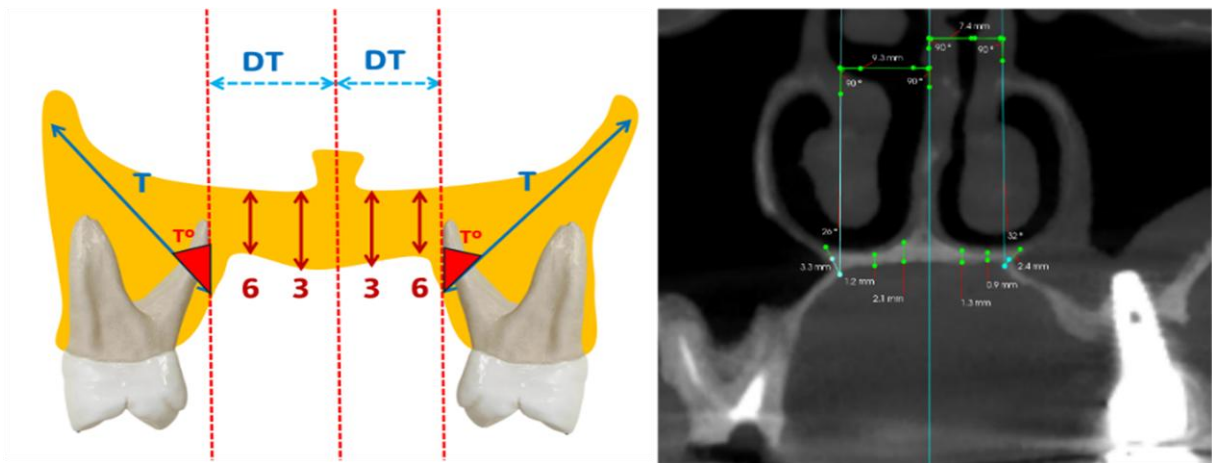


Figura.10. Representación de las tomas de las medidas para los puntos posteriores. Incluyendo las medidas verticales, las tricorticales, la distancia tricortical y sus angulaciones. *Imagen propia generada con Power Point.*
Figura 11. Sección de un CBCT de la muestra que representa el modelo de medición para los puntos posteriores. Ubicado en $Y=20$ la disponibilidad ósea es mínima.

5.7.1 Variables analizadas:

Se han analizado un total de 34 puntos por paciente, 18 angulaciones y 10 mediciones de la distancia de inserción tricortical con respecto a la línea media para los puntos tricorticales (4-20mm) por paciente. Sumando un total de **62** referencias tomadas por paciente.

Espesor óseo (en mm): Se realizaron un total de 34 mediciones en diferentes puntos y con diferentes angulaciones para simular posiciones realistas de medición. Dividiremos estas mediciones en 3 grupos:

- **Medidas con angulación anterior:** Son un total de 8 y abarcan los puntos de 0 y 4 mm del FI del eje “Y”. Son medidas del grosor óseo del paladar en la zona anterior de manera angulada en sentido anterior, visto desde un corte sagital. Se justifican debido a la anatomía del paladar en esa zona y la simulación de la inserción de un microtornillo hipotético.
- **Medidas verticales:** Son un total de 16. El objetivo es registrar el espesor óseo próximo a la línea media en las zonas seguros de inserción. Se justifica la no selección de angulación debido a la anatomía ósea del paladar posterior en donde las angulaciones no resultan prácticamente significativas en los registros.
- **Medidas tricorticales (T):** Son un total de 10. El objetivo es simular la disposición de un microtornillo en la zona PPSAIS efectuando la angulación requerida según la anatomía ósea. Estas empiezan a 4mm del foramen ya que la tricorticalidad es buscada solo en los microtornillos posteriores y antes no tendría sentido realizarlas.

Angulación de inserción (En grados sexagesimales °): 18 Angulaciones tomadas simulando la trayectoria del microtornillo, 8 en plano sagital y 10 en planos coronales.

- **Angulaciones en plano sagital (A°):** corresponde a las angulaciones medidas para los puntos anteriores simulando la trayectoria del microtornillo. La angulación es el resultado de la toma de un plano fijo que es la perpendicular a ENA-ENP con la línea de medición resultante a la trayectoria de inclinación a anterior.
- **Angulaciones en plano coronal (T°):** corresponden a las angulaciones que simulan la trayectoria tricortical de los microtornillos. El ángulo es el resultado de un plano fijo coincidente a la línea media en el lugar de toma de medida del ángulo con la línea de medición resultante a la trayectoria tricortical.

Distancia de inserción tricortical (DT) (en mm): Es el resultado en mm de la distancia de la línea media con el punto donde inicia la medición tricortical en el suelo de la cortical palatina. Su interés radica en saber la distancia ideal para colocar un microtornillo en el eje “X” en función de la altura de “Y”.

5.7.2 Criterios de exclusión de zonas no viables:

Aquellos puntos de inserción que, según la proyección de la trayectoria del tornillo, presentaron riesgo de colisión con estructuras anatómicas críticas fueron marcados como no viables. En particular se evaluó:

- Proximidad a raíces dentarias de piezas adyacentes
- Interferencia con trayectos neurovasculares palatinos
- Perforaciones indeseadas del seno.

Si el recorrido previsto del microtornillo implicaba alguno de estos parámetros, dicho punto se descartó del análisis y se documentó explícitamente como “no viable” para inserción. Estos valores serán recogidos como #N/A.

De este modo, el procedimiento de medición garantiza la identificación de zonas con suficiente volumen óseo y segura distancia de estructuras nobles, en concordancia con la literatura previa sobre lugares seguros para minitornillos palatinos ⁶².

Referencias: Las mediciones siguieron protocolos reportados en la bibliografía especializada . Las recomendaciones angulares, para optimizar la mecánica de expansión, están avaladas por estudios biomecánicos.^{64,68.}

5.8 Método de análisis estadístico:

El análisis de los datos se llevó a cabo siguiendo los siguientes pasos:

Recopilación y Registro de Datos:

- Las variables fueron registradas en la aplicación Microsoft Excel.
- Se incluyó información de sexo y edad de cada paciente de forma anónima.

Análisis Descriptivo:

- Se realizó un análisis descriptivo de las variables.
- Se calcularon los siguientes estadísticos:
 - Media aritmética total y por sexos de cada parámetro.
 - Desviación típica de los datos.
 - Coeficiente de variación.
 - Ratio de cobertura muestral.

Comparación de Grupos y Análisis Estadístico:

- **Pruebas No Paramétricas:** Debido al tamaño muestral limitado, se emplearon pruebas no paramétricas para la comparación de grupos (por sexo o localización).
- **Software:** El análisis se realizó con el software RStudio.
- **Nivel de Significancia:** Se consideró un valor de $p < 0.05$ como estadísticamente significativo.
- **Técnicas de Cálculo del p-valor:**
 - **Prueba U de Mann-Whitney:** Utilizada para confirmar si dos distribuciones son diferentes.
 - **Test de correlación de Spearman:** Empleado para informar sobre el grado de fortaleza de la relación entre dos variables. Esta técnica proporciona tanto el p-valor como el coeficiente de correlación.

Intervalos de Confianza para Cobertura Muestral:

- Se calcularon intervalos de confianza con un nivel del 95% para universalizar los datos de la cobertura muestral.
- Estos cálculos se realizaron en RStudio utilizando el paquete "DescTools".

6. RESULTADOS

6.1 Ratio de Cobertura muestral

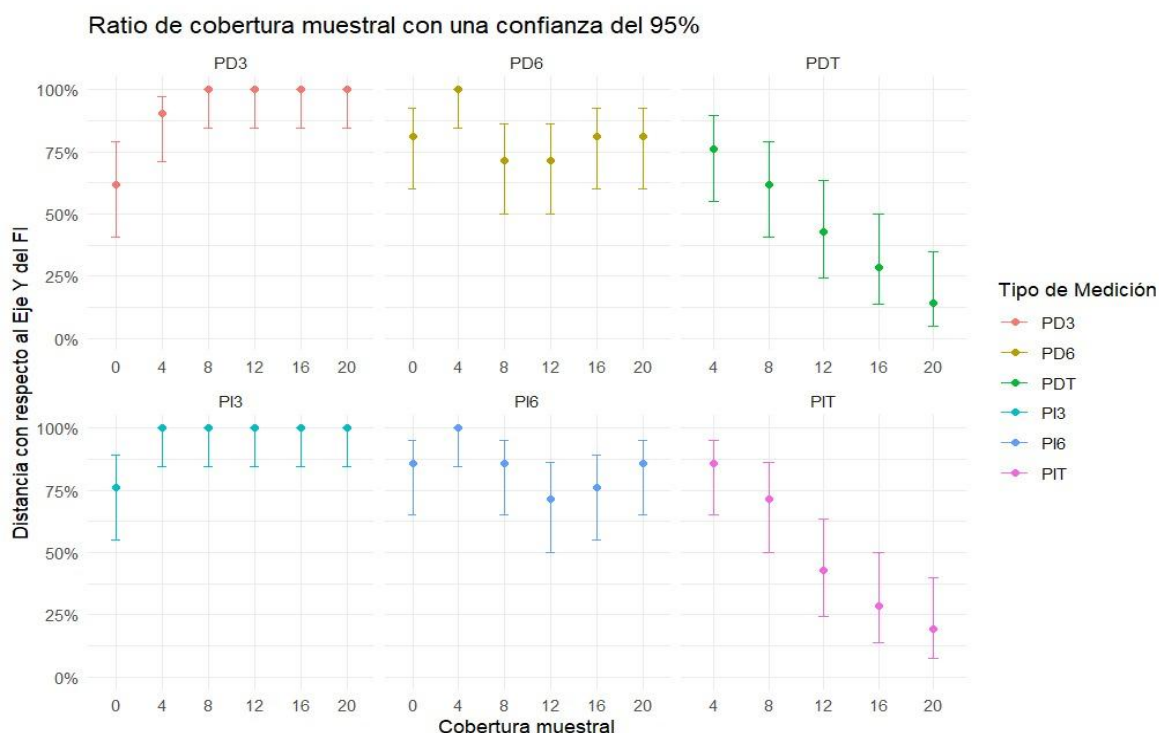


Gráfico 1 : Representa los puntos viables de medición y su intervalo de confianza. El eje “X” de la gráfica representa los puntos de “Y” del esquema de los puntos medidos del paladar (Figura 9). El eje “Y” de las gráfica representa el total de pacientes analizados en tanto por ciento por punto. Los colores de la leyenda inferior representan el los puntos medibles del eje “x” del esquema del paladar.

El gráfico 1 representa los puntos viables medidos, aquellos puntos incluidos en el estudio que cumplen los criterios de inclusión de viabilidad anatómica y morfológica de inserción del microtornillo en esa zona en función de los 21 casos medidos. (Anexos 4, Tabla 3)

El análisis de viabilidad de los 32 puntos de medición mostró diferencias notables en función de su localización anteroposterior y lateral.

En los puntos paramedianos a 3 mm de la sutura palatina media (PI3 y PD3), se observaron pérdidas de datos en el nivel anterior (0 mm), siendo más frecuentes en el lado derecho (PD3), especialmente por interferencia del foramen incisivo.

En los puntos paramedianos a 6 mm (PI6 y PD6), también se registraron ausencias en los niveles anteriores debido a la proximidad con raíces dentarias.

En los niveles más posteriores (12, 16 y 20 mm), la viabilidad de medición se redujo progresivamente, con una disminución más marcada en los puntos laterales (PI6 y PD6) y especialmente en los puntos tricorticales (PIT y PDT).

En estos últimos, el número de mediciones viables fue escaso, particularmente en los niveles 16 y 20 mm, lo que limitó la obtención de datos consistentes en estas ubicaciones.

6.2 Grosor óseo medio disponible y su dispersión típica

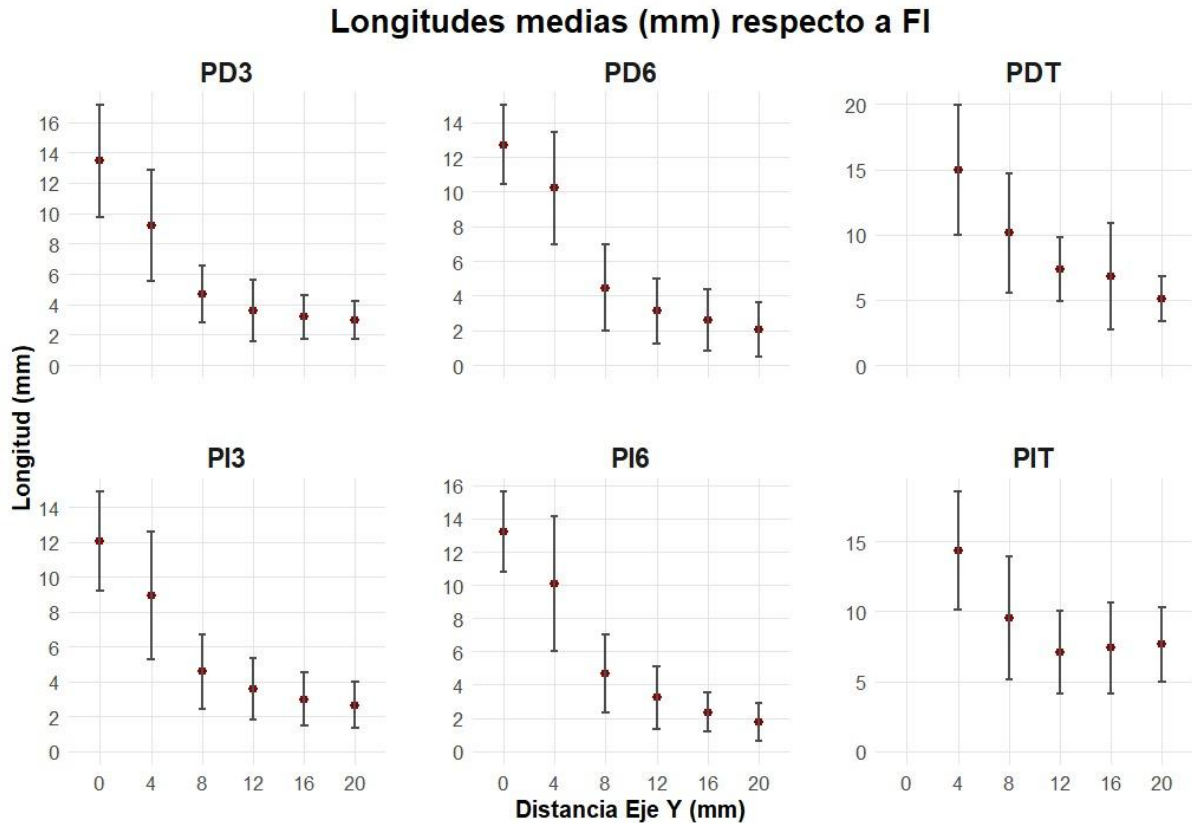


Gráfico 2: Representa la longitud media en cada medición del total de pacientes con su dispersión típica. El eje “X” representa los puntos de “Y” del esquema del paladar (fig.9). El eje “Y” representa la longitud en milímetros.

La disponibilidad ósea mostró una tendencia decreciente a medida que las mediciones se desplazaban en sentido anteroposterior. Los valores más altos se registraron en los niveles 0 y 4 mm. (Gráfico .2)

En caso de Y=0 los puntos con mayor media se registraron en PD3 y PI6.

En caso de Y=4 los puntos con mayor media se registraron en los Tricorticales. En niveles posteriores (8, 12, 16 y 20 mm), se observó una reducción progresiva de los valores medidos en “X” tanto de las mediciones lineales como de los tricorticales.

Por otro lado, la dispersión típica es muy elevada, especialmente en aquellos puntos donde la medición depende de la generación de un nuevo ángulo.

Los puntos de medición tricortical (PIT y PDT), en aquellos casos en los que fueron viables, presentaron los valores de grosor óseo más elevados del estudio. La comparación de la media aritmética de las medidas verticales frente a las tricorticales para el mismo valor de “Y” expone grandes diferencias. (Anexos 4, Tabla 5)

En la **tabla 4** realizamos una comparación de las medidas de las medidas paramedianas (3P-6P) frente a las medidas de las medidas tricorticales (PT).

Factor T/V: El resultado del factor entre las medias de los puntos tricorticales y los puntos paramedianos para cada valor de “Y” aflora datos interesantes. Este sugiere que para los puntos anteriores la media entre ambos guarda una relación de 1,526 y a medida que esta avanza hacia medidas posteriores esta se va agravando, llegando a guardar una relación de 2,719 para Y=20.

Análisis de Spearman (P-Valor): Por un lado observamos que mediante el análisis de Spearman el p-valor es < 0.05 en Y=4, Y=8 afirmando que existe una correlación estadísticamente significativa para poder afirmar que existen diferencias cuantificables entre ambas medias.

En zonas posteriores este es p-valor ≥ 0.05 donde no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación significativa.

Coefficiente de correlación (RHO): En general los resultados afloran una correlación moderada-fuerte exceptuando algún punto (Y=12). Es decir que cuando una variable aumenta, la otra tiende a aumentar siguiendo su misma proporción.

Tabla 4. Comparación entre las medias de longitud ósea entre los puntos verticales y tricortical.

Puntos Eje “Y”	MEDIA Paramediana	MEDIA Tricortical	Factor T/V	P-Valor (Spearman)	Coefficiente de correlación (rho)	Interpretación
4	9,61	14,665	1,526	0,009002	0,6058	p-valor < 0.05 , la correlación observada es estadísticamente significativa
8	4,5825	9,85	2,149	0,002398	0,6853	p-valor < 0.05 , la correlación observada es estadísticamente significativa
12	3,38	7,185	2,126	0,5391	0,2091	p-valor ≥ 0.05 , no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación significativa
16	2,77	7,095	2,561	0,2499	0,4333	p-valor ≥ 0.05 , no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación significativa
20	2,345	6,375	2,719	0,1333	0,8	p-valor ≥ 0.05 , no hay evidencia suficiente para afirmar que existe una correlación significativa

El Eje “X” representa: 1. Referencia los puntos del eje “Y”, 2. Media de las medidas paramedianas, 3. Media de las medidas tricorticales, 4. El factor resultante de T/P, 5. Análisis de Spearman (P-Valor), 6. Coeficiente de relación entre ambas variables mediales, 7. Interpretación del p-valor según el programa.

6.3. Angulación en plano sagital (puntos paramedianos anteriores)

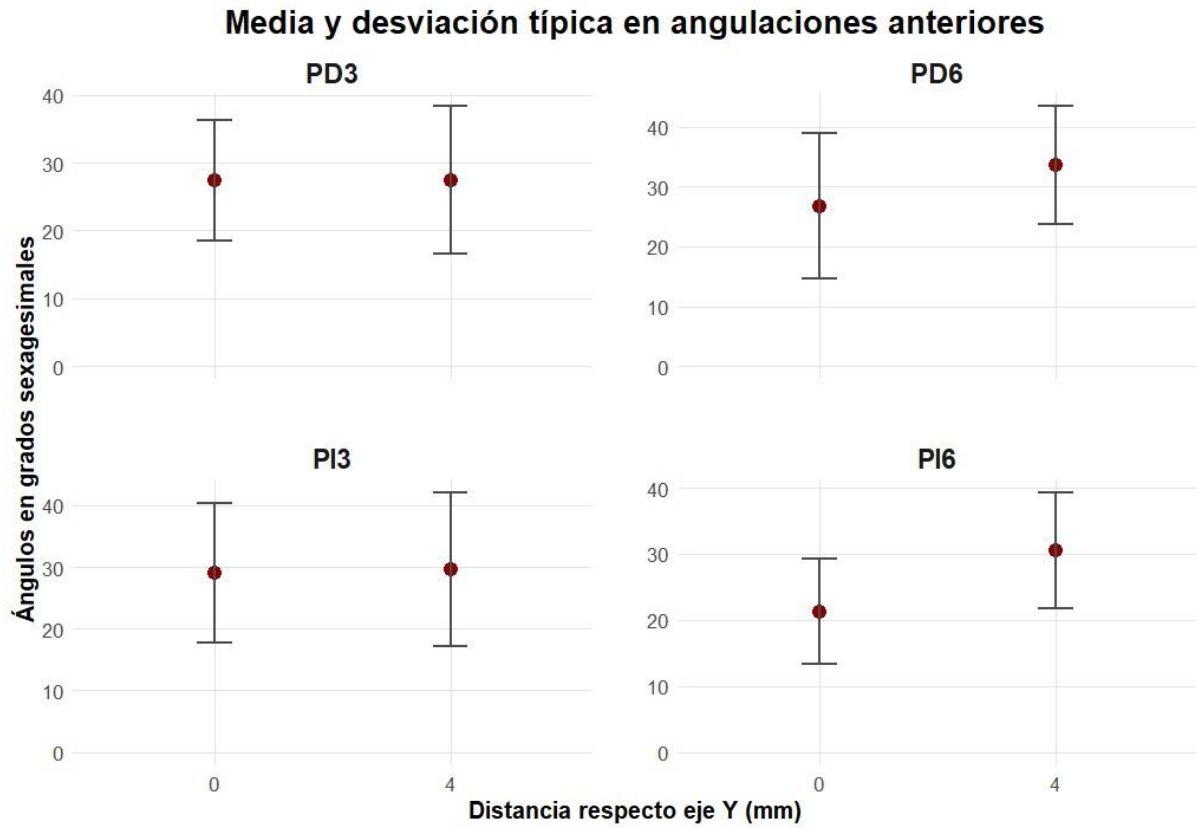


Gráfico 3: Representa la angulación media en puntos anteriores de cada medición del total de pacientes y su dispersión típica. El eje “X” representa los puntos de “Y” del esquema del paladar (fig.9). El eje “Y” representa los ángulos en grados sexagesimales.

El gráfico3 representa la media de las angulaciones realizadas para la medición en los puntos anteriores 0 y 4 en “Y”. Los ángulos de inserción medidos en el plano sagital para los puntos PI3, PD3, PI6 y PD6 a 0 mm y 4 mm desde el foramen incisivo fueron relativamente homogéneos, con valores cercanos entre sí. Se registraron ligeras variaciones en los puntos PI6 y PD6 en el nivel 0 mm, donde los ángulos fueron menores en comparación con los puntos a 4 mm del foramen.

Por otro lado, la dispersión típica es relativamente heterogénea y elevada, tanto entre lados derechos e izquierdos como en izquierdos. Destaca el hecho de que parece haber mayor dispersión típica entre los lados derecho e izquierdo de un mismo punto que entre 0 y 4mm en “Y” de un mismo lado. (Tabla .6)

Tabla 6 Angulación media y dispersión típica de las medidas paramedianas anteriores

ANG SAGITAL	PI3	PD3	PI6	PD6
0	29,06±11,28	27,46±8,88	21,27±7,95	26,81±12,09

6.4. Angulación en plano coronal (angulaciones tricorticales)

Media y desviación típica en angulaciones tricorticales

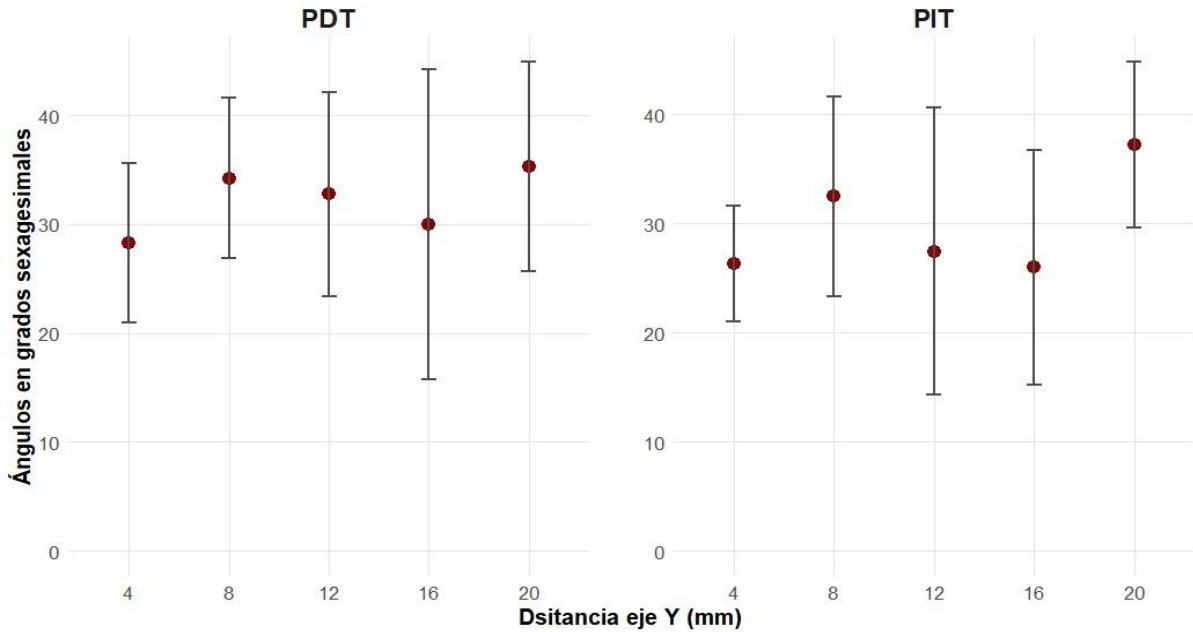


Gráfico4: Representan la angulación media de las medidas tricorticales y su desviación típica. El eje “X” representa los puntos de “Y” del esquema del paladar (fig .9), el eje “Y” representa los grados sexagesimales.

Los ángulos de inserción medidos en el plano coronal para los puntos PIT y PDT a 4, 8, 12, 16 y 20 mm mostraron una variación de valores moderada en unos rangos entre 25-30 grados aproximadamente. Los puntos 20 y 8 representaron las angulaciones más elevadas superando los 30° y los 35° en 20PIT.

La dispersión típica es elevada siendo máxima en los puntos 12 y 16 variando de manera considerable entre lados. (Tabla .7)

Tabla 7. Angulación media y dispersión típica de las medidas tricorticales

ANG CORONAL	PIT	PDT
4	26,33±5,32	28,31±7,33
8	32,47±9,12	34,23±7,34
12	27,44±13,16	32,78±9,38
16	26,00±10,75	29,98±14,21
20	37,25±7,59	35,33±9,61

6.5. Distancia media lateral a la sutura palatina media (puntos tricorticales)

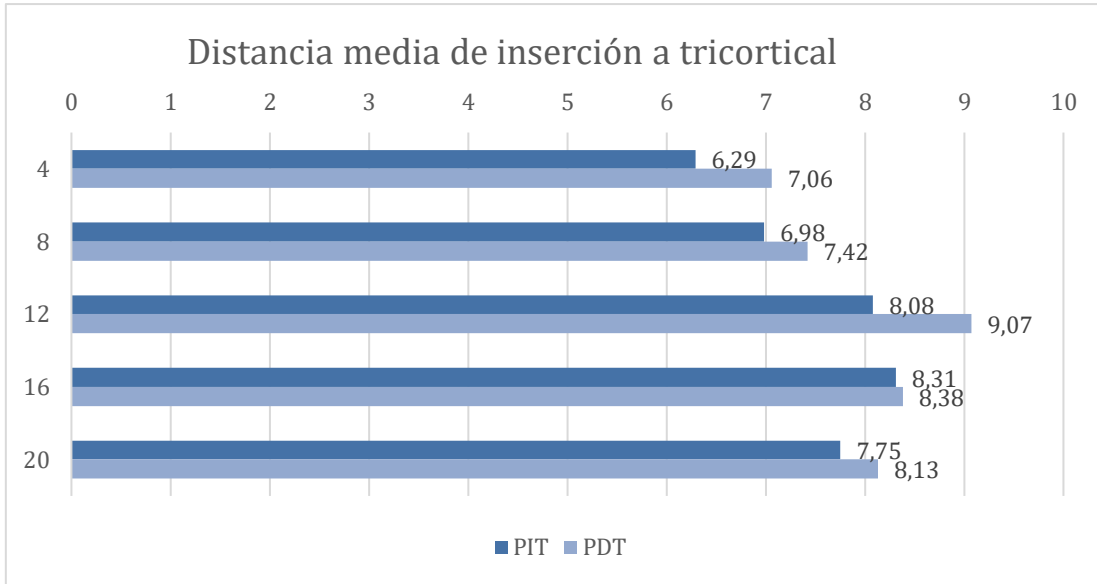


Gráfico 7: Mide la distancia media de inicio de la medición tricortical. El eje "X" representa la distancia en mm, el eje "Y" los puntos de "Y" del esquema del paladar y la leyenda indica si es el punto derecho o izquierdo.

La distancia desde la sutura palatina media hasta el punto de inserción tricortical se midió para PIT y PDT en los niveles 4, 8, 12, 16 y 20 mm.

En general, se observó un incremento de la distancia lateral conforme aumentaba la distancia anteroposterior desde el foramen incisivo, siendo máxime en 12mm y posteriormente reduciéndose esta distancia proporcionalmente a medida que llegamos a niveles posteriores.

En todos los niveles analizados, las distancias medidas en los puntos PDT fueron mayores que en los PIT

6.6 Variación de las medias de grosor óseo entre sexos

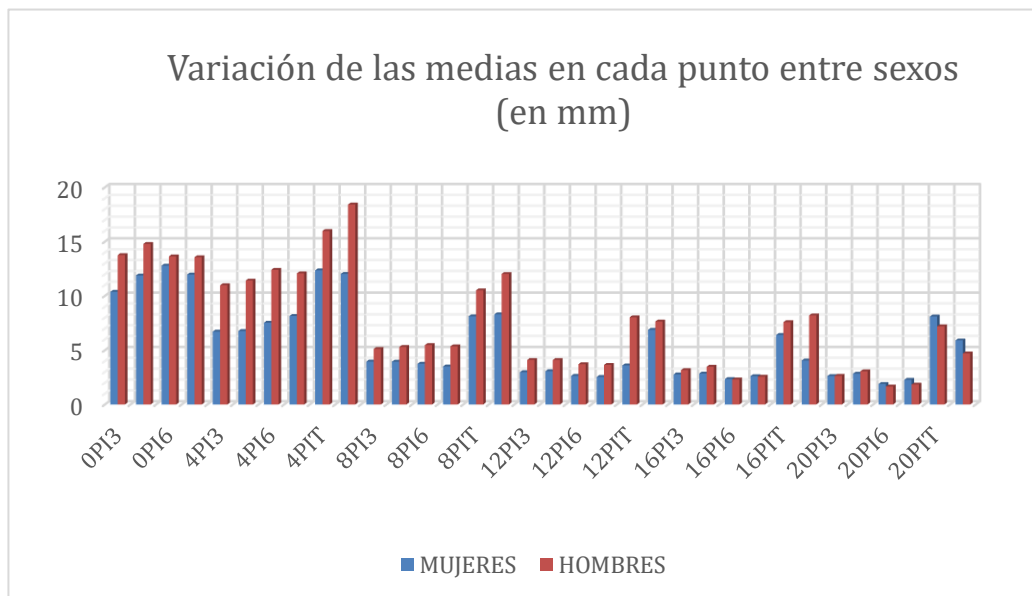


Gráfico 7: Variación de las medias del grosor óseo entre sexos. Eje “X” todos los puntos medidos. Eje “Y” longitud en mm. Leyenda un color asignado por sexo.

Esta gráfica representa las diferencias de las medias de los grosores óseos en cada punto separadas entre sexos.

Podemos observar que los hombres tienen un mayor grosor óseo en la mayoría de puntos algunos siendo con una clara mayor disponibilidad. Por otra parte en algunos puntos posteriores a nivel de los 20 mm del FI, observamos que las mujeres tienen ligeramente mayor disponibilidad ósea.

En la tabla 8 (Anexos 4, Tabla 8) los resultados se presentan en tablas tabuladas con medias, desviaciones estándar, tamaño muestral y nivel de significación, valorando adicionalmente la relevancia clínica de las diferencias observadas cuando $p < 0,05$ (p-valor Mann-Whitney).

El análisis de Mann-Whitney nos explica que si existen diferencias clínicas relevantes para la mayoría de puntos anteriores exceptuando ambos lados de 0P6 y 0PD3.

En puntos posteriores no se puede afirmar por norma general diferencias clínicas relevantes entre ambas variables en ningún punto.

7. DISCUSIÓN

7.1 Resultados Clave: hallazgos centrales en relación con objetivos e hipótesis

Los hallazgos centrales de este estudio confirman tendencias claras en la planificación del MARPE y aportan evidencia en relación con las hipótesis planteadas. Las mediciones detalladas de espesor óseo en el paladar permitieron identificar patrones consistentes: las zonas paramedianas anteriores del paladar (más cercanas a la sutura media palatina) presentaron mayor disponibilidad de hueso que las regiones más laterales o posteriores, y en consecuencia admiten microtornillos más largos y estables. Por otro lado, la inserción tricortical, en aquellos casos que fue posible logró resultados mucho más ventajosos que el anclaje posterior tradicional.

Estos resultados clave, vinculados al objetivo principal del trabajo, ponen de manifiesto tanto los logros como las limitaciones en el desarrollo de un protocolo clínico estandarizable para planificar y diseñar el MARPE. Por un lado, la identificación de zonas preferentes de anclaje y la definición de pasos lógicos en la planificación contribuyen a la estandarización del procedimiento. De hecho, el empleo de dispositivos comerciales como el MSE (Maxillary Skeletal Expander) ya apunta en esa dirección al sugerir posiciones y tamaños de tornillos relativamente uniformes.

Sin embargo, nuestros hallazgos subrayan que la variabilidad anatómica individual dificulta una estandarización absoluta: incluso con pautas generales, cada paciente requiere ajustes personalizados (“filosofía bone-first”), aprovechando al máximo su disponibilidad ósea (p.ej. buscando tricorticalidad cuando sea viable) y evitando riesgos anatómicos. Esto implica que, si bien se puede proponer un marco protocolizado de planificación basado en las regularidades observadas, la ejecución del MARPE seguirá siendo en esencia un proceso individualizado, más orientado a las necesidades específicas de cada paciente que a la aplicación rígida de un molde único de tratamiento. Esta reflexión final concuerda con las hipótesis iniciales y enfatiza el equilibrio necesario entre la estandarización de técnicas ortodóncicas modernas y la adaptación clínica a la diversidad biológica de los pacientes.

7.2 Limitaciones del estudio

Como todo estudio transversal basado en imágenes, nuestra investigación presenta varias limitaciones que deben tenerse en cuenta al interpretar los hallazgos:

- **Tamaño muestral reducido:** Se incluyó un número relativamente pequeño de pacientes ($n = 21$), lo cual limita la potencia estadística para detectar diferencias sutiles (por ejemplo, entre sexos o entre subregiones del paladar) y puede restar generalidad a las conclusiones. Un tamaño muestral mayor habría permitido estimaciones más robustas y una mejor evaluación de la variabilidad interindividual.
- **Sesgo de selección:** Los pacientes estudiados eran adultos del reservorio de pacientes del departamento de ortodoncia de la USC. Esta población puede no representar a todos los adultos de la población general, debido a que la solicitud para realizar un CBCT suele atender a características especiales que requieran un buen diagnóstico al presentar algún parámetro inusual. Tampoco se estratificó a los pacientes por tipo de maloclusión; por ejemplo, ciertas discrepancias esqueléticas (Clase III) se han asociado

con paladares más delgado⁶⁹, lo que no fue específicamente analizado en nuestra muestra.

- **Resolución y precisión de la CBCT:** Las mediciones de espesores óseos y angulaciones dependen de la resolución de voxel y la calidad de imagen del CBCT. Aunque se emplearon cortes de alta resolución, la incertidumbre intrínseca (por ejemplo, $\pm 0,25$ mm) puede influir en los valores reportados. Esto es especialmente relevante en la evaluación de la angulación de inserción, donde pequeñas variaciones de pocos grados pueden haber sido difíciles de discernir con exactitud, contribuyendo a la alta desviación estándar observada.
- **Visualización limitada del paquete v\u00e1sculo-nervioso palatino mayor:** La calidad de las im\u00e1genes CBCT no permiti\u00f3 identificar con claridad los conductos palatinos mayores. Esta limitaci\u00f3n afecta especialmente al an\u00e1lisis de viabilidad para la colocaci\u00f3n de microtornillo en zonas tricorticales, ya que no es posible confirmar con precisi\u00f3n la posici\u00f3n exacta del conducto. No obstante, se identificaron muescas \u00f3seas compatibles con la localizaci\u00f3n del canal neurovascular siguiendo descripciones an\u00e1tomicas previas⁶¹, y se consideraron estas zonas como de riesgo, evitando su selecci\u00f3n como \u00e1reas candidatas para la inserci\u00f3n de microtornillos
- **Posible sesgo de medici\u00f3n:** La obtenci\u00f3n de datos (espesores, \u00e1ngulos) en las reconstrucciones 3D conlleva cierto grado de subjetividad en la identificaci\u00f3n de referencias an\u00e1tmicas. La elevada variabilidad en las angulaciones sugiere que pudo haber inconsistencia en la medici\u00f3n. Debido a que un solo examinador realiz\u00f3 todas las mediciones de manera manual, existe riesgo de sesgo sistem\u00e1tico. En futuros estudios ser\u00eda deseable reportar coeficientes de concordancia intra- e inter observador para validar la fiabilidad de las mediciones.
- **Naturaleza transversal y puramente an\u00e1tmica del estudio:** Este trabajo se centr\u00f3 en el an\u00e1lisis morfol\u00f3gico de im\u00e1genes est\u00e1ticas, por lo que no eval\u00faa directamente resultados cl\u00ednicos como la tasa de \u00e9xito de los microtornillos, la magnitud de expansi\u00f3n lograda o posibles complicaciones seg\u00fan la posici\u00f3n del tornillo. Ello implica que solo podemos inferir implicaciones cl\u00ednicas de forma indirecta. Ser\u00eda conveniente complementar estos datos con estudios longitudinales o ensayos cl\u00ednicos que confirmen si las zonas de mayor grosor \u00f3seo se traducen efectivamente en menores tasas de fracaso del microtornillo o mejor expansi\u00f3n del maxilar en la pr\u00e1ctica.

En resumen, aunque las limitaciones mencionadas no invalidan nuestros hallazgos principales, s\u00ed aconsejan prudencia en su interpretaci\u00f3n y aplicaci\u00f3n. A continuaci\u00f3n, se abordan las implicaciones cl\u00ednicas de los resultados asumiendo estas consideraciones.

7.3 Interpretaci\u00f3n de los resultados:

En este estudio observacional transversal se analizaron tomograf\u00edas CBCT de 21 pacientes adultos para evaluar la planificaci\u00f3n an\u00e1tmica de microtornillos palatinos en un disyuntor MARPE.

7.3.1 Cobertura muestral

Los resultados clave indican que en la zona palatina más **anterior** la inserción de microtornillos está limitada por la proximidad del agujero incisivo y las raíces dentarias adyacentes, lo que en algunos casos impidió obtener medidas (*fallos de cobertura muestral*) debido a estas estructuras anatómicas.

También, en las zonas más **posteriores** y lateralizadas del paladar (más allá de ~6 mm de la línea media palatina), la disponibilidad ósea disminuyó notablemente; allí los datos recogidos fueron menores porque la inserción se ve dificultada por la *zona T* palatina (región de hueso delgado posterior a las rugas palatinas), el contacto potencial con el seno maxilar o la cercanía de estructuras vasculonerviosas. Por otro lado la cobertura muestral a ~6 mm de la sutura asciende levemente en zonas más posteriores relacionándose directamente con la morfología del seno u menor ojivalidad del paladar.

Otro hallazgo importante fue que, aunque la **inserción tricortical** resulta teóricamente atractiva por ofrecer mayor sujeción en hueso denso, **en la mayoría de los casos no fue factible** debido a limitaciones anatómicas. Se observó una correlación positiva entre una ubicación más anterior de los tornillos y un mayor grosor óseo disponible en el paladar; existiendo unas ratios de cobertura muestral muy débiles para las zonas más posteriores (< 20%). Esto se explica por el lugar de eminencia del paquete vasculonervioso en el agujero palatino mayor donde al acercarse a este la probabilidad de dañar dichas estructuras puede verse aumentada.

7.3.2 Disponibilidad ósea palatina: zona anterior vs. Posterior

La región anteromedial del paladar (aprox. 3–4 mm posterior al foramen incisivo y ~3 mm lateral a la sutura) proporciona los mayores espesores de hueso disponible según múltiples estudios^{62,67}. En efecto, la muestra registró longitudes óseas promedio muy elevadas en los puntos más anteriores (0 y 4 mm AP desde el foramen incisivo), lo que confirma que el paladar anterior es una zona de excelente disponibilidad ósea. Sin embargo, pese a esta abundancia de hueso, es imprescindible respetar un margen de seguridad alrededor del foramen incisivo para evitar lesionar el paquete vásculo-nervioso nasopalatino. Por ello, las guías anatómicas recomiendan alejarse unos ~4 mm distal al foramen y ~3 mm lateral a la sutura al insertar microtornillos en esta región⁶⁷.

En nuestro estudio, de hecho, la cobertura muestral efectiva en el punto más próximo al foramen se vio reducida, ya que debimos descartar ubicaciones demasiado cercanas al conducto incisivo o a raíces dentarias a pesar de su alto grosor óseo. Esto refleja la importancia de equilibrar la disponibilidad ósea con la seguridad anatómica al planificar anclajes en la zona anterior del paladar.

Por otro lado, conforme las mediciones se desplazaron en sentido anteroposterior se observó una disminución progresiva del grosor óseo medio. Los valores más altos se registraron, como se dijo, cerca del foramen incisivo (niveles 0 y 4 mm), mientras que en niveles más posteriores (8, 12, 16 y 20 mm AP) el espesor disminuyó paulatinamente. Esta tendencia coincide con lo reportado en la literatura anatómica del paladar: diversos estudios en CBCT han demostrado que el hueso palatino es más grueso en la zona paramediana anterior y se adelgaza hacia la

porción posterior⁶⁴. Esto coincide con los estudios de Wilmes y cols de las zonas más viables de inserción, la “zona T”⁶² palatina, destacando la superioridad ósea de la región anterior mediana/paramediana frente a las zonas posteriores⁶⁷.

Este hallazgo pone en entredicho la conveniencia de colocar siempre el disyuntor lo más atrás posible (filosofía clásica del MSE de Moon). Si bien una posición posterior del expansor favorece una apertura más paralela hacia las suturas pterigopalatinas, la realidad anatómica es que el paladar posterior ofrece un grosor limitado (en nuestro estudio, medias <3 mm en los puntos más posteriores, con desviaciones típicas ~1,2–1,3 mm). Esto sugiere que la viabilidad de anclar un único MARPE posterior estándar puede ser comprometida en muchos pacientes por falta de hueso suficiente. De hecho, el propio grupo de Moon ha reconocido que en casos con grosor palatino <2,5 mm es necesario personalizar el disyuntor, por ejemplo, añadiendo microtornillos adicionales, para lograr estabilidad⁶⁷.

Igualmente, otros autores advierten que el paladar posterior tiene hueso relativamente escaso y recomiendan que los microtornillos en esa zona se coloquen lo más cerca posible de la sutura media, donde la densidad y espesor óseo son mayores⁵². En línea con ello, observamos en nuestros datos que la disponibilidad ósea fue generalmente superior en posiciones paramedianas próximas a la sutura (3 mm) que en posiciones más laterales (6 mm al lado de la sutura) a igual nivel anteroposterior. Por tanto, ubicar los microtornillos en la zona paramediana cerca de la línea media (dentro de las zonas recomendadas) resulta deseable para aprovechar el máximo hueso cortical disponible, siempre que se eviten estructuras como el conducto incisivo y se mantenga al menos ~1 mm de margen a las raíces adyacentes⁶⁷.

En resumen, la zona anterior paramediana del paladar ofrece la mejor combinación de espesor óseo y seguridad anatómica para la inserción de microtornillos palatinos, mientras que las zonas posteriores presentan menor grosor y requieren una planificación más cuidadosa (idealmente mediante estudios 3D individuales) si se desea utilizarlas como anclaje esquelético⁶⁴.

7.3.3 Influencia de la angulación anterior de inserción en la disponibilidad ósea

Nuestros resultados también evidencian que la angulación de inserción juega un papel crítico en la cantidad de hueso que puede aprovecharse. En la zona anterior (niveles 0–4 mm AP), utilizamos en muchos casos una angulación hacia anterior de ~30° en el plano sagital para maximizar la longitud ósea recorrida por el microtornillo. Esta inclinación (dirigida hacia la espina nasal anterior) permitió alcanzar hueso más denso y grueso, manteniendo al mismo tiempo una distancia segura de raíces y del foramen incisivo en los casos analizados.

Cabe resaltar que estudios previos han recomendado precisamente una inserción recta o levemente inclinada en esta región anterior cuando el espacio es limitado: Schubert et al. sugieren ángulos reducidos de 0° a 10° respecto al paladar en la zona incisiva para evitar riesgos con las raíces de los incisivos⁶⁸. Es decir, en pacientes con menor disponibilidad ósea anterior o con espacios interradiculares ajustados, conviene optar por microtornillos prácticamente perpendiculares al paladar (angulación mínima) para no invadir estructuras dentarias⁶⁸. No obstante, si la anatomía individual lo permite –como ocurrió en varios de nuestros casos– una mayor angulación hacia adelante puede aumentar notablemente la distancia ósea cubierta por el tornillo, mejorando su anclaje bicortical. Becker et al.

encontraron de hecho que en las posiciones anteriores una inclinación posterior del tornillo (equivalente a apuntarlo hacia adelante respecto a la vertical) resulta ventajosa para maximizar la longitud ósea penetrada⁴⁵.

Por otra parte la inclinación posterior es deseable también, aunque el estudio no ha centrado su análisis en estas angulaciones en parte por la escasa ganancia milimétrica debido a la forma cuasi lineal del paladar posterior, puede ser interesante aplicar angulaciones aquí también, aunque la ganancia no es tan diferencial como en zonas anteriores o tricorticales.

En cuanto a la planificación diferencial de los ángulos, resaltan los resultados de la elevada dispersión típica de estos, lo que sugiere variabilidad considerable o posible sesgo de medición en la determinación de dichos ángulos. Por ello surge la necesidad de planificación individualizada mediante CBCT: no existe un “ángulo universal” aplicable a todos los pacientes, sino que la angulación óptima debe adaptarse a la morfología palatina y a la posición de raíces y conductos neurovasculares de cada caso⁴⁵. Esto coincide con otros trabajos que reportan una alta variabilidad interindividual en el espesor palatino y en los ángulos ideales de inserción⁴⁵.

7.3.4 Inserción tricortical: ventajas biomecánicas, disponibilidad ósea y limitaciones

Un hallazgo notable de nuestro estudio es la marcada ganancia de disponibilidad ósea que aportó la inserción tricortical en los casos en que fue viable. Según nuestros datos, cuando se pudo lograr esta geometría de inserción en el paladar posterior, las longitudes óseas medidas fueron las más elevadas de todo el estudio.

Por ejemplo, a ~4 mm por detrás del foramen incisivo la distancia de hueso disponible pasó de ~9,6 mm en inserción vertical promedio a ~14,7 mm con inserción tricortical –es decir, aproximadamente un 53% más larga–. En puntos mucho más posteriores, el efecto fue aún mayor: a ~20 mm AP del foramen, el grosor óseo medio aumentó de apenas ~2,3 mm (vertical) a ~6,4 mm en tricortical, más que duplicando la longitud de anclaje (factor ~2,7).

De hecho, observamos que la relación tricortical/vertical en la disponibilidad de hueso fue ascendiendo hacia zonas posteriores (1,53× a 4 mm vs. ~2,5–2,7× en 12–20 mm AP), lo que refleja que mientras el grosor vertical decrece drásticamente hacia atrás, la ruta oblicua tricortical aún logra captar hueso suficiente.

El análisis de Spearman reporta una correlación positiva para este aumento de disponibilidad ósea en zonas anteriores (Y=4, Y=8), a pesar de ello en zonas más posteriores debido a la ausencia y asimetría de datos obtenidos en esta zona por la dificultad de inserción debido al paquete vasculo nervioso no tenemos evidencia suficiente como para afirmar dicha correlación.

En estas zonas el RHO reporta una correlación alta para estas variables y la tasa T/V parece muy significativa por lo que aun no pudiendo concluir unos resultados sólidos intuimos que hay una base considerable de datos para sostener que la inserción tricortical reporta una mayor distancia ósea en zonas más posteriores

También conviene matizar que no en todos los pacientes fue posible lograr dicha inserción tricortical en los puntos más posteriores. La cobertura muestral de estos ejes oblicuos fue escasa

en nuestra serie (hecho que explica también un p-valor ≥ 0.05 en zonas posteriores), ya que en muchos casos las trayectorias tricorticales estuvieron limitadas por la presencia del seno maxilar, la morfología palatina o la cercanía del paquete vásculo-nervioso palatino mayor.

Por ello, si bien los datos numéricos de grosor tricortical en zonas posteriores son muy superiores y resultan atractivos, deben interpretarse con precaución. No sería correcto sugerir que “siempre” hay 6–7 mm de hueso disponible a 20 mm posterior del foramen incisivo, sino más bien que *en aquellos casos favorables anatómicamente*, la tricorticalidad permite explotar una reserva ósea mucho mayor que la medición vertical convencional.

En las zonas anteriores, por el contrario, la diferencia entre el grosor vertical y el tricortical fue mucho menor (p. ej., a 4 mm AP: 9,6 vs 14,7 mm), e incluso en niveles de 8 mm AP la ganancia relativa rondó el doble. Dado que la inserción tricortical se plantea fundamentalmente para microtornillos palatinos posteriores esta menor diferencia en la parte anterior simplemente indica que allí no merece la pena buscar ángulos extremos: los microtornillos anteriores se siguen colocando habitualmente de forma bicortical (paladar + cortical nasal) y proporcionan suficiente anclaje, tal como se ha hecho clásicamente⁶⁷. En cambio, en los posteriores sí resulta prometedor intentar la tricorticalidad cuando la anatomía lo permita, pues puede marcar la diferencia entre un tornillo viable o inviable en términos de estabilidad.

En cuanto a las angulaciones empleadas para lograr la tricorticalidad, nuestros resultados muestran valores medios relativamente consistentes en torno a 25°–30° (respecto a la vertical) para la mayoría de niveles AP estudiados, excepto en la zona más posterior donde los ángulos aumentaron hacia ~35°–40°. Esto se debe principalmente a consideraciones anatómicas: a medida que nos acercamos al foramen palatino mayor, fue necesario insertar los tornillos un poco más próximos a la línea media (reduciendo la distancia lateral de inserción) para evitar dichas estructuras. Al partir de un punto más mediano pero buscando contactar la cortical lateral opuesta, el tornillo describe una trayectoria más oblicua, incrementando el ángulo en el plano coronal.

Paradójicamente, este aumento de la inclinación en los microtornillos posteriores resulta biomecánicamente favorable. La literatura reciente sobre expansores palatinos señala que una angulación elevada (próxima a 45°) optimiza el enclavamiento cortical del tornillo y orienta la fuerza de expansión de forma más horizontal y paralela, reduciendo el efecto de apertura “en abanico” que se produce cuando el anclaje es más superficial⁶⁸. Nucera y cols., mediante simulaciones FEM, han comparado dispositivos con anclaje bicortical vs. tricortical, concluyendo que involucrar una tercera cortical distribuye mejor las tensiones y produce una expansión más homogénea a lo largo de la sutura⁶⁴.

En definitiva, nuestros datos de ángulos tricorticales medios (25°–30°, llegando a 35°–40° en posteriores) se alinean con esas recomendaciones biomecánicas de inclinar significativamente los tornillos para lograr mayor estabilidad y eficacia expansiva⁶⁴.

Conviene señalar, no obstante, que la dispersión de los ángulos tricorticales fue alta en ciertos niveles (especialmente 12 y 16 mm AP), variando considerablemente entre lado derecho e izquierdo. Esto refleja nuevamente que la angulación tricortical “óptima” está fuertemente condicionada por las variaciones anatómicas individuales (altura del suelo nasal, morfología del seno, inclinación de la bóveda palatina, etc.). El operador tiene poca libertad para elegir el

ángulo idealmente, sino que más bien la anatomía impone cuál es *posible* en cada paciente – ya sea un ángulo moderado (25°) o uno más pronunciado (40°) – si se desea alcanzar la tricorticalidad sin comprometer estructuras.

En la práctica clínica, esta variabilidad recalca la importancia de un estudio radiológico 3D previo: solo una planificación meticulosa permite decidir caso a caso si merece intentar una inserción tricortical posterior (y con qué ángulo y profundidad), o si por el contrario es más seguro conformarse con una posición más anterior o bicortical estándar.

7.3.5 Diferencias anatómicas entre sexos

Los resultados de este estudio evidencian un dimorfismo sexual limitado en el grosor óseo del paladar. Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las zonas anteriores (0 y 4 mm desde el foramen incisivo), con un espesor óseo mayor en hombres que en mujeres, lo cual concuerda con reportes previos que describen un grosor palatal superior en varones, sobre todo en regiones paramedianas anteriores⁷⁰. En cambio, en las ubicaciones más posteriores (8 a 20 mm) no se observaron diferencias significativas entre sexos, coincidiendo con otros estudios donde las disparidades sexuales no se extienden de forma relevante al paladar posterior⁷⁰. Cabe destacar que el hallazgo aislado de un mayor grosor en mujeres a 20 mm parece atribuible a la variabilidad de medición y carece de relevancia clínica. En conjunto, nuestros resultados sugieren que el efecto del sexo sobre el grosor óseo palatino es relevante en zonas anteriores y mínimo en posteriores, aunque no podemos contextualizar un impacto generalizado para la influencia de este hecho en el tratamiento de MARPE de manera sostenida.

Estos hallazgos se contextualizan con la literatura científica reciente basada en CBCT y otras técnicas morfométricas. Si bien algunos autores han descrito ligeras diferencias de grosor óseo palatino entre hombres y mujeres^{53,68}, la evidencia apunta a que la variabilidad interindividual es un factor mucho más determinante para la planificación del MARPE⁷¹. De hecho, diversos estudios de planificación con microtornillos enfatizan que, aunque puede existir un dimorfismo sexual sutil, este no justifica por sí solo modificar el protocolo clínico de expansión palatina asistida por microtornillos. En lugar de adoptar abordajes diferenciados por sexo, dichos autores abogan por una planificación individualizada del MARPE, apoyada en imágenes 3D (CBCT) para evaluar el espesor óseo palatino de cada paciente y determinar las posiciones e inclinaciones óptimas de los mini-implantes en función de la anatomía particular⁷¹.

7.4 Generalidades

En síntesis, los análisis morfométricos aportan información relevante de la anatomía ósea necesaria para el anclaje de los microtornillos asociados a MARPE. Se requieren estudios adicionales con muestras más amplias y diversificadas para corroborar la aplicabilidad de estos hallazgos a contextos clínicos diferentes, garantizando así su pertinencia más allá de la población específica considerada. Por otra parte se necesitan más estudios clínicos y comparativos entre las diferentes técnicas MARPE que evidencien casos realistas entre ambas filosofías.

8. CONCLUSIONES

- La zona paramediana anterior del paladar para los microtornillos anteriores y la búsqueda de la disposición cortical para los microtornillos posteriores reporta la mayor disponibilidad ósea.
- Angulaciones de hasta 30 grados reportan mayor disponibilidad ósea pero representan riesgo de daño estructural en determinados pacientes en los microtornillos anteriores. Angulaciones entre 25 y 40 grados son viables para la tricorticalidad. Microtornillos entre 6-16 mm de longitud pueden ser utilizados en MARPE.
- La viabilidad de inserción tricortical segura es media-baja
- Se identificaron patrones óseos compatibles como base de la creación de protocolos.
- Existen diferencias significativas en la disponibilidad ósea en función al sexo en el paladar anterior hasta 4mm posterior del foramen incisivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Proffit WR, Feds HW Jr. Tratamiento de los problemas esqueléticos en los niños. In: Proffit WR, Fields HW Jr, Sarver DM, Ackerman JL, editors. *Ortodoncia contemporánea*. 4ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2008. p. 495–532.
2. Suárez Quintanilla D, García Ferrón S. *Ortodoncia: Eficiencia clínica & evidencia científica*. Técnica SWLF. Santiago de Compostela: David Suárez Quintanilla; 2016.
3. Wilson GH. *A manual of dental prosthetics*. Philadelphia: Lea and Febiger; 1911. pp. 22 37.
4. Lundström AF. Malocclusion of the Teeth Regarded as a Problem in Connection With the Apical Base. *Int J Orthod Oral Surg Radiogr*. 1925;11(12):1109–1133.
5. Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *Angle Orthod*. 1981;51(2):115–150. 3219(1981)0512.0.CO;2.
6. El Aouame A, Bousfiha A, Khadir A. Functional and anatomical implications of mouth breathing: A literature review. *Open Access Libr J*. 2024;11(4):e10654.
7. Ottaviano G, Maculan P, Borghetto G, Favero V, Galletti B, Savietto E, et al. Nasal function before and after rapid maxillary expansion in children: a randomized, prospective, controlled study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2018;115:133–138. doi:10.1016/j.ijporl.2018.09.029.
8. Fagundes AA, et al. Association between oral habits, mouth breathing and malocclusion. *Prog* 2016;17:10. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27958599/>.
9. Harari D, Redlich M, Miri S, Hamud T, Gross M. The effect of mouth breathing versus nasal breathing on dentofacial and craniofacial development in orthodontic patients. *Angle Orthod*. 2005;75(4):517–519.
10. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: a systematic review. *Dental Press J Orthod*. 2018 Nov Dec;23(6):40.e1-40.e10.
11. Kurol J, Berglund L. Longitudinal study and cost-benefit analysis of the effect of early treatment of posterior cross-bites in the primary dentition. *Eur J Orthod*. 1992.
12. Brunetto DP, Moschik CE, Dominguez-Mompell R, Jaria E, Sant'Anna EF, Moon W. Mini-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) effects on adult obstructive sleep apnea..
13. Marcus CL, Brooks LJ, Ward SD, et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*. 2012;130(3):e714–e755.
14. Camacho M, Chang ET, Song SA, et al. Rapid maxillary expansion for pediatric obstructive sleep apnea: A systematic review and meta-analysis. *Laryngoscope*. 2017;127(7):1712–1719.
15. De Oliveira BH, Sheiham A. Orthodontic treatment and its impact on oral health-related quality life: A review. *Rev Mex Ortod*. 2017;5(3):238–247.
16. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. Treatment and posttreatment craniofacial changes after rapid maxillary expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000;118(4):404–13.
17. Salmoria I, de Souza EC, Furtado A, Franzini CM, Custodio W. Dentoskeletal changes and their correlations after micro-implant-assisted palatal expansion (MARPE) in adults with advanced midpalatal suture ossification. *Clin Oral Investig*. 2022 Mar;26(3):3021–3031.

18. Mello Figueiredo L, Mascarenhas Calixto Barros D, Costa Veloso N, Oliveira Lisboa C, Mourão CF, Cury-Saramago AdA, Trindade Mattos C, de Albuquerque Calasans-Maia J. 57 Is There a Difference in Mid-Palatal Suture Density after Rapid Maxillary Expansion, Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion, and Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Applied Sciences*. 2023;13(19):10841.
19. Kapetanović A, Theodorou CI, Bergé SJ, Schols JGJH, Xi T. Efficacy of Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod*. 2021;43(3):313-23. doi: 10.1093/ejo/cjab005.
20. McMullen C, Al Turkestani NN, Ruellas ACO, Massaro C, Rego MVNN, Yatabe MS, Kim-Berman H, McNamara JA Jr, Angelieri F, Franchi L, Ngan P, He H, Cevidanes LHS. Three-dimensional evaluation of skeletal and dental effects of treatment with maxillary skeletal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2022;161(5):666-678. doi:10.1016/j.ajodo.2020.12.026.
21. Park JJ, Park KH, Kim SH, Ahn HW. Critical issues concerning miniscrew-assisted rapid palatal A narrative review. *Semin Orthod*. 2024; 000:1-8.
22. Graber LW, Vanarsdall RL Jr, Vig KW, Huang GJ. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. 7th ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2022.
23. Burdi AR, Faist K. Morphogenesis of the palate in normal human embryos with special emphasis on the mechanisms involved. *Anat Rec*. 1967;159(2):135–146.
24. Diewert VM, Wang KY. Recent advances in craniofacial morphogenesis. *Int J Dev Biol*. 1992;36(1):155–161.
25. Angelieri F, Cevidanes LH, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA Jr. Midpalatal suture maturation: classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013;144(5):759–769.
26. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Gonçalves JR, Nieri M, Wolford LM, et al. Cone beam computed tomography evaluation of midpalatal suture maturation in adults. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Dec;46(12):1557–1561.
27. Katti G, Shahbaz S, Katti C, Rahman MS. Evaluation of midpalatal suture ossification using cone-beam computed tomography: a digital radiographic study. *Acta Med (Hradec Králové)*. 2020;63(4):188–193. doi:10.14712/18059694.2020.62.
28. Haghanifar S, Mahmoudi S, Foroughi R, Poorsattar Bejeh Mir A, Mesgarani A, Bijani A. Assessment of midpalatal suture ossification using cone-beam computed tomography. *Electron Physician*. 2017 Mar 25;9(3):4035–4041.
29. Angell EC. Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dent Cosmos*. 1860 May;1(10):540–544.
30. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*. 1961;31(2):73–90.
31. Cozzani M, Rosa M, Cozzani P, Siciliani G. Deciduous dentition-anchored rapid maxillary expansion in crossbite and non-crossbite mixed dentition patients: reaction of the permanent first molar. *Prog Orthod*. 2003;4:15–22.
32. Spillane LM, McNamara JA Jr. Maxillary adaptation to expansion in the mixed dentition. *Semin Orthod*. 1995 Sep;1(3):176–187.
33. Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a miniimplant and toothborne rapid

palatal expansion device: the Hybrid Hyrax. *World J Orthod.* 2010;11(4):323–30.

34. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, et al. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex—a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod.* 2014;15:52. doi:10.1186/s40510-014-0052-y.
35. Yi J, Han M, Kwak JH, Jung YH, Cho B-H, Son WS, et al. Dentoskeletal changes and their correlations after micro-implant assisted rapid palatal expander (MARPE) in the two final stages of midpalatal suture ossification. **Orthod Craniofac Res**. 2022;25(4):579–88.
36. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA Jr. Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2001 Oct;71(5):343-50.
37. McMullen C, Al Turkestani NN, Ruellas ACO, Massaro C, Rego MVNN, Yatabe MS, Kim-Berman H, McNamara JA Jr, Angelieri F, Franchi L, Ngan P, He H, Cevidanes LHS. Three-dimensional evaluation of skeletal and dental effects of treatment with maxillary skeletal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2022;161(5):666-678.
38. Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Jun;137(6):830–839.
39. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, Wu KW, Machado AW, Moon W. The effects of micro implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex: a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod.* 2014;15(1):52. doi: 10.1186/s40510-014 0052-y.
40. Mello Figueiredo L, Mascarenhas Calixto Barros D, Costa Veloso N, Oliveira Lisboa C, Mourão CF, Cury-Saramago AdA, Trindade Mattos C, de Albuquerque Calasans-Maia J. 57 Is There a Difference in Mid-Palatal Suture Density after Rapid Maxillary Expansion, Surgically Assisted Rapid Maxillary Expansion, and Miniscrew-Assisted Rapid Palatal Expansion? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Applied Sciences.* 2023;13(19):10841.
41. Liu C, Wang K, Jiang C, Zhao Y, Zhang Y, Zhang Q, et al. The short- and long-term changes of upper airway and alar in nongrowing patients treated with Mini-Implant Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE): a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health.* 2023 Oct 29;23(1):820. doi:10.1186/s12903-023-03344-w. PMID: 37899429; PMCID: PMC10613376.
42. . Kapetanović A, Theodorou CI, Bergé SJ, Schols JGJH, Xi T. Efficacy of Miniscrew Assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE) in late adolescents and adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2021;43(3):313-23. doi: 10.1093/ejo/cjab005.
43. Chun JH, de Castro ACR, Oh S, Kim KH, Choi SH, Nojima LI, Nojima MC, Lee KJ. Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC Oral Health.* 2022;22:114. doi:10.1186/s12903-022-02138-w.
44. Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. *Angle Orthod.* 2010 Jan;80(1):137-44.
45. . Becker K, Unland J, Wilmes B, Tarraf NE, Drescher D. Is there an ideal insertion angle and position for orthodontic mini-implants in the anterior palate? A CBCT study in humans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;156(3):345–354.
46. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577–595.

47. Lee RJ, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on bone-borne palatal expansion using finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(5):887–97. PMID: 28457266; PMCID: PMC5472094.
48. Tarraf NE, Küffer M, de Gabriele O, Wilmes B. Principals for placement and expansion protocol for the bone-first Quadexpander in adolescents and adults. *Semin Orthod.* 2024;31(2):197–206. doi:10.1053/j.sodo.2024.09.003.
49. Chen W, Zhang K, Liu D. Palatal bone thickness at the implantation area of maxillary skeletal expander in adult patients with skeletal Class III malocclusion: a cone-beam computed tomography study. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):144. doi:10.1186/s12903-021-01541-y. PMID: 33752663; PMCID: PMC7986252.
50. Brucculeri L, Pellitteri F, Monterossi AS, Paoletto E, Maino G, Lombardo L. Tricortical versus bicortical anchorage in a double-screw tandem skeletal expander and a single-screw maxillary anchorage rapid palatal expander: A finite element analysis. *Korean J Orthod.* 2024;54(1):23–34. doi:10.4041/kjod23.270. PMID: 39049467.
51. Mari Almagro P, Molina Coral A, Ferrer Molina M, Lanuza García A, Hijazi Alsadi T, Muñoz Morente R. Avances en la estabilidad de los microtornillos palatinos: bicorticalidad y tricorticalidad. Una revisión sistemática. *Ortodoncia Española SEDO.* 2025 Apr;63(1):1–20.
52. Wilmes B. “Appliance First” or “Bone First” for miniscrew assisted rapid palatal expansion? *APOS Trends Orthod.* 2022;12(1):3–6. doi:10.25259/APOS_57_2022.
53. André CB, Pasqua BPM, Jacquier GA, Nascimento FD. Miniscrew-assisted rapid palatal expansion (MARPE): Factors influencing planning. *Dental Press J Orthod.* 2024;29(3):e242439.
54. Cantarella D, Gelormini C, Marcolina M, et al. Age-related prevalence of midpalatal suture closure in MSE patients based on CBCT evaluation. *Prog Orthod.* 2020;21(1):15.
55. Krijt LL, Kapetanović A, Sijmons WJL, Bruggink R, Baan F, Bergé SJ, Noverraz RRM, Xi T, Schols JGJH. What is the impact of miniscrew-assisted rapid palatal expansion on the midfacial soft tissues? A prospective three-dimensional stereophotogrammetry study. *Clin Oral Investig.* 2023;27(9):4823–4833. doi:10.1007/s00784-023-05024-z. PMID: 37507601; PMCID: PMC10492756.
56. Ha S, Park J. Skeletal and dentoalveolar changes after microimplant-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod.* 2021;91(3):382–389. doi:10.2319/061520-552.1.
57. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, et al. Zygomaticomaxillary modifications in the horizontal plane induced by microexpander-supported midfacial skeletal expander (MSE) evaluated with CBCT. *Prog Orthod.* 2017;18(1):17.
58. Gupta A, Caruso JM, Lee JW, et al. Finite element analysis modeling of the human skull for the biomechanical evaluation of maxillary expansion with micro-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(3):321–330.
59. MacGinnis M, Chu H, Youssef G, et al. The effects of micro-implant assisted rapid palatal expansion (MARPE) on the nasomaxillary complex—a finite element method (FEM) analysis. *Prog Orthod.* 2014;15:52..
60. Gray H, Standring S. *Gray’s Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice.* 41st ed. New York: Elsevier; 2016.
61. Miwa Y, Asaumi R, Kawai T, Maeda Y, Sato I. Morphological observation and CBCT of the bony canal

structure of the groove and the location of blood vessels and nerves in the palatine of elderly human cadavers. Surg Radiol Anat. 2018;40(2):199–206.

62. . Wilmes B, Ludwig B, Vasudavan S, Nienkemper M, Drescher D. *The T-Zone: Median vs. Paramedian Insertion of Palatal Mini-Implants. J Clin Orthod. 2019;53(12):697–705.*
63. Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. *Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. Angle Orthod. 2010 Jan;80(1):137-44.*
64. Nucera R, Ciancio E, Maino G, Barbera S, Imbesi E, Mirea Bellocchio A. *Evaluation of bone depth, cortical bone, and mucosa thickness of palatal posterior supra-alveolar insertion site for miniscrew placement. Prog Orthod. 2022;23:18. doi:10.1186/s40510-022-00412-9.63.*
65. Wilmes B, De Gabriele R, Dallatana G, Tarraf N, Ludwig B. *“Bone First” principle with CAD/CAM insertion guides for mini-implant-assisted rapid palatal expansion. J Clin Orthod. 2022;56(9):531–541.*
66. 77. Yalda FA, Chawshli OF, Al-Talabani SZ, Ali SH, Shihab OI. *Evaluation of palatal thickness for the placement of MARPE device among a cohort of Iraqi-Kurdish population: a retrospective CBCT study. Clin Cosmet Investig Dent. 2024;16:107–114. doi:10.2147/CCIDE.S438718. PMID: 39234263; PMCID: PMC11374425.*
67. Cantarella D, Karanxha L, Zanata P, Moschik C, Torres A, Savio G, Del Fabbro M, Moon W. *Digital planning and manufacturing of maxillary skeletal expander for patients with thin palatal bone. J Clin Med. 2021 Oct 18;10(20):4783. doi:10.3390/jcm10204783. PMID: 34675696; PMCID: PMC8504975.*
68. Schubert H, Matta R, Seidel A, Adler W, Wichmann M, Kesting M, et al. *Three dimensional digital imaging analysis of the palatal bone thickness for orthodontic mini-implant insertion – determination of the safe zone and angulation. BMC Oral Health. 2024;24:1448.*
69. Chen W, Zhang K, Liu D. *Palatal bone thickness at the implantation area of maxillary skeletal expander in adult patients with skeletal Class III malocclusion: a cone-beam computed tomography study. BMC Oral Health. 2021;21(1):144. doi:10.1186/s12903-021-01541-y. PMID: 33752663; PMCID: PMC7986252.*
70. Yadav S, Sachs E, Vishwanath M, Knecht K, Upadhyay M, Nanda R, Tadinada A. *Gender and growth variation in palatal bone thickness and density for mini-implant placement. Prog Orthod. 2018;19(1):40. doi:10.1186/s40510-018-0241-1. PMID: 30393829; PMCID: PMC6215790.*
71. Negrisoli S, Angelieri F, Gonçalves JR, Silva HDP, Maltagliati LÁ, Nahás-Scocate ACR. *Assessment of the bone thickness of the palate on cone-beam computed tomography for placement of miniscrew-assisted rapid palatal expansion appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022 Mar;161(3):341–351. doi:10.1016/j.ajodo.2021.01.037. PMID: 35151529.*

ANEXO 1.INFORMACIÓN ACERCA DE LA PROTECCIÓN DE DATOS.



Tratamiento de Datos de Carácter Personal

D. _____, como paciente, con D.N.I _____ como paciente

Marcando las siguientes casillas, doy mi autorización a FACULDADE DE ODONTOLOXÍA, para que pueda remitirme por correo ordinario o cualquier otro medio (teléfono/mail/sms/apps de mensajería):

- Recordatorios de citas Felicitaciones navideñas Información comercial sobre productos, servicios, ofertas o descuentos

Del mismo modo marcando las siguientes casillas, CONSIENTO de forma expresa a FACULDADE DE ODONTOLOXÍA qué datos personales relacionados con mi tratamiento clínico, como puedan ser imágenes de la cara y/o cavidad bucal, captadas en la consulta puedan ser:

- Mostradas a otros pacientes con fines promocionales y de marketing;
 Compartidas con otros profesionales como caso de estudio clínico;
 Expuestas en congresos o en cursos profesionales con fines docentes;
 Expuestas en publicaciones científicas como instrumento de divulgación médica;
 Expuestas en la página web de la consulta con fines promocionales y de marketing.

En Santiago de Compostela, a _ de Abril de _____

Fdo.: El Paciente _____

INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE PROTECCIÓN DE DATOS

En cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679, del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016, y de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales

Responsable	FACULDADE DE ODONTOLOXÍA
Finalidad	Proporcionar atención sanitaria
Legitimación	Cumplimiento de obligación legal: Ley 41/2002, de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica
Destinatarios	Se tiene previsto realizar cesiones a aseguradoras, laboratorios de prótesis, asesorías y administraciones públicas. Se realizarán también transferencias internacionales de datos a Align Technology, Inc. que dispone de Normas Corporativas Vinculantes aprobadas por el Comité Europeo de Protección de Datos y disponibles en: http://investor.aligntech.com/documents.cfm
Derechos	Tiene derecho a acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos, como se explica en la información adicional
Información adicional	Puede consultar la información adicional y detallada sobre Protección de Datos Personales

Información adicional sobre protección de datos

En cumplimiento del Reglamento (UE) 2016/679, del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 y de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales

¿QUIÉN ES EL RESPONSABLE DEL TRATAMIENTO DE SUS DATOS?

Identidad: FACULTADE DE ODONTOLOXÍA - CIF/DNI: Q1518001A
Dirección postal: Entrerrios, s/n - C.P. 15782 - Santiago de Compostela
Teléfono: 881812340 - 881812342
Correo electrónico:
Delegado de protección de datos: Infocitec, S.L.U.
Contacto DPD: info@infocitec.com

¿CON QUÉ FINALIDAD TRATAMOS SUS DATOS PERSONALES?

Tratamos la información que nos facilitan los pacientes con la finalidad de facilitar la prestación de los servicios sanitarios solicitados y la gestión administrativa y de facturación derivada de los mismos.
Las imágenes obtenidas con las cámaras de video vigilancia serán únicamente destinadas a la finalidad de seguridad y vigilancia de las instalaciones.

¿POR CUÁNTO TIEMPO CONSERVAREMOS SUS DATOS?

La Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica, establece la obligación de conservación de las historias clínicas un mínimo de 5 años desde la fecha de alta del último proceso asistencial. Dicha norma deberá complementarse con lo establecido por la normativa autonómica que resulte aplicable. En caso de existir normativa autonómica que establezca la obligación de plazos superiores a 5 años, se tendrá en cuenta dicho plazo para la conservación de los datos. Asimismo se conservarán durante el tiempo necesario para poder hacer frente a posibles reclamaciones por responsabilidad civil.

¿CUÁL ES LA LEGITIMACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE SUS DATOS?

La base legal para el tratamiento de sus datos es el cumplimiento de una obligación legal fundamentada en los términos y condiciones que constan en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, en la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica; así como las normativas autonómicas que puedan resultar aplicables.

La oferta prospectiva o comercial de productos, servicios o descuentos está basada en el consentimiento solicitado, sin que en ningún caso la retirada de este consentimiento condicione la ejecución del servicio prestado.

El envío de recordatorios de citas o revisiones periódicas al paciente a través de cualquier otro medio (teléfono/mail/sms/apps de mensajería) es necesario para la satisfacción del interés legítimo del responsable del tratamiento.

Asimismo sus datos personales podrán ser utilizados para: envío de felicitaciones, publicación de imágenes en página web, exposición de imágenes en congresos o cursos, exposición de imágenes en publicaciones científicas y compartición de imágenes con otros profesionales como caso de estudio clínico, si previamente ha prestado su consentimiento, sin que en ningún caso la retirada de este consentimiento condicione la prestación del servicio sanitario solicitado.

¿A QUÉ DESTINATARIOS SE COMUNICARÁN SUS DATOS?

Los datos se comunicarán a laboratorios de prótesis para la fabricación de productos sanitarios a medida, a gestorías que nos realizan los trámites fiscales, a empresas de mantenimiento informático, a profesionales autónomos que trabajan en nuestras instalaciones, a entidades aseguradoras en caso de tener concertados seguros de asistencia médica con el fin de facturar el gasto sanitario y administraciones públicas para cumplimiento de obligaciones legales.

FACULTADE DE ODONTOLOXÍA contrata con Align Technology, Inc. la fabricación de aparatos de ortodoncia invisibles para sus pacientes, implicando transferencias internacionales de datos a EEUU, basándose en Normas Corporativas Vinculantes, aprobadas por el Comité Europeo de Protección de Datos y cuya información está disponible en: <http://investor.aligntech.com/documents.cfm>

¿CUÁLES SON SUS DERECHOS CUANDO NOS FACILITA SUS DATOS?

El paciente tiene derecho a obtener confirmación sobre si estamos tratando datos personales que le conciernan, o no. Los pacientes tienen derecho a si acceder a sus datos personales, así como a solicitar la rectificación de los datos inexactos o, en su caso, solicitar su supresión cuando, entre otros motivos, los datos ya no sean necesarios para los fines que motivaron su recogida.

En determinadas circunstancias, los pacientes podrán solicitar la limitación del tratamiento de sus datos, en cuyo caso únicamente los conservaremos bloqueados para el ejercicio o la defensa de reclamaciones.

En determinadas circunstancias y por motivos relacionados con su situación particular, los pacientes podrán oponerse al tratamiento de sus datos, en cuyo caso dejaremos de tratar los datos, salvo por motivos legítimos imperiosos, o el ejercicio o la defensa de posibles reclamaciones.

Además de los derechos anteriores, el paciente también tendrá el derecho de portabilidad, el derecho a retirar el consentimiento y el derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de Control. El paciente dispone de la información necesaria en www.agpd.es

Podrá ejercitar materialmente sus derechos aportando copia de su DNI o documento oficial que le identifique, mediante el envío de un correo electrónico a o por correo postal dirigiéndose a **Entrerrios, s/n - C.P. 15782 - Santiago de Compostela**

ANEXO 2. COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD.

5.3 Compromiso de Confidencialidad y Uso Responsable de Datos

En Santiago de Compostela, a 28 de Enero de 2025, reunidos:

Doña María de la Paz Otero Casal, en calidad de tutora del Trabajo de Fin de Grado (TFG) correspondiente a la Facultad de Odontología de la Universidad de Santiago de Compostela, y Don Pedro Suárez Suquía, alumno de dicha Facultad, acuerdan formalizar el presente Compromiso de Confidencialidad y Uso Responsable de Datos, de conformidad con los siguientes términos:

El alumno, Don Pedro Suárez Suquía, se compromete a garantizar la total confidencialidad de los datos potencialmente identificativos a los que pueda acceder durante el desarrollo de su Trabajo de Fin de Grado.

En concreto, se obliga a:

- Mantener en estricta reserva cualquier dato que permita la identificación directa o indirecta de las personas asociadas a los registros o documentos utilizados.
- Abstenerse de divulgar, transferir, reproducir o utilizar, en forma parcial o total, dichos datos con fines distintos a los establecidos en este documento.

El alumno se compromete a utilizar los datos o muestras exclusivamente para los fines relacionados con la realización del Trabajo de Fin de Grado.

El acceso y uso de los CBCTs (Tomografías Computarizadas de Haz Cónico) de la reserva de la Facultad de Odontología estarán sujetos a las normativas aplicables, y será estrictamente limitado al contexto académico y científico autorizado.

Este documento será custodiado por la tutora del Trabajo de Fin de Grado, Doña María de la Paz Otero Casal, quien será responsable de velar por su integridad y cumplimiento.

El presente compromiso tendrá vigencia mientras se desarrolle el Trabajo de Fin de Grado y hasta que las actividades relacionadas con el mismo concluyan formalmente. Cualquier incumplimiento de las condiciones establecidas en este documento podrá derivar en las acciones legales y disciplinarias pertinentes.

En prueba de conformidad, ambas partes firman el presente documento:

Tutor/a: Firmado por MARIA DE
LA PAZ OTERO CASAL -
***2213** el día
29/01/2025 con un
certificado emitido
por AC CAMERFIRMA

Firma: _____

Nombre: María de la Paz Otero Casal

Alumno/a:

Firma: Pedro Suárez Suquía

Nombre: Pedro Suárez Suquía

Fecha: // 28/01/2025

ANEXO 3. APROBACIÓN DEL COMITÉ DE BIOÉTICA.



COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DA USC

Tel. 982823558

Correo electrónico: comite.etica.investigacion@usc.es

Visto o informe realizado por D./Da **Julián Álvarez Escudero**, responsable do **Comisión de Traballo Fin de Grao en Medicina da Facultade de Medicina e Odontoloxía**, órgano responsable da revisión e informe previo das propostas de traballos académicos do tipo proxecto de investigación e/ou intervención con seres humanos, as súas mostras e os seus datos das titulacións adscritas a este Centro en canto o cumprimento das condicións e requisitos esixidos para ser informado favorablemente polo Comité de Ética na Investigación da USC

O Comité de Ética na Investigación da USC da o visto e prace a proposta titulada **“Terapéutica Basada en la Evidencia: Protocolo Clínico para el Diseño, Colocación, Carga y Biomecánica de los Microimplantes Palatinos Asociados al MARPE.”** presentada por D./Da. **Pedro Suárez Suquía** baixo a titorización de D./Da. **María de la Paz Otero Casal**.

Lugo, a data da sinatura electrónica
O Presidente do Comité de Ética na Investigación da USC

Asdo. J. Manuel Cifuentes Martínez



Sinatura dixital / Firma digital / Digital signature

Asinante/Firmante/Signer: JOSE MANUEL CIFUENTES MARTINEZ, NIF ***9834**, 09/04/2025 09:47:55.

CSV: A32B-475D-47CF-AFAC

Documento asinado dixitalmente e accesible en:/Documento firmado digitalmente y accesible en:/Digitally signed document with accessibility at:
<https://sede.usc.es/sede/ferramentas/publicAPP/comprobarCSV.htm?csvId=A32B-475D-47CF-AFAC>

Ver detalle da sinatura na derradeira páxina/Ver detalle de la firma en la última página/See detail of the signature on the last page

CSV: A32B-475D-47CF-AFAC

2 / 2

ANEXO 4: TABLAS ADICIONALES

Tabla 3. Mediciones realizadas según la viabilidad por puntos.

Y/X	PI3	PD3	PI6	PD6	PIT	PDT	Las
0	16	13	18	17	-	-	
4	21	19	21	21	21	18	16
8	21	21	18	15	15	15	13
12	21	21	15	15	15	9	9
16	21	21	16	17	17	6	6
20	21	21	18	17	17	4	3

columnas representan las mediciones en "Y" y las filas las mediciones en "X", la intersección de ambas la viabilidad del punto en concreto en cuestión, 34 en total.

Tabla 5. Longitudes medias (mm) respecto FI (Media ± Desviación Típica)

Momento	PI3	PD3	PI6	PD6	PIT	PDT
0	12,07±2,85	13,44±3,67	13,21±2,43	12,71±2,27		
4	8,94±3,67	9,21±3,66	10,08±4,09	10,21±3,25	14,37±4,22	14,96±4,96
8	4,56±2,15	4,65±1,87	4,65±2,36	4,47±2,48	9,55±4,40	10,15±4,58
12	3,57±1,76	3,61±2,01	3,22±1,90	3,12±1,86	7,04±2,97	7,33±2,47
16	2,98±1,54	3,18±1,44	2,33±1,17	2,59±1,75	7,38±3,23	6,81±4,06
20	2,63±1,33	2,95±1,24	1,76±1,13	2,04±1,55	7,65±2,66	5,10±1,74

Tabla 8. Resultados estadísticos combinados por sexo

Variable	Mujeres (n)	Media ± De Mujeres	Hombres (n)	Media ± DE Hombres	p-valor	Diferencia clínica relevante
0PI3	8	10.38 ± 2.39	8	13.76 ± 2.27	0.018	Sí
0PD3	6	11.88 ± 3.00	7	14.79 ± 3.86	0.138	No
0PI6	9	12.79 ± 2.73	9	13.63 ± 2.16	0.452	No
0PD6	9	11.97 ± 2.51	8	13.56 ± 1.73	0.149	No
4PI3	10	6.71 ± 1.86	11	10.98 ± 3.77	0.008	Sí

4PD3	9	6.77 ± 1.66	10	11.41 ± 3.60	0.005	Sí
4PI6	10	7.53 ± 2.70	11	12.40 ± 3.80	0.005	Sí
4PD6	10	8.15 ± 2.47	11	12.08 ± 2.74	0.008	Sí
4PIT	8	12.35 ± 4.43	10	15.98 ± 3.45	0.068	No
4PDT	8	12.03 ± 4.72	7	18.41 ± 3.18	0.021	Sí
8PI3	10	3.95 ± 1.42	11	5.11 ± 2.59	0.231	No
8PD3	10	3.94 ± 1.51	11	5.30 ± 1.99	0.121	No
8PI6	10	3.75 ± 1.17	11	5.47 ± 2.89	0.105	No
8PD6	10	3.50 ± 1.43	11	5.35 ± 2.94	0.090	No
8PIT	6	8.12 ± 3.68	9	10.51 ± 4.78	0.388	No
12PI3	10	2.98 ± 1.58	11	4.10 ± 1.81	0.192	No
12PD3	10	3.07 ± 1.97	11	4.10 ± 2.01	0.259	No
12PI6	9	2.63 ± 1.66	11	3.71 ± 2.02	0.425	No
12PD6	10	2.54 ± 1.65	11	3.65 ± 1.96	0.205	No
12PIT	2	3.60 ± 0.71	7	8.03 ± 2.56	0.111	No
12PDT	4	6.88 ± 3.26	5	7.64 ± 1.99	0.905	No
16PI3	10	2.77 ± 1.86	11	3.16 ± 1.25	0.290	No
16PD3	10	2.85 ± 1.66	11	3.47 ± 1.20	0.341	No
16PI6	9	2.34 ± 1.44	11	2.31 ± 0.97	0.909	No
16PD6	10	2.61 ± 2.28	11	2.56 ± 1.20	0.647	No
16PIT	1	6.40 ± nan	5	7.58 ± 3.57	0.667	No
16PDT	2	4.05 ± 3.18	4	8.20 ± 4.06	0.240	No
20PI3	10	2.62 ± 1.49	11	2.64 ± 1.24	0.944	No
20PD3	10	2.84 ± 1.37	11	3.05 ± 1.16	0.573	No
20PI6	9	1.89 ± 1.36	11	1.65 ± 0.97	1.000	No
20PD6	10	2.27 ± 1.94	11	1.84 ± 1.13	0.944	No
20PIT	2	8.10 ± 4.24	2	7.20 ± 1.56	1.000	No
20PDT	1	5.90 ± nan	2	4.70 ± 2.26	1.000	No