

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado
Doctorado en ciencias de la salud

Estudio de espesores óseos, gingivales e inclinaciones axiales de molares en pacientes con diferentes patrones verticales y su relación con la discrepancia transversal ósea. Análisis basado en superposición de imágenes CBCT y archivos STL

Autor:

Alejandro Zaragoza Ballester

Directores/as:

Dr. D. Raúl Ferrando Cascales

Dr. D. José María Barrera Mora

Dr. María Piedad Ramírez Fernández

Murcia, mayo de 2023

TESIS DOCTORAL



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

*Programa de Doctorado
Doctorado en ciencias de la salud*

Estudio de espesores óseos, gingivales e inclinaciones axiales de molares en pacientes con diferentes patrones verticales y su relación con la discrepancia transversal ósea. Análisis basado en superposición de imágenes CBCT y archivos STL

Autor:

Alejandro Zaragoza Ballester

Directores/as:

Dr. D. Raúl Ferrando Cascales

Dr. D. José María Barrera Mora

Dr. María Piedad Ramírez Fernández

Murcia, mayo de 2023



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D Raúl Ferrando Cascales, el Dr. D. José María Barrera Mora y la Dra María Piedad Ramírez Fernández como Directores ⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “Estudio de espesores óseos, gingivales e inclinaciones axiales de molares en pacientes con diferentes patrones verticales y su relación con la discrepancia transversal ósea. Análisis basado en superposición de imágenes CBCT y archivos STL” realizada por D. Alejandro Zaragoza Ballester en el Programa de Doctorado ciencias de la salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al Real Decreto 99/2011 de 28 de enero, en Murcia a 1 de mayo de 2023.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Raúl Ferrando Cascales'.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'José María Barrera Mora'.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'María Piedad Ramírez Fernández'.

RESUMEN

Introducción

Las diferentes fuerzas musculares que se ejercen desde vestibular y lingual pueden influir en la curva de compensación respecto a la inclinación bucolingual de los dientes posteriores. Esta fuerza puede variar en los diferentes patrones faciales verticales (mesofacial, braquifacial y dolicofacial), ya que se caracterizan por tener diferente musculatura respecto al grosor, actividad, volumen y orientación. Además, la presencia de discrepancia transversal ósea puede interferir en las necesidades de compensación dentaria bucolingual para mantener una adecuada oclusión. Esto puede alterar los espesores óseos y, juntos con los espesores gingivales, podrían mostrarse diferentes en los patrones faciales verticales con y sin discrepancia transversal ósea.

Con la aparición del CBCT (Cone-Beam Computed Tomography) y los modelos digitales de la dentición de paciente es posible integrar la información de los dos registros para realizar mediciones angulares y lineares a espesores óseos y gingivales.

Los objetivos de nuestro estudio fueron comparar las inclinaciones bucolinguales y las distancias al WALA ridge (superficie máximo contorno gingival) y WALA óseo (superficie máximo contorno óseo) de los primeros y segundos molares superiores e inferiores en los diferentes patrones faciales verticales (mesofacial, dolicofacial y mesofacial), en presencia de discrepancia transversal ósea y con la combinación patrón facial-discrepancia transversal ósea.

Material y métodos

Se analizó una muestra retrospectiva de 120 sujetos clasificados en tres grupos acorde a su patrón facial vertical mediante análisis cefalométrico (mesofacial, dolicofacial y braquifacial). Cada grupo se dividió en dos subgrupos según la presencia o ausencia de discrepancia transversal ósea medida en CBCT. Las mediciones óseas y gingivales se realizaron mediante una superposición de los archivos DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) provenientes del CBCT y los archivos STL (STereoLithography) del modelo digital de la dentición del paciente.

Resultados

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las inclinaciones bucolinguales y los diferentes patrones faciales verticales ($p > 0,05$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con una mayor inclinación a vestibular para la suma de los primeros ($20,21^\circ$ vs $9,88^\circ$) y segundos molares superiores ($31,99^\circ$ vs $23,83^\circ$) y una inclinación más negativa para los primeros ($-33,77^\circ$ vs $-27,01^\circ$) y los segundos molares inferiores ($-39,50^\circ$ vs $-32,10^\circ$) en los sujetos con discrepancia transversal ósea maxilo-mandibular. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la combinación discrepancia transversal ósea y patrón facial vertical ($p > 0,05$).

En pacientes braquifaciales la distancia desde la raíz palatina a la cortical ósea para primer molar superior derecho (1.6) fue significativamente mayor (1,27mm) que en dolicofaciales (1,06 mm) y mesofaciales (1,03 mm) respectivamente ($p < 0,05$). En pacientes braquifaciales y mesofaciales con problema transversal se encontró una mayor distancia desde la raíz mesiovestibular del primer molar superior izquierdo y desde la raíz palatina a la cortical ósea, mientras que en dolicofaciales la distancia fue significativamente menor ($p < 0,05$). Para el segundo molar inferior izquierdo (3.7) y el primer molar inferior derecho (4.6) la distancia desde la raíz mesial a la cortical ósea fue significativamente mayor en braquifaciales con discrepancia transversal ósea que el dolicofaciales con discrepancia (3.7mm Vs 2.37 mm y 1.31mm Vs 0.79 mm respectivamente) ($p < 0,05$).

No se encontraron diferencias significativas entre las distancias al tejido gingival vestibular y palatino/lingual entre los diferentes patrones faciales y la presencia/ausencia de discrepancia transversal ósea, salvo para la porción lingual de primer molar inferior izquierdo (3.6) y la vestibular del primer molar inferior derecho (4.6) donde fue significativamente mayor en braquifaciales que en dolicofaciales ($p < 0,05$).

Conclusiones

Aunque se encontraron compensaciones respecto a las inclinaciones bucolinguales en sujetos con discrepancia transversal ósea, los diferentes patrones faciales verticales no influyeron en estas compensaciones.

La presencia de discrepancia transversal ósea en pacientes braquifaciales y mesofaciales sin mordida cruzada posterior implica un mejor pronóstico para la compensación dentoalveolar que en dolicofaciales.

PALABRAS CLAVE

Instrumentos para odontología; Ciencias médicas; Inclinación bucolingual; Tomografía Computerizada Haz Cónico; Tipo facial; Discrepancia transversal; Espesor cortical.

ABSTRACT

Introduction

The different muscle forces exerted from buccal and lingual can influence the compensation curve with respect to the buccolingual inclination of the posterior teeth. These forces may vary in the different vertical facial patterns (mesofacial, brachyfacial and dolichofacial), since the latter are characterized by differences in muscle thickness, activity, volume and orientation. In addition, the presence of transverse bone discrepancy may interfere with the buccolingual dental compensation requirements for maintaining adequate occlusion. This can alter bone thickness, and along with gingival thickness, may result in differences in vertical facial patterns with and without transverse bone discrepancy.

With the introduction of cone-beam computed tomography (CBCT) and digital models of patient dentition it has become possible to integrate the information of both registries to perform angular and linear measurements of bone and gingival thicknesses.

The present study was made to compare the buccolingual inclinations and the distances to the WALA ridge (maximum gingival contour surface) and WALA bone (maximum bone contour surface) of the upper and lower first and second molars in the different vertical facial patterns (mesofacial, dolichofacial and brachyfacial), in the presence of transverse bone discrepancy and with the combination facial pattern - transverse bone discrepancy.

Material and methods

A retrospective study was made of 120 subjects divided into three groups according to their vertical facial pattern, based on cephalometric analysis (mesofacial, dolichofacial and brachyfacial). Each group in turn was divided into two subgroups according to the presence or absence of transverse bone discrepancy measured by CBCT. The bone and gingival measurements were made by superpositioning of the Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) files from the CBCT scans and the Stereolithography (STL) files of the digital model of the patient dentition.

Results

There were no statistically significant differences between the buccolingual inclinations and the different vertical facial patterns ($p > 0.05$). Significant differences were found ($p < 0.05$) with a greater buccal inclination for the sum of the upper first (20.21° vs 9.88°) and second molars (31.99° vs 23.83°), and a more negative inclination for the lower first (-33.77° vs -27.01°) and second molars (-39.50° vs -32.10°), in the subjects with maxillary-mandibular transverse bone discrepancy. No statistically significant differences were found in the combination transverse bone discrepancy and vertical facial pattern ($p > 0.05$).

In brachyfacial patients, the distance from the palatine root to the cortical layer in the case of the right upper first molar (1.6) was significantly greater (1.27 mm) than in dolichofacial (1.06 mm) and mesofacial individuals (1.03 mm), respectively ($p < 0.05$). In brachyfacial and mesofacial patients with transverse problems, a greater distance was observed from the mesiovestibular root of the left upper first molar and from the palatine root to the cortical layer, while in dolichofacial individuals the distance was significantly smaller ($p < 0.05$). In the case of the left lower second molar (3.7) and the right lower first molar (4.6), the distance from the mesial root to the cortical layer was significantly greater in brachyfacial subjects with transverse bone discrepancy than in dolichofacial patients with transverse bone discrepancy (3.7 mm vs 2.37 mm and 1.31 mm vs 0.79 mm, respectively) ($p < 0.05$).

No significant differences were found between the distances to the buccal and palatine / lingual gingival tissue between the different facial patterns and the presence or absence of transverse bone discrepancy – except for the lingual portion of the left lower first molar (3.6) and the buccal portion of the right lower first molar (4.6), where the values were significantly greater in the brachyfacial subjects than in the dolichofacial individuals ($p < 0.05$).

Conclusions

Although compensations were found regarding the buccolingual inclinations in patients with transverse bone discrepancy, the different vertical facial patterns did not influence these compensations.

The presence of transverse bone discrepancies in brachyfacial and mesofacial subjects without posterior crossbite implies a better prognosis for dentoalveolar compensation than in dolichofacial individuals

Keywords: Instruments for dentistry; Medical sciences; Buccolingual inclination; Bone-beam computed tomography; Facial patterns; Transverse discrepancy; Cortical thickness.

AGRADECIMIENTOS

A mi mujer, Carla por el apoyo incondicional durante este largo proceso.
Dándome los consejos necesarios para no decaer y haciéndome cada día
sentir que todo es posible.

A mis hijas Carlota y Claudia que son el motor de mi vida, siempre con una
sonrisa y con su felicidad acompañándome día a día.

A, mis padres que siempre me han inculcado el esfuerzo y la perseverancia
como modelo. Mis hermanos Jose y Patricia colaborando en todo aquello
que necesitase.

Al doctor Raúl Ferrando, que siempre estuvo apoyándome y motivándome
para poder terminar este trabajo

Al doctor J.María Barrera por sus buenos consejos e ideas que me ayudaron
a poder arrancar con este Proyecto.

A la doctora M.Piedad por su colaboración y sus conocimientos.

A mis compañeros de la Unidad de Ortodoncia: Ana López, Berta Martínez,
Juan Gallego, Noelia López, Ana Mora y Miriam García.

“La Ortodoncia puede parecer poco y en el esquema completo de la vida puede parecer insignificante; pero los ortodontistas desarrollamos una función única para la humanidad. Contribuimos al confort de la gente, a su felicidad y a su sentido de bienestar. Tocamos profundamente el corazón de la cultura actual. Las caras, ojos, bocas y dientes nos ayudan a relacionarnos y comunicarnos unos con otros y, más importante, a establecer nuestra propia identidad. Esto lleva a la felicidad, al amor, y a un sentido de logro y propósito, lo cual es la verdadera esencia de nuestra existencia. La buena ortodoncia es una contribución al bienestar de la humanidad. Tiene un elemento de inmortalidad. Su espíritu es bueno y su propósito justo”

Dr. Robert Ricketts (1920-2003)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	7
PALABRAS CLAVE.....	9
ABSTRACT	11
AGRADECIMIENTOS	15
ÍNDICE GENERAL.....	19
SIGLAS Y ABREVIATURAS.....	23
I - INTRODUCCIÓN.....	43
1.1. Concepto de oclusión normal y maloclusión.....	43
1.1.1. Clave 1. Relación molar	46
1.1.2. Clave 2. Angulación de la corona	47
1.1.3. Clave 3. Inclinación de la corona (torque)	47
1.1.4. Clave 4. Rotaciones de los dientes	48
1.1.5. Clave 5. Puntos de contacto. Espacios y diastemas.....	48
1.1.6. Clave 6. Curva de Spee.....	48
1.1.7. Relación incisal	49
1.2. Determinantes de la posición dental.....	50
1.2.1. Curvas oclusales de compensación	53
1.2.1.1. Curva de Spee	57
1.2.1.2. Curva de Wilson.....	58
1.2.1.3. Curvas oclusales y trastornos temporomandibulares.....	62
1.2.2. Tonicidad de los tejidos blandos circundantes	63
1.3. Biotipo facial y su relación con la posición dental	66
1.3.1. Patrón braquifacial.....	67

1.3.2.	Patrón mesofacial	67
1.3.3.	Patrón dolicofacial.....	68
1.4.	Ubicación anatómica del WALA RIDGE y su relación con la forma de arcada.....	70
1.5.	Análisis transversal maxilo-mandibular	78
1.5.1.	Discrepancia transversal ósea y/o dentoalveolar.....	78
1.5.2.	Posición de los molares en relación a su base ósea	90
1.5.3.	Tratamiento de la discrepancia transversal.....	96
1.5.4.	Efectos dentoalveolares de la expansión maxilar	101
1.5.5.	Expansión maxilar y salud periodontal	104
1.6.	CONE BEAM.....	108
1.6.1.	Características del sistema	108
1.6.2.	Formación de la imagen en el CBCT y procesamiento de los datos	113
1.6.3.	Ventajas del CBCT sobre el TC.....	114
1.6.4.	Limitaciones del CBCT	116
1.6.5.	Limitaciones y responsabilidades asociadas con el uso de CBCT en ortodoncia	116
1.6.6.	Aplicaciones del CBCT en odontología	117
1.6.7.	Aplicaciones y beneficios del CBCT en ortodoncia.....	118
1.6.8.	Dosis de radiación del CBCT en ortodoncia.....	119
1.6.9.	¿Cómo minimizar la dosis de radiación a nuestros pacientes?	121
1.6.10.	Justificación del uso del CBCT en ortodoncia y en la población infantil	121
1.7.	Modelos digitales en ortodoncia	123
1.8.	Superposición de modelos digitales y CBCT	126
II -	JUSTIFICACIÓN	133
III -	OBJETIVOS.....	139

IV -	MATERIAL Y MÉTODO	143
4.1.	Ámbito del estudio	143
4.2.	Diseño del estudio	143
4.2.1.	Selección del diseño	143
4.2.2.	Variables	143
4.2.3.	Criterios de inclusión/exclusión.....	165
4.2.3.1.	Criterios de inclusión:.....	165
4.2.3.2.	Criterios de exclusión	165
4.2.4.	Composición de la muestra	166
4.2.4.1.	Tipo de muestra y tamaño	166
4.2.4.2.	Protocolo de intervención y recogida de la información.....	168
4.2.4.3.	Calibración del método	168
V -	RESULTADOS.....	171
5.1.	Relación entre el patrón facial y la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores e inferiores.....	172
5.2.	Relación entre la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores e inferiores y la discrepancia transversal	173
5.3.	Relación entre la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores y la discrepancia transversal ósea en patrones mesofaciales, dolicofaciales y braquifaciales.	177
5.4.	Correlación entre la inclinación bucolingual y las distancias óseas V y P en molares superiores y las distancias óseas L y V en molares inferiores	181
5.4.1.	Molares superiores.....	181
5.4.2.	Molares inferiores.....	182
5.5.	Relación entre las mediciones lineales de primeros y segundos molares superiores e inferiores y los patrones, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.	183
5.5.1.	Molares superiores.....	183

5.5.2.	Molares inferiores.....	194
5.6.	Relación entre las mediciones transversales y los patrones y la discrepancia.....	204
VI -	DISCUSIÓN.....	211
6.1.	Metodología de análisis de la inclinación axial, discrepancia transversal, distancias óseas y gingivales.....	212
6.2.	Relación entre la inclinación axial de molares y patrón facial vertical	214
6.3.	Inclinación axial de molares en los diferentes patrones faciales verticales y la discrepancia transversal ósea	216
6.4.	Inclinación axial de molares y distancias óseas-gingivales en los diferentes patrones faciales verticales con y sin discrepancia transversal ósea	219
6.5.	Inclinación axial de molares y distancias gingivales en los diferentes patrones faciales verticales con y sin discrepancia transversal ósea	230
VII -	CONCLUSIONES	235
VIII -	LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	239
IX -	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	243
X -	ANEXOS	267

SIGLAS Y ABREVIATURAS

2D Dos Dimensiones

3D Tres Dimensiones

ADN Ácido Desoxirribonucleico

AG Antegonial

ALADAIP As Low as Diagnostically Aceptable being Indication-oriented and Patien-specific

ALARA As Low As Reasonably Achievable

ABO American Board of Orthodontics

ATM Articulación temporomandibular

Ba Basion

CBCT Cone-Beam Computed Tomography

CCD charge-coupled device

CT Computerized Tomography

Dc centro del cóndilo

DICOM Digital Imaging and Communications in Medicine

DIMITRA Dentomaxillofacial paediatric imagin: an investigation towards low-dose radiation induced risks

DT Desviación Típica

DV Distovestibular

EADMFR Academia Europea de Radiología Dental y Maxilofacial

ENA Espina Nasal Anterior

(EVCC) Eje vestibular de la corona clínica

EV Eje vestibular

FA Facial Axis

FOV Field Of View

Fr Frankfort

Gn Gnation

ICC Coeficiente de Correlación Intraclase

IC Intervalo de confianza

IQR Rango intercuartílico

JL Jugal Left

JR Jugal Righth

Kvp Kilovoltaje

L Lingual

mA miliamperaje

MARPE Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion

Md Mandibular

MV Mesiovestibular

MX Punto maxilar superior, jugal

Na Nasion

Pg Pogonion

Pm Protuberanciamenti

P Palatino

RME Rapid Maxilar Expansion

ROI Region Of Interest

SARPE Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion

STL STereoLithography

TTM Trastorno temporomandibular

UCAM Universidad Católica de Murcia

V Vestibular

WALA Will Andrews Lawrence Andrews

Xi Centroides mandibular

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Ilustración de las relaciones dentarias anteroposteriores normales en una oclusión óptima descrita por Angle². b) Representación de la línea de oclusión descrita por Angle. Fuente: figura personal..... 44

Figura 2. Localización del eje vestibular (EV). Fuente: Bravo LA¹..... 45

Figura 3. Ejes vestibulares de la corona clínica de premolares, caninos, incisivos y molares. Fuente: Bravo LA¹ 45

Figura 4. Angulación de la corona. Izquierda, angulación positiva y derecha angulación negativa. Fuente: Bravo LA¹..... 45

Figura 5. Inclinação de la corona. Derecha inclinación negativa e izquierda inclinación positiva. Fuente: Bravo LA¹..... 46

Figura 6. Representación de la medición de la concavidad de la curva de Spee inferior en a) y superior en b). Fuente: figura personal. 49

Figura 7. Resalte y sobremordida. Fuente: figura de archivo..... 49

Figura 8. Representación del solapamiento normal de la arcada superior sobre la inferior en a); el resalte anterior y el extremo distal en b). Fuente: figura personal..... 50

Figura 9. Posición neutra o espacio neutro. Sería la posición de los dientes cuando las fuerzas se encuentran en equilibrio entre las vestibulares (labio y mejillas) y las linguales. Esta posición se encuentra tanto en dientes anteriores como posteriores. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶..... 51

Figura 10. A, alineación normal de la arcada y los dientes. B, tras la pérdida de un primer molar mandibular, el segundo y tercer molar mandibular sufren una mesialización, el segundo premolar se distaliza y el primer molar antagonista se extruye. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶..... 52

Figura 11.	Angulación de los dientes mandibulares y maxilares, tanto anteriores como posteriores. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	53
Figura 12.	Curva de Spee. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	54
Figura 13.	Inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores mandibulares y maxilares. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	54
Figura 14.	Curva de Wilson en la arcada mandibular. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	55
Figura 15.	Representación del triángulo equilátero de Bonwill ¹⁷	56
Figura 16.	Orientación de las fibras musculares del pterigoideo medial. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	58
Figura 17.	En los dientes posteroinferiores, la inclinación lingual permite la mejor entrada del alimento desde la lengua a la tabla oclusal, una vez dentro las cúspides vestibulares más elevadas lo retienen. Desde vestibular, la mayor inclinación a vestibular de los dientes posterosuperiores permite una fácil entrada del alimento “empujado” por el bucinador, una vez dentro el alimento es retenido por las cúspides linguales más altas. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶	59
Figura 18.	Representación de las fuerzas que se ejercen de vestibular a lingual y viceversa, las cuales llevan a los dientes a una estabilización activa. Fuente: William R. Proffit ³⁵	64
Figura 19.	En a) lingualización típica de incisivos superiores en una clase II división 2 ^a . En b) lingualización típica de incisivos inferiores en una clase III. Fuente: archivo personal.....	65
Figura 20.	Proinclinación típica de una clase II división 1 ^a donde el labio inferior se interpone por lingual de los incisivos superiores alterando la posición de equilibrio. Fuente: archivo personal.....	65
Figura 21.	Proinclinación de los incisivos superiores en una relación de clase I dental debido a un hábito de interposición del labio inferior entre los incisivos de ambas arcadas. Fuente: archivo personal.	66
Figura 22.	Patrón braquifacial, véase la morfología cuadrada mandibular, con ángulo goníaco reducido y eje facial aumentado, en este caso de 101°. Fuente: archivo personal.....	67

Figura 23. Patrón mesofacial, donde se muestra una dirección de crecimiento con un eje facial próximo a 90°, en este caso un eje facial de 89°. Fuente: archivo personal..... 68

Figura 24. Patrón dolicofacial, véase la morfología mandibular, con ángulo goníaco aumentado y eje facial disminuido, en este caso de 81°. Esto genera tendencia a la mordida abierta anterior y al aumento de la dimensión vertical del tercio inferior. Fuente: archivo personal..... 68

Figura 25. Visión oclusal donde podemos visualizar WALA ridge y los puntos del centro de la corona clínica (puntos EV o puntos FA) desde donde se realiza la proyección a la cresta WALA para medir las distancias y así determinar el límite de expansión dental inferior. Tomado de Andrews LF⁵⁰. 72

Figura 26. Representación de la línea WALA ridge como la línea de máximo contorno óseo. Fuente: archivo personal. 73

Figura 27. Representación del ancho mandibular en A y del ancho maxilar en B. Puntos Yugales (JR-JL) y puntos antegoniales (AG-GA). Fuente: Gregoret J.³⁹. ... 79

Figura 28. Distancia medida desde el punto maxilar JR al plano frontofacial ZR/AG. Esta medida también se debe hacer en lado izquierdo del mismo modo. Fuente: Gregoret J.³⁹. 79

Figura 29. Vista oclusal de la ubicación del WALA ridge. Fuente: archivo personal..... 81

Figura 30. Determinación de las distancias WALA-WALA y FA-FA mandibulares. Fuente: Tamburrino RK et al. ⁷⁰..... 81

Figura 31. Determinación de la distancia FA-FA maxilar y el cambio estimado al enderezar los molares. Fuente: Tamburrino RK et al. ⁷⁰. 82

Figura 32. Dimensión transpalatina maxilar, medida en la intersección del surco lingual con el margen gingival. Fuente: James A. Mcnamara Jr.⁷¹. 82

Figura 33. Dimensión transpalatina ideal de un paciente adulto y de un paciente con dentición mixta (corte frontal). Fuente: James A. Mcnamara Jr.⁷¹. 83

Figura 34. Representación de un maxilar con compresión, con una dimensión transpalatina de Mcnamara de 29 mm. Véase como en A no existe una mordida cruzada posterior debido a la compensación dentoalveolar de los molares

- inferiores, los cuales se encuentran muy inclinados lingualmente. En B, después de la descompensación dentoalveolar de la arcada inferior se muestra la mordida cruzada posterior bilateral anteriormente camuflada. Fuente: James A. Mcnamara Jr.⁷¹..... 83
- Figura 35.** Corte coronal o frontal a nivel de los primeros molares. Las raíces de los molares maxilares y mandibulares deben estar en el centro de la medular ósea. Véase como los molares superiores tienen una ligera inclinación a vestibular y los inferiores a lingual. Fuente: Chung CH⁶⁷..... 85
- Figura 36.** En A, Dimensión transversal maxilar y mandibular medida a nivel medio del hueso alveolar. En B, inclinación bucolingual de los molares superiores e inferiores. Fuente: Miner RM et al.⁶³..... 85
- Figura 37.** A, grupo control. B, grupo con convergencia superior. C, grupo con convergencia inferior. Fuente: Miner RM et al.⁶³..... 86
- Figura 38.** Representación y ubicación de los puntos de referencia maxilar (puntos MX) y puntos de referencia mandibular (puntos WALA) para establecer la discrepancia transversal. Fuente: Tamburrino RK et al.⁷⁰..... 88
- Figura 39.** Ubicación del punto WALA ridge en la misma línea horizontal que el centro de resistencia de los molares inferiores. Fuente: Glass TR et al.⁸⁰..... 88
- Figura 40.** Para la determinación del punto WALA es preferible la visión en el corte axial al corte coronal para reducir los errores. Fuente: Tamburrino RK et al.⁷⁰..... 89
- Figura 41.** Análisis de la discrepancia transversal ósea basado en CBCT de la Universidad de Pennsylvania. Fuente: Tamburrino RK et al.⁷⁰..... 90
- Figura 42.** Ángulo de convergencia para los molares superiores e inferiores, formado por la intersección de los ejes axiales de los molares superiores e inferiores. Fuente: Yang B et al.¹²..... 92
- Figura 43.** Inclinación bucolingual de los primeros molares superiores e inferiores en un corte frontal del CBCT. Fuente: Alkhatib R et al.⁸⁸..... 93
- Figura 44.** Corte coronal o frontal a nivel de los primeros molares. Las raíces de los molares maxilares y mandibulares deben estar en el centro de la medular ósea.

Véase como los molares superiores tienen una ligera inclinación a vestibular y los inferiores a lingual. Fuente: Chung CH ⁶⁷..... 94

Figura 45. Cuando las puntas cuspídeas contactan con las superficies planas, la fuerza resultante sigue una dirección vertical a través de los ejes longitudinales de los dientes. Este tipo de fuerza es bien aceptada por el ligamento periodontal (LP). Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶..... 94

Figura 46. Movimiento de lateralidad izquierda, donde las vertientes internas de las cúspides palatinas superiores deben contactar con las vertientes internas de las cúspides vestibulares inferiores en el lado de no trabajo, facilitando la disclusión. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶..... 95

Figura 47. Representación del contacto sobre planos inclinados, la dirección de la fuerza no sigue los ejes longitudinales de los dientes. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶..... 95

Figura 48. Disyuntor Hyrax a cuatro bandas en primeros premolares y primeros molares. Véase como después de 15 días de activación transversal a 0,5mm al día se ha conseguido la apertura de la sutura media palatina, reflejándose en la apertura del diastema interincisivo. Fuente: archivo personal. 97

Figura 49. Diagrama esquemático de las 5 etapas de maduración ósea, donde se representan las diferentes morfologías de la sutura desde la etapa A hasta la E. Fuente: Angelieri F et al. ¹⁰²..... 98

Figura 50. Disyuntor híbrido desarrollado por Benedict Wilmes. En este caso se añaden ganchos para tracción maxilar. Fuente: archivo personal. 100

Figura 51. Disyuntor de Won Moon, procedimiento de colocación. Fuente: Brunetto DP et al. ¹¹²..... 100

Figura 52. Diagrama representativo antes y después de la RME a nivel de los primeros molares maxilares, donde se muestran los tres componentes de la expansión total. Fuente: Garrett BJ et al. ⁹⁹. 102

Figura 53. Véase como en este paciente, la distancia de la raíz mesiovestibular es de 0.72mm a la cortical vestibular, mientras que la distancia de la raíz distovestibular es de 2,6 mm. A nivel gingival, puede observarse la aparición de la recesión gingival en la zona mesial del primer molar. Fuente: archivo personal..... 105

- Figura 54.** La adquisición de una imagen 2D de un elemento 3D genera problemas de superposición y distorsión. Fuente: Venkatesh E et al. ¹³¹. 108
- Figura 55.** El sombreado rojo representa el campo de visión esférico y el sombreado azul el campo de visión de forma cilíndrica. Fuente: Molen AD ¹³⁴. 109
- Figura 56.** Un ejemplo de artefacto debido al movimiento. Véase el sombreado del borde posterior de la rama mandibular que indican las flechas. Fuente: Molen AD ¹³⁴. 111
- Figura 57.** Reconstrucción generada por la adquisición de datos provenientes de un escaneado mediante CBCT. Fuente: Baumrind S ¹³⁶. 112
- Figura 58.** Diferencias entre el tipo de escaneado con haz plano en la TC y con haz de tipo cónico en CBCT. Fuente: Zamora Martínez N et al. ¹³⁷. 113
- Figura 59.** Representación de los diferentes FOV y las situaciones clínicas para las que podría ser utilizado. Fuente: Venkatesh E et al. ¹³¹. 115
- Figura 60.** Modelos tridimensionales intraorales, zocalados mediante software y obtenidos mediante el escaneado de modelos de escayola. Fuente: archivo personal. 124
- Figura 61.** Modelos de escayola convencionales en A; modelos de arcada inferior físico obtenido mediante impresión 3D en B; modelo digital de arcada inferior con medidas de anchura intermolar, intercanina y mesiodistal en C. Fuente: Aly P et al. ¹⁵⁷. 126
- Figura 62.** Representación de escaneado con el CBCT en a; escaneado intraoral de la dentición maxilar y mandibular en b; vista corte seccional de la fusión del modelo digital de la dentición y el CBCT en c; vista frontal del resultado de la unión del modelo digital y el CBCT en d. Fuente: Baan F et al. ¹⁵⁹. 127
- Figura 63.** Marcadores referencia no anatómicos utilizados para la superposición de la dentición en la reconstrucción del CBCT. Fuente: Gateno J et al. ¹⁶⁵. 128
- Figura 64.** Puntos de referencia anatómicos utilizados para superponer el modelo digital con la reconstrucción del CBCT. Fuente: Park JH et al. ¹⁶⁸. 128
- Figura 65.** Reconstrucción volumétrica del CBCT en A. Corte frontal a nivel de los primeros molares en B. Superposición del CBCT con el modelo digital de la

arcada superior en C. Corte frontal del CBCT donde se puede apreciar la superposición del modelo digital (línea amarilla) con el CBCT en D. Véase cómo es posible la fácil determinación de mayor profundidad del surco oclusal mediante esta superposición. Fuente: archivo personal. 130

Figura 66. Superposición de un modelo digital de la arcada superior en el CBCT para realizar mediciones lineales a las corticales óseas y gingivales, tanto vestibulares como linguales. Fuente: archivo personal. 130

Figura 67. Medición del ángulo del eje facial de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹. 145

Figura 68. Medición del ángulo de la altura facial inferior de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹. 146

Figura 69. Medición de la profundidad facial de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹. 146

Figura 70. Medición del ángulo del plano mandibular de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹. 147

Figura 71. Arco mandibular de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹. 147

Figura 72. Determinación del ancho maxilar y mandibular en la vista frontal para el maxilar y en la vista axial para la mandíbula. En este caso la discrepancia maxilo-mandibular es de 57,07mm para el maxilar y de 49,55mm para la mandíbula, por lo que $57,07-49,55 = +7,52\text{mm}$. Lo ideal sería +5 mm por lo que en este caso existe un exceso transversal a favor del maxilar superior. Fuente: archivo personal. 149

Figura 73. Vista sagital, el plano oclusal anatómico se alineó paralelamente respecto a la sagital de referencia que es paralela al suelo. Fuente: archivo personal. 150

Figura 74. Vista coronal, se orientó de forma paralela a la horizontal de referencia, la cual es paralela al suelo. Fuente: archivo personal. 151

Figura 75. Vista axial, el CBCT se ubicó haciendo coincidir espina nasal anterior (ENA) con una línea vertical que es perpendicular a la horizontal de referencia. Fuente: archivo personal. 151

- Figura 76.** Representación del paso inicial para la superposición de modelos digitales y CBCT en el maxilar superior mediante el marcado por puntos en ambos archivos. Véase como se utilizan las diferentes vistas de CBCT para aumentar la precisión en el marcado de la estructura de referencia. Fuente: archivo personal..... 152
- Figura 77.** Representación del paso inicial para la superposición de modelos digitales y CBCT en la mandíbula mediante el marcado por puntos en ambos archivos. Véase como se utilizan las diferentes vistas de CBCT para aumentar la precisión en el marcado de la estructura de referencia. Fuente: archivo personal..... 152
- Figura 78.** Marcado de la superficie anterior tanto en el maxilar superior como en la mandíbula para el ajuste final del modelo digital al CBCT. Fuente: archivo personal..... 153
- Figura 79.** Representación de la integración completada del modelo digital al CBCT. La línea amarilla representaría el contorno del modelo de la dentición integrado en el CBCT. Fuente: archivo personal. 153
- Figura 80.** Línea WALA-WALA en A y perpendicular a la línea WALA-WALA junto con los ejes de los primeros molares superiores en B. Fuente: archivo personal..... 154
- Figura 81.** Medición del ángulo de inclinación del primer molar superior derecho en A y del izquierdo en B. Fuente: archivo personal. 154
- Figura 82.** Ejes de los primeros molares inferiores y líneas de referencia para la medición de su angulación. Fuente: archivo personal..... 155
- Figura 83.** Medición del ángulo del primer molar inferior derecho e izquierdo. Fuente: archivo personal. 156
- Figura 84.** Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 157
- Figura 85.** Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz mesio-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor

prominencia ósea (WALA óseo). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal 158

Figura 86. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia gingival (punto WALA). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 158

Figura 87. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la cortical ósea palatina sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 159

Figura 88. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la superficie externa gingival palatina. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 159

Figura 89. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior derecho hasta la cortical ósea vestibular. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 162

Figura 90. Medición de la distancia lineal hasta la parte gingival vestibular de pieza 4.6. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 162

Figura 91. Medición de la distancia lineal hasta la cortical ósea lingual de pieza 4.6 desde raíz mesio-lingual. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 163

Figura 92. Medición de la distancia lineal hasta la porción gingival lingual de pieza 4.6 desde raíz mesio-lingual. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal. 163

Figura 93. ICC (Coeficiente de correlación intraclase) que determinó el error intraexaminador. 171

Figura 94. Representación de los porcentajes de discrepancia que determinó el error intraexaminador. 171

- Figura 95.** La gráfica de dispersión muestra que los diferentes patrones no cambian la relación entre las tres variables de respuesta. Por ejemplo, para una puntuación de inclinación de un diente específico, todos los patrones tienen una puntuación similar. 173
- Figura 96.** Valores medios de inclinación bucolingual de molares superiores con y sin discrepancia esquelética maxilo-mandibular. 175
- Figura 97.** Valores medios de inclinación bucolingual de molares inferiores con y sin discrepancia esquelética maxilo-mandibular. 175
- Figura 98.** Véase como para los molares superiores se dio una correlación negativa, de tal forma que para unos valores de discrepancia transversal ósea más negativos las inclinaciones eran mayores. En los molares inferiores se dio una correlación positiva, donde ante unos valores de discrepancia más negativos las inclinaciones eran más negativas. 176
- Figura 99.** Relación entre las inclinaciones bucolinguales de primeros molares superiores (A) y de segundos molares superiores (B) en los diferentes patrones faciales en presencia o ausencia de discrepancia transversal. Se observa cómo los valores de la suma de los primeros molares superiores para el patrón dolicofacial son más elevados que en el resto de patrones (línea roja) en presencia de discrepancia transversal, siendo iguales para la ausencia de discrepancia, por lo que la diferencia entre discrepancia y no discrepancia tiende a ser mayor en el patrón dolicofacial. Para los segundos molares superiores se observa cómo las tres líneas son aproximadamente paralelas lo que indica que las diferencias en los valores de inclinación en presencia o no de discrepancia son análogas entre patrones. 180
- Figura 100.** Relación entre las inclinaciones bucolinguales de primeros molares inferiores (A) y de segundos molares inferiores (B) en los diferentes patrones faciales en presencia o no de discrepancia transversal. Se observa como las tres líneas (patrones) son aproximadamente paralelas lo que indica que las diferencias en los valores de inclinación entre discrepancia y no discrepancia son análogas entre patrones. 180
- Figura 101.** Véase como, en los segundos molares superiores, mayores valores de inclinación implicaron menor distancia de la raíz palatina a la cortical ósea. 182

- Figura 102.** Para lo segundos molares inferiores (37 y 47), a medida que nos encontramos con valores de inclinación más positivos (molar más enderezado) implicaron menor distancia de la raíz mesiovestibular a la cortical ósea..... 183
- Figura 103.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 1.6 y 1.7 según patrón facial..... 184
- Figura 104.** Valores medios y desviación estándar para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 2.6 y 2.7 según patrón facial..... 184
- Figura 105.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 1.6 y 1.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea..... 185
- Figura 106.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 2.6 y 2.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea..... 185
- Figura 107.** Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la distancia para la raíz mesiovestibular en el primer molar superior derecho (26-ósea MV) fue mayor en los patrones braquifaciales y mesofaciales, siendo menor para los dolicofaciales..... 186
- Figura 108.** Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la distancia para la raíz palatina en el primer molar superior derecho (26-ósea P) fue mayor en los patrones braquifaciales y mesofaciales, siendo menor para los dolicofaciales..... 187
- Figura 109.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 3.6 y 3.7 según patrón facial..... 194
- Figura 110.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 4.6 y 4.7 según patrón facial..... 194
- Figura 111.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 3.6 y 3.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea..... 195
- Figura 112.** Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 4.6 y 4.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea..... 195
- Figura 113.** Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular en el segundo molar inferior izquierdo (37-ósea V) fue mayor en los patrones braquifaciales, menor en dolicofaciales e igual en mesofaciales..... 196

- Figura 114.** En presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular en el primer molar inferior derecho (46-ósea V) fue mayor en los patrones braquifaciales, menor en dolicofaciales y mesofaciales..... 197
- Figura 115.** En presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular a punto de mayor prominencia gingival en el primer molar inferior derecho (46-GINGIVAL V) fue mayor en los patrones braquifaciales, igual en dolicofaciales y menor en mesofaciales..... 197
- Figura 116.** Valores medios para el maxilar y la mandíbula en los diferentes patrones faciales. 207
- Figura 117.** Valores medios para el maxilar y la mandíbula en presencia y ausencia de discrepancia transversal. 207
- Figura 118.** Determinación de M1 y M2. Fuente: Masumoto et al.¹⁷⁴. 228
- Figura 119.** Medición de espesor medular y cortical. Fuente: Horner et al.⁹⁵.... 230
- Figura 120.** Mediciones de espesor gingival utilizando superposicion CBCT y modelo digital (STL). Fuente: Kim et al.¹⁸⁵..... 231

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Principales características y diferencias entre TC y CBCT	114
Tabla 2.	Determinación del biotipo facial según resultado VERT.	148
Tabla 3.	Representación de un ejemplo de cómo obtener el resultado VERT para el biotipo facial.....	148
Tabla 4.	Número de sujetos y distribución final de la muestra.....	167
Tabla 5.	Inclinaciones bucolinguales de molares superiores e inferiores en los diferentes patrones faciales. Valores de inclinación. Media \pm SD (desviación estándar).....	172
Tabla 6.	Inclinación bucolingual en molares superiores e inferiores con y sin discrepancia transversal maxilo-mandibular. Media y \pm SD.	174
Tabla 7.	Correlación de Pearson para la discrepancia transversal Mx-md y las inclinaciones bucolinguales de molares superiores.	176
Tabla 8.	Correlación de Pearson para la discrepancia transversal Mx-md y las inclinaciones bucolinguales de molares inferiores.	176
Tabla 9.	Inclinaciones bucolinguales (en grados) en los diferentes patrones con y sin discrepancia transversal.....	178
Tabla 10.	Correlaciones para inclinación y distancias óseas en molares superiores.....	181
Tabla 11.	Correlaciones para inclinación y distancias óseas en molares inferiores.....	182
Tabla 12.	Valores medios (mm) de las distancias óseas y gingivales para las piezas 1.6 y 1.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.....	188
Tabla 13.	Valores medios (mm) de las distancias óseas y gingivales para las piezas 2.6 y 2.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.....	191

Tabla 14. Valores medios (mm) de las distancias óseas y gingivales para las piezas 3.6 y 3.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.....	198
Tabla 15. Valores medios de las distancias óseas y gingivales para las piezas 4.6 y 4.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.	201
Tabla 16. Valores medios (mm) con su SD del maxilar, mandíbula y diferencia maxilar-mandíbula según patrón facial, presencia de discrepancia transversal y combinación patrón-discrepancia transversal.	205

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dictamen del comité de ética de la Universidad Católica de Murcia ... 267

I – INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

1.1. CONCEPTO DE OCLUSIÓN NORMAL Y MALOCLUSIÓN

Cuando hablamos de oclusión dentaria nos referimos a las relaciones que se establecen al poner en contacto los dientes de ambas arcadas. La oclusión “normal”, hoy día se admite como una situación donde todos los dientes están presentes y ocluyen de manera saludable, estable y satisfactoria, a pesar de presentar variaciones en la posición dental ideal. El concepto de oclusión “ideal” implica un concepto de perfección, en cuanto a la posición dental y oclusal. Aunque esta perfección raramente se observa en la naturaleza siempre es aconsejable tener un patrón oclusal ideal en mente a la hora de planificar nuestros tratamientos, pudiendo incluso admitir una disposición dentaria final que no sea ideal, pero estable y funcional en la cara de una persona en particular, es decir, lo óptimo para esa persona¹.

Dentro del concepto de normalidad oclusal, debemos incluir la normalidad funcional, es decir, los movimientos excursivos de lateralidad y protrusión que se producen durante la masticación deben de ser funcionalmente aceptables. Por ello, al igual que otras especialidades de la odontología, no debemos sólo analizar la oclusión “estática” sino también la “dinámica”, ya que podemos encontrar oclusiones estáticas perfectas pero que no son funcionalmente tolerables.

Edward Angle², fue el primero que, analizando cráneos humanos e individuos vivos, describió los rasgos de la oclusión normal. Utilizó como referencia la posición de la cúspide mesio-vestibular de los primeros molares maxilares y el surco vestibular principal de los primeros molares mandibulares. Si dicha cúspide coincidía anteroposteriormente con el surco y además los dientes se disponían siguiendo una suave línea de oclusión, obtendríamos una oclusión normal. La línea de oclusión pasaría a través de las fosas de los molares y premolares superiores, y oclusalmente a los cúngulos de caninos e incisivos de la arcada superior. La misma línea se correspondería con las cúspides vestibulares y bordes incisales de los dientes de la arcada inferior (Figura 1).

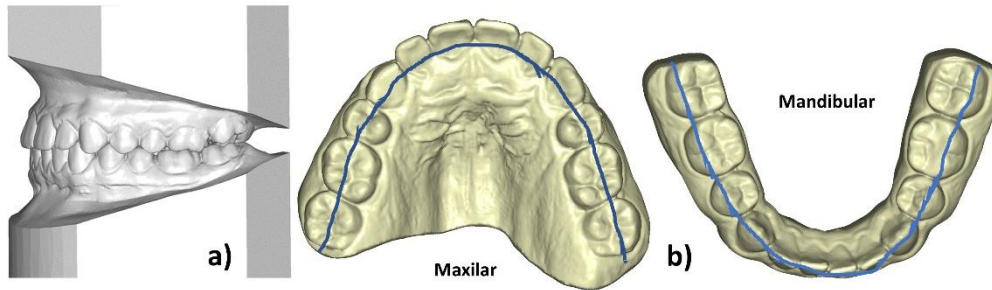


Figura 1. a) Ilustración de las relaciones dentarias anteroposteriores normales en una oclusión óptima descrita por Angle². b) Representación de la línea de oclusión descrita por Angle. Fuente: figura personal.

Mediante esta definición de oclusión normal descrita por Angle se consiguió un modelo mediante el cual juzgar las maloclusiones y al mismo tiempo obtener un objetivo final oclusal al que aspirar al finalizar la ortodoncia. Sin embargo, una relación anteroposterior correcta del primer molar maxilar en relación al primer molar mandibular no siempre conlleva haber encontrado una oclusión correcta y satisfactoria. Por ello, Andrews³ en su famoso artículo de 1972 “seis claves para la oclusión normal”, describe las principales características o “claves” que tienen las oclusiones que pueden considerarse “óptimas”. Para ello, recopiló modelos de estudio que tuviesen los siguientes criterios oclusales:

- Apariencia correcta en alineación y mordida.
- No haber sido sometido a tratamiento ortodóncico previo.
- No necesidad de corrección ortodóncica en ningún aspecto a juicio de Andrews.

Encontró 120 modelos con estos criterios, pertenecientes a pacientes con oclusiones perfectas desde el punto de vista anatómico y funcional, que no podían ser mejoradas con terapia ortodóncica, siendo la base de su investigación. Para validar las seis “claves” recopiló más modelos de estudio de ortodoncistas reconocidos y comparó si estas características estaban presentes.

Para comprender las seis claves debemos definir una serie de términos:

- Punto del eje vestibular (EV). Separa la mitad gingival de la mitad oclusal de la corona (Figura 2).



Figura 2. Localización del eje vestibular (EV). Fuente: Bravo LA¹.

- Eje vestibular de la corona clínica (EVCC) que se define en dos planos (Figura 3):
 - a) Como el eje longitudinal coronario.
 - b) Como el eje tangente a la cara vestibular por el punto EV.



Figura 3. Ejes vestibulares de la corona clínica de premolares, caninos, incisivos y molares. Fuente: Bravo LA¹.

- Angulación de la corona. Es el ángulo formado por el eje vestibular de la corona clínica (EVCC) y una línea perpendicular al plano que pase por el punto EV (Figura 4).

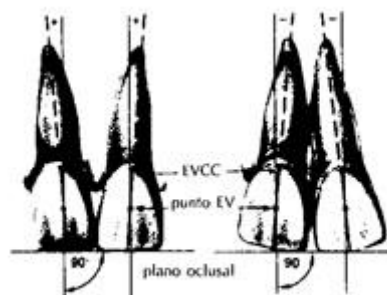


Figura 4. Angulación de la corona. Izquierda, angulación positiva y derecha angulación negativa. Fuente: Bravo LA¹.

Inclinación de la corona. Ángulo formado por una línea virtual que se corresponde con el EVCC, siendo tangente a éste en su punto medio (punto EV), y una línea perpendicular al plano oclusal a través del mismo punto EV (Figura 5).

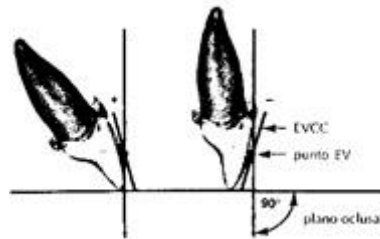


Figura 5. *Inclinación de la corona. Derecha inclinación negativa e izquierda inclinación positiva. Fuente: Bravo LA¹.*

- Plano de Andrews. Es un plano que divide las coronas de los dientes en oclusión normal a la altura de sus puntos EV, o en el caso de un diente aislado, separa la porción oclusal de la gingival a la altura de EV.

1.1.1. Clave 1. Relación molar

1. La cúspide mesiovestibular del primer molar superior debe ocluir en el surco entre las cúspides vestibulares mesial y media del primer molar inferior (definición de clase I de Angle).
2. La cúspide mesiopalatina del primer molar superior debe asentar en la fosa central del primer molar inferior.
3. La corona del primer molar superior debe tener una inclinación de manera que la vertiente distal del reborde marginal distal ocluya sobre la vertiente mesial del reborde marginal mesial del segundo molar inferior. Esta relación requiere que el molar superior presente un grado de inclinación suficiente. La falta de una inclinación adecuada del molar provoca una alteración de la clase I canina que será mayor cuanto más vertical sea la posición del molar.
4. Las cúspides vestibulares de los premolares superiores deben tener una relación cúspide-tronera con los premolares inferiores.

5. Las cúspides palatinas de los premolares maxilares deben presentar una relación cúspide-fosa distal con los premolares mandibulares.
6. El canino superior debe tener una relación cúspide-tronera con el canino inferior y primer premolar inferior. La punta de su cúspide está ligeramente mesial a la tronera.

1.1.2. Clave 2. Angulación de la corona

De manera resumida, todas las coronas de los dientes en una oclusión óptima según Andrews presentan una angulación positiva, excepto en premolares superiores e inferiores, los molares e incisivos inferiores donde la angulación es nula.

1.1.3. Clave 3. Inclinación de la corona (torque)

El torque o inclinación coronal está medido en grados entre una perpendicular al plano de Andrews, que pasa por el punto EV y una tangente a la cara vestibular del diente que, pasando por el mismo punto, tiene sus extremos a igual distancia de la porción incisal y gingival de la corona (Figura 5).

La mayor parte de los incisivos maxilares presentan una inclinación positiva, siendo más positiva la de los centrales que la de los incisivos laterales. Los incisivos mandibulares una inclinación ligeramente negativa. En la mayor parte de la muestra de las oclusiones óptimas, el ángulo interincisal de las coronas es menor de 180°.

En la arcada maxilar la inclinación o torque coronal es negativo desde canino hasta molares, aumentando los valores negativos a medida que nos alejamos hacia sectores más posteriores.

La inclinación de las coronas en los dientes mandibulares es progresivamente más negativa desde incisivos hasta molares.

1.1.4. Clave 4. Rotaciones de los dientes

En una oclusión normal no deben existir rotaciones dentarias. Los molares y premolares rotados ocupan más espacio del normal en la arcada. Los incisivos rotados necesitan menos espacio que los correctamente alineados.

Las rotaciones dentarias generan problemas estéticos en el sector anterior y funcionales en los sectores posteriores. Una pieza posterior rotada varía la ubicación de sus cúspides y altera la relación interoclusal, pudiendo modificar: la clase canina, la relación molar, el resalte y la sobremordida. Frecuentemente encontramos los primeros molares con rotación mesiopalatina por la mesialización que sufren tras la pérdida del segundo molar temporal. La corrección de esta rotación es particularmente importante para el establecimiento de una oclusión óptima.

1.1.5. Clave 5. Puntos de contacto. Espacios y diastemas

Los dientes deben presentar un adecuado punto de contacto interproximal entre sí. No han de existir pues espacios (diastemas). Esto requiere que no existan malformaciones dentarias ni discrepancias en el ancho mesiodistal de los dientes de ambos maxilares, es decir, que no esté alterado el "índice de Bolton". Cuando esto ocurre, si se pretende mantener los puntos de contacto, seguramente se altera la relación interoclusal, es decir, la clase canina, la relación molar, el resalte y la sobremordida.

Otro aspecto importante relacionado con el correcto punto de contacto es la salud gingival, protegiendo a la papila interproximal de empaquetamientos de comida y facilitando el cepillado.

1.1.6. Clave 6. Curva de Spee.

Se refiere a la curvatura anteroposterior de las superficies oclusales al mirar lateralmente el plano oclusal (Figura 6).

Una curva de Spee profunda o aumentada provoca alteraciones en el plano oclusal impidiendo una correcta intercuspidad, generando una oclusión traumática.

Durante los tratamientos de ortodoncia se suele presentar como objetivo de tratamiento la nivelación de la curva hasta una situación casi plana o una concavidad no mayor a 2mm consiguiendo una buena guía incisiva, sin contactos posteriores en los movimientos excursivos de protrusión.

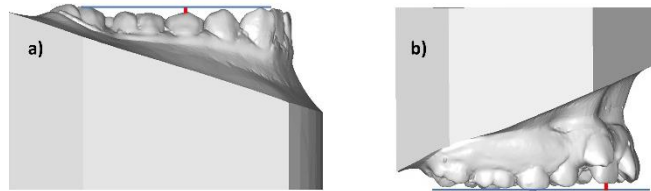


Figura 6. Representación de la medición de la concavidad de la curva de Spee inferior en a) y superior en b). Fuente: figura personal.

1.1.7. Relación incisal

Al ser la arcada superior más ancha que la inferior, ésta cubre totalmente a la arcada inferior creándose un *resalte* positivo en el plano frontal y en el plano anteroposterior. En el plano vertical, ese solapamiento de la arcada superior sobre la arcada inferior genera la *sobremordida* (Figura 7). A pesar de sobresalir la arcada superior anteroposteriormente a la arcada inferior, en los extremos distales, ambas arcadas terminan en un plano vertical (Figura 8).

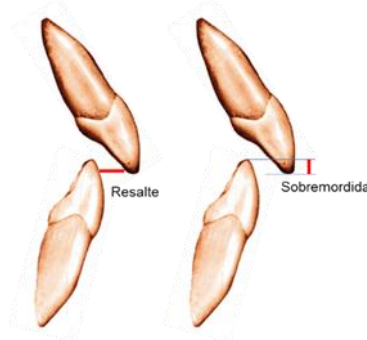


Figura 7. Resalte y sobremordida. Fuente: figura de archivo.

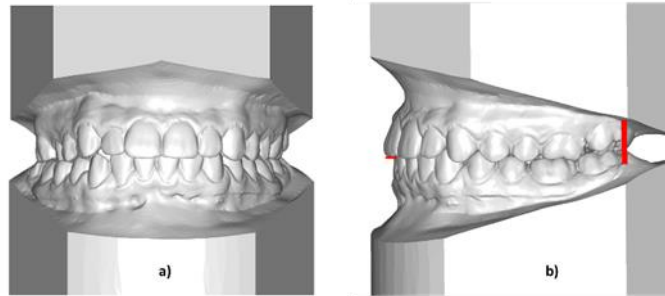


Figura 8. Representación del solapamiento normal de la arcada superior sobre la inferior en a); el resalte anterior y el extremo distal en b). Fuente: figura personal.

1.2. DETERMINANTES DE LA POSICIÓN DENTAL

La posición dental no es algo aleatorio, sino que existen factores que lo controlan como la anchura de las arcadas, el tamaño dental y las fuerzas que crean los tejidos blandos circundantes. Estas últimas fuerzas pueden variar en función del patrón facial vertical del paciente (mesofacial, dolicofacial y braquifacial)^{4,5}.

Al erupcionar los dientes, éstos adquieren una posición en la que las fuerzas multidireccionales, muchas de ellas antagonistas, están en equilibrio. Cuando nos referimos a las fuerzas antagonistas hablamos de aquellas que proceden de la musculatura circundante. A nivel vestibular encontramos las fuerzas de labios y mejillas que proporcionan unas fuerzas hacia lingual bastante constante y con una intensidad leve. No obstante, a pesar de ser leves pueden ser lo suficientemente intensas como para desplazar los dientes hacia lingual. Por ello, en el lado contrario encontramos una fuerza opuesta hacia vestibular ejercida en las caras linguales de los dientes y ejercida por la lengua. Como decíamos, ambas fuerzas son leves pero constantes y podrían desplazar los dientes en las arcadas.

La posición de los dientes en la que existe un “equilibrio” entre las fuerzas de vestibular a lingual y viceversa se denomina posición neutra o espacio neutro⁶ (Figura 9).

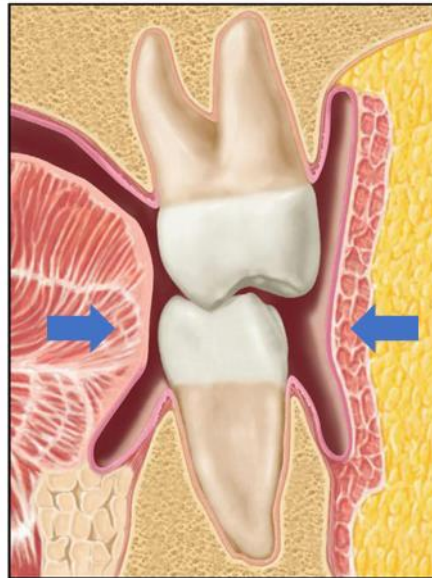


Figura 9. Posición neutra o espacio neutro. Sería la posición de los dientes cuando las fuerzas se encuentran en equilibrio entre las vestibulares (labio y mejillas) y las linguales. Esta posición se encuentra tanto en dientes anteriores como posteriores. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

Cuando un diente erupciona en una posición demasiado vestibular o lingual, la fuerza de labio y mejillas (si erupciona en vestibuloversión) y la fuerza lingual (si erupciona en linguoversión) desplazará el diente hacia la posición neutra. Para que esta situación se cumpla, y estas fuerzas leves puedan desplazar al diente debe haber el suficiente espacio en la arcada, sino el diente quedaría fuera de la arcada normal, observándose un apiñamiento.

Cualquier cambio en magnitud o dirección de las fuerzas de este equilibrio, incluso después de la erupción, provocaría el desplazamiento del diente hacia la nueva posición neutra.

Este tipo de alteración puede producirse cuando la lengua es excesivamente grande o activa, por lo que la posición neutra se desplazaría a vestibular. Podríamos tener el caso contrario, donde la fuerza y tonicidad excesiva de la musculatura vestibular ocasionara una posición lingualizada de los dientes. En relación a esta última situación se ha planteado que puedan haber diferencias en la

inclinación bucolingual de los dientes posteriores en los distintos patrones faciales verticales⁷⁻¹⁰.

Todas aquellas fuerzas que no provengan de la musculatura oral, sino que se asocien a hábitos orales podrían influir en la posición dental, como por ejemplo el hábito de la succión digital que tendería a inclinar a los incisivos a vestibular. Por ello, al identificar una posición dentaria anómala debemos investigar la posible causa y eliminarla en la medida de lo posible.

Durante la masticación existen movimientos bucolinguales y verticales, que a lo largo del tiempo dan lugar a un desgaste de las superficies de contacto interproximales. El desplazamiento mesial de los dientes ayuda a mantener el contacto y estabilizar la arcada. Al igual que el contacto interproximal ayuda a estabilizar la arcada, el contacto oclusal es fundamental para impedir la extrusión o erupción excesiva de los dientes⁶.

Si perdemos un diente o la cara oclusal se altera, es probable que los dientes antagonistas sobrerupcionen hasta encontrar contacto oclusal. Por ello, cuando perdemos un diente podemos encontrar movimientos en sentido mesiodistal y de extrusión con el objetivo de encontrar contacto oclusal (Figura 10). Por tanto, los contactos oclusales e interproximales también son muy importantes para mantener la alineación dentaria y la estabilidad de la arcada⁶.

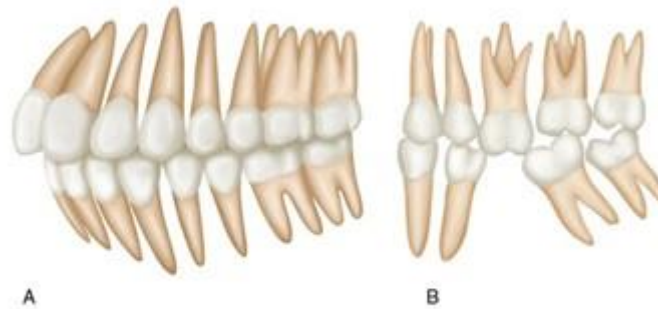


Figura 10. *A, alineación normal de la arcada y los dientes. B, tras la pérdida de un primer molar mandibular, el segundo y tercer molar mandibular sufren una mesialización, el segundo premolar se distaliza y el primer molar antagonista se extruye. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.*

1.2.1. Curvas oclusales de compensación

Debido a que la mayoría de los movimientos mandibulares son complejos y varían constantemente sus centros de rotación, un plano de oclusión liso, sin curvatura, impediría un contacto funcional simultáneo. Por ello, los planos oclusales se curvan, permitiendo el máximo aprovechamiento de los contactos durante la función normal.

La curvatura del plano oclusal se debe a los diferentes grados de inclinación que presentan los dientes, dando unas concavidades y convexidades que van a coincidir adecuadamente cuando las arcadas dentarias ocluyen.

Al analizar las arcadas dentarias de perfil y si trazamos líneas siguiendo los ejes largos de los dientes hacia oclusal, vemos la inclinación respecto al hueso alveolar. En la mandíbula, los dientes anteriores y posteriores tienen una inclinación mesial. Sin embargo, en el maxilar, los dientes anteriores presentan inclinación mesial, pero no los dientes posteriores que generalmente muestran inclinación distal (Figura 11).

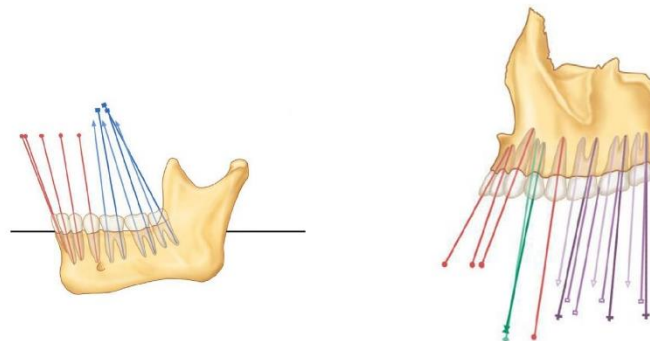


Figura 11. Angulación de los dientes mandibulares y maxilares, tanto anteriores como posteriores. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

Debido a estas inclinaciones, en la vista lateral, si trazásemos una línea imaginaria que pasara a través de las cúspides vestibulares de molares y premolares obtendríamos una línea curva, convexa para la arcada maxilar y cóncava para la arcada mandibular. Esta curva fue descrita por Von Spee¹¹, por lo que se denomina *curva de Spee* (Figura 12).



Figura 12. *Curva de Spee.* Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶

En la vista frontal, observamos las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores. Generalmente, los dientes posteriores en la arcada mandibular presentan una inclinación a lingual o negativa mientras que los dientes posteriores en el maxilar suelen presentar valores más positivos¹²⁻¹⁴ (Figura 13).

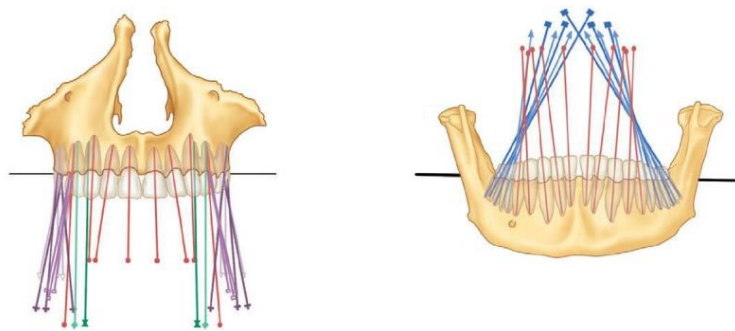


Figura 13. *Inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores mandibulares y maxilares.* Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶

Si trazáramos otra línea imaginaria que pasase por las cúspides vestibulares y linguales de los dientes posteriores del lado izquierdo y derecho observaríamos una curvatura oclusal, convexa en la arcada maxilar y cóncava en la mandibular. A esta curvatura se le denominó curva de Wilson (Figura 14) y fue descrita por George H. Wilson¹⁵.



Figura 14. Curva de Wilson en la arcada mandibular. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

Como mencionábamos anteriormente, estas curvas de oclusión o curvas de compensación, se desarrollan para permitir el máximo aprovechamiento de los contactos durante la función normal, es decir, permiten compensar la trayectoria de los cóndilos en los movimientos excursivos, ya que la mayor parte del movimiento mandibular es determinado por las dos articulaciones temporomandibulares (ATM)¹⁶.

A lo largo del desarrollo de la odontología, se ha tratado de describir estos planos de oclusión a través de fórmulas estandarizadas que describiesen las relaciones interarcada.

Wilson¹⁵ describió en el plano frontal que el arco mandibular aparece cóncavo y el maxilar convexo. Bonwill¹⁷ observó que existía un triángulo equilátero de 10cm cada lado entre los centros de los cóndilos y las áreas de contacto mesial de los incisivos mandibulares (Figura 15). Según Von Spee¹¹ existe una alineación curvada

entre los bordes de las cúspides de dientes posteriores y los bordes de los incisivos en una vista sagital.



Figura 15. Representación del triángulo equilátero de Bonwill ¹⁷

Monson¹⁸ utilizó el triángulo de Bonwill para proponer un modelo esférico donde el centro de la esfera estaba a una distancia igual de las superficies oclusales de los dientes posteriores y de los centros de los cóndilos, con un radio de la esfera de 10cm. Estableció pues una conexión entre la curva de Spee (plano sagital) y las curvas de compensación de los planos verticales, sugiriendo una adaptación de la arcada inferior al segmento curvo de esa esfera de 10cm de radio.

Esta esfera suele ser evaluada en dos proyecciones dimensionales, en el plano frontal a nivel de los molares (la curva de Wilson) y en el plano sagital o anteroposterior (la curva de Spee).

La finalidad funcional de esta disposición dental podría deberse a consideraciones biomecánicas, en relación a la resistencia contra las fuerzas que se generan durante la masticación y la oclusión. Esto aportaría mayor estabilidad de las arcadas con mayor eficiencia en el corte y trituración en la zona molar.

A nivel dinámico, la curva de Spee y de Wilson se muestran relevantes a la hora de establecer una oclusión balanceada y funcional, mejorando la libertad de los movimientos excursivos funcionales mandibulares.

También podríamos asociar estas curvas oclusales con la estética de la cara, contribuyendo una aceptable disposición de estas curvas a una sonrisa estéticamente adecuada.

Kanavakis G¹⁹ trató de establecer una relación entre la existencia de trastornos de la articulación temporomandibular (ATM) y una mayor o menor profundidad de las curvas de compensación (Curvas de Spee y de Wilson).

Concluyeron que los pacientes con chasquidos en la ATM suelen presentar una curva de Spee más plana, no encontrando asociación entre la curva de Wilson y los trastornos de ATM. Además, indicaron que no encontraron relación entre unas curvas oclusales más profundas y dolor articular o muscular¹⁹.

1.2.1.1. *Curva de Spee*

Se describe según Ferdinand Graf von Spee¹¹ como una línea curva que conecta la superficie oclusal de los dientes inferiores y se continuaría con la parte anterior de los cóndilos. Esta curva formaría parte del arco de un círculo, siendo esta forma geométrica la más eficiente para mantener en contacto el máximo número de dientes durante la masticación, siendo un principio relevante a la hora de diseñar dentaduras. Si esta curva se extendiese llegaría a formar un círculo con un radio de aproximadamente 10 centímetros²⁰.

Cuando hablamos de restaurar protésicamente una dentición, el objetivo del tratamiento será una oclusión mutuamente protegida, en la cual, durante los movimientos funcionales excéntrico existiría una disoclusión posterior. Por tanto, la curva de Spee, junto con la inclinación condilar, la guía anterior y la altura cusplídea de dientes posteriores serían factores importantes para un correcto esquema oclusal.

En la descripción de las seis llaves de la oclusión normal, Andrews³ encontró que la curva de Spee en personas con oclusión correcta era plana o casi plana, con una profundidad no mayor a 2mm. Por ello, propuso el aplanamiento de esta curva como objetivo del tratamiento, ya que curvaturas muy pronunciadas podrían ocasionar una oclusión traumática. Esto sería especialmente importante en paciente con sobremordida profunda, pudiendo afectar a las necesidades de aplanamiento de la curva junto con un mantenimiento de los resultados postratamiento²¹.

El conocimiento actual sobre el desarrollo de la curva de Spee es bastante limitado, sugiriéndose una combinación de factores como el crecimiento orofacial, la erupción dental y el desarrollo neuromuscular²⁰. También se ha sugerido que existe una posible relación entre la curva de Spee y la posición mandibular vertical y sagital en relación a la base del cráneo²², viéndose a menudo una curva más pronunciada en los pacientes braquifaciales con un cuerpo mandibular corto. A pesar de que algunos valores cefalométricos podrían relacionarse con una mayor o

menor curva de Spee, parece que la morfología craneofacial sería un solo factor de entre los muchos que podrían influir en su desarrollo²⁰.

Para valorar la diferente profundidad de la curva de Spee durante las diferentes etapas de la dentición, Marshall et al.²⁰ realizaron un estudio donde encontraron que, durante la dentición temporal, la profundidad era mínima. Cuando erupcionaban los incisivos centrales y primeros molares permanentes la curva de Spee se hacía más profunda. Después de un periodo de estabilización, se volvía a profundizar con la erupción de los segundos molares permanentes. En la etapa de la adolescencia la curva se aplanaba levemente y finalmente en la dentición adulta se mantenía sin cambios relevantes.

Los trabajos que profundizan en el desarrollo de la curva de Spee son limitados a pesar de que los ortodoncistas y prostodoncistas nos enfrentamos diariamente con los objetivos de construir una oclusión funcional en nuestros pacientes.

1.2.1.2. *Curva de Wilson*

La disposición y orientación de la curva de Wilson (Figuras 13 y 14) presenta dos finalidades; por un lado, permite que exista un alineamiento entre los dientes de forma paralela con la dirección de las fuerzas de tracción hacia arriba e interior del músculo pterigoideo medial o interno (Figura 16), aportando una buena resistencia a las fuerzas masticatorias; por otro lado, las cúspides vestibulares más altas evitan o limitan que la comida salga de la tabla oclusal.

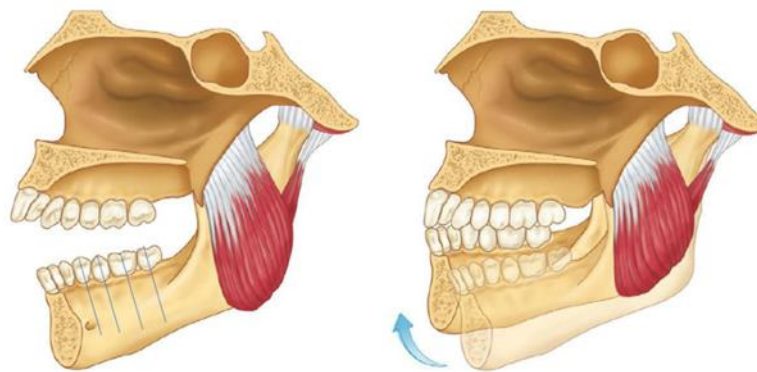


Figura 16. Orientación de las fibras musculares del pterigoideo medial. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

La curva de Wilson también se relaciona con la función masticatoria. La lengua por dentro y el músculo bucinador por fuera van incorporando el alimento a las superficies masticatorias de los dientes posteriores. La existencia de una inclinación lingual de los dientes posteroinferiores y una inclinación vestibular de los dientes posterosuperiores favorece este mecanismo (Figura 17).

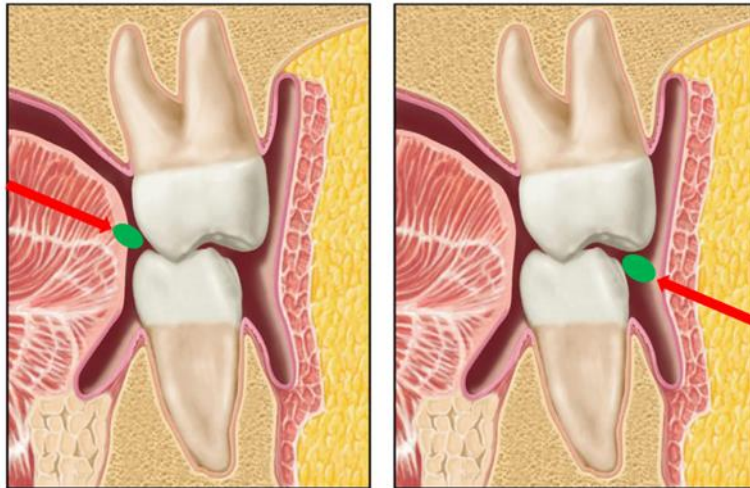


Figura 17. En los dientes posteroinferiores, la inclinación lingual permite la mejor entrada del alimento desde la lengua a la tabla oclusal, una vez dentro las cúspides vestibulares más elevadas lo retienen. Desde vestibular, la mayor inclinación a vestibular de los dientes posterosuperiores permite una fácil entrada del alimento "empujado" por el bucinador, una vez dentro el alimento es retenido por las cúspides linguales más altas. Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

La función masticatoria y una coordinación funcional a nivel de la articulación temporomandibular son necesarias para evitar las interferencias oclusales derivadas de la existencia de la curva de Wilson durante los movimientos de lateralidad. Por ello, la configuración o diseño de la pared medial del cóndilo, junto con el de la fosa glenoidea, conlleva a que el cóndilo-disco se encuentre en una posición central, no pudiéndose desplazar en sentido medial u horizontal sin haberse desplazado hacia abajo previamente.

Existe pues una relación entre la forma y la función, donde una abrasión significativa de las cúspides palatinas superiores implicaría una adaptación de las superficies condilares de la ATM y viceversa. Aquellos cambios que se produzcan en el plano oclusal pueden ser una señal de problemas disfuncionales en alguna región de la ATM.

Para conseguir una buena intercuspidadación de los dientes posteriores tanto en la oclusión estática como en la dinámica, a menudo es necesario modificar la inclinación en sentido bucolingual de los molares posteriores mediante un tratamiento ortodóncico. A esta inclinación vestibulolingual de los dientes posteriores se le denomina *torque posterior*.

Si analizamos las arcadas dentarias en un plano coronal o frontal podemos observar que la inclinación bucolingual de los dientes posteriores maxilares es ligeramente vestibular o positiva, mientras que la de los molares inferiores es negativa o lingual (Figura 13).

Lo importante sería cuantificar los valores de inclinación bucolingual posterior necesarios de una manera precisa.

A nivel clínico, la academia americana de ortodoncistas²³ (ABO) evalúa los modelos físicamente mediante un calibre. Establecen que “para establecer una oclusión adecuada en máxima intercuspidadación y evitar interferencias en lateralidades, no debe haber una diferencia significativa entre las alturas de las cúspides bucales y linguales de los molares y premolares, maxilares y mandibulares”. Determinan que, en la arcada superior, la cúspide vestibular debe estar como máximo un milímetro más elevada que la cúspide palatina y en la arcada inferior la cúspide lingual máximo un milímetro más descendida que la vestibular.

Andrews³ en la tercera llave de la oclusión normal encontró un torque negativo (inclinación a lingual) de los dientes posteriores, tanto maxilares como mandibulares, siendo la intensidad del torque negativo mayor en la arcada inferior que la superior.

Se han reportado en la literatura cambios en el torque molar con la edad^{24,25}. Marshall et al.²⁴ encontró que los molares maxilares erupcionan con una inclinación corono-vestibular o torque positivo y se van enderezando con la edad, es decir, inclinándose a lingual. El molar inferior, por el contrario, erupcionaría con torque corono-lingual y se endereza vestibularmente con la edad. La explicación de estos cambios es debida a las presiones ejercidas, leves pero constantes, de los tejidos blandos circundantes. Ferrario et al.²⁵ descubrieron que la inclinación del eje facial de las coronas clínicas se modifica, en los tres planos del espacio, de la adolescencia a la edad adulta, disminuyéndose la inclinación con la edad.

Las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores se han analizado en los diferentes patrones faciales verticales, con el objetivo de determinar si la existencia de un patrón dolicofacial^{7-9,26-28}, con una potencia muscular vestibular menor, conllevaría a unos valores mayores de torque posterior en los molares superiores. Varios autores^{8,26,27} encontraron una tendencia a una inclinación bucolingual más vestibular en los patrones dolicofaciales, sin encontrar diferencias significativas. Sin embargo, Janson et al.⁷, en su estudio sobre modelos de 70 pacientes sí encontró diferencias significativas respecto a una mayor inclinación bucolingual en dientes posteriores superiores en patrones dolicofaciales. Mitra²⁸ sugiere que los segundos molares superiores tienen una inclinación más vestibular en patrones dolicofaciales que en patrones braquifaciales en su muestra de 40 pacientes. Janson et al.⁷, en cambio, no encontró diferencias significativas en la inclinación de segundos molares maxilares en los distintos patrones faciales.

Kasai y Kawamura²⁹ también relacionaron la potencia muscular con la mayor o menor inclinación bucolingual de los molares inferiores, al encontrar molares inferiores más enderezados en cráneos de sujetos antiguos que en los modernos, postulando como posible causa una musculatura más potente en la población antigua.

Las diferentes maloclusiones existentes también podrían influir o una mayor o menor inclinación bucolingual de los dientes posteriores^{14,30-32}, por lo que los resultados de Janson et al.⁷ y Grosso et al.²⁶ donde analizan la variable del patrón facial sin especificar la maloclusión existente pueden estar sesgados. Por ejemplo, Barrera et al.¹⁴ analizó mediante CBCT (Cone beam computed tomography) los diferentes grados de inclinación en sujetos normoclusivos y malocclusivos con y sin mordida cruzada bilateral. Encontró que los grados de inclinación en los primeros molares maxilares eran de 8,1° en los sujetos normoclusivos, 0,4° en los sujetos con mordida cruzada bilateral y 16,9° en los pacientes malocclusivos sin mordida cruzada bilateral. Por tanto, de su estudio se concluye que la curva de Wilson se vuelve más cóncava en sujetos con mordida cruzada posterior bilateral.

Estas conclusiones implican unas consideraciones clínicas: cuando hay discrepancia oseodentaria grave, pueden estar indicadas las exodoncias de dientes permanentes para resolverla. Sin embargo, discrepancias moderadas o leves pueden solucionarse con expansión, reducción interproximal o una combinación de ambas técnicas. Cuando la discrepancia leve o moderada va acompañada de

arcadas estrechas, estaría indicado proceder a la expansión de la arcada dentaria, pero teniendo en cuenta las conclusiones de Janson⁷ y Ross²⁷ realizar este tratamiento en patrones dolicofaciales que ya tienen una inclinación vestibular en los sectores posteriores, podría potenciar la recidiva de la expansión al forzar las inclinaciones de estas piezas. En cambio, en los patrones braquifaciales, con inclinaciones más linguales, estaría totalmente indicado la expansión dentoalveolar.

1.2.1.3. *Curvas oclusales y trastornos temporomandibulares*

La mayor parte del movimiento mandibular es llevado a cabo por la ATM, por lo que debemos conocer la relación entre los trastornos de ésta y las curvas oclusales.

Las curvas oclusales pronunciadas podrían ser las causantes de generar interferencias durante los movimientos excéntricos mandibulares. Estas interferencias podrían afectar a la actividad funcional y la parafuncional (bruxismo).

Clínicamente, unas curvas oclusales pronunciadas podrían desencadenar algún trastorno temporomandibular (TTM) a los pacientes. Debe haber alguna relación entre el grado de curvatura y la aparición o no de TTM, sin embargo, no se ha prestado mucha atención a los aspectos funcionales de las curvas oclusales.

El tipo de interferencia oclusal también es algo relevante. Tradicionalmente, se pensaba que las interferencias que se generaban durante los movimientos de lateralidad y protrusiva eran causantes de síntomas de un trastorno temporomandibular (TTM)⁶.

No obstante, los estudios revelan que esos contactos pueden estar presentes en los pacientes con un TTM y también en los controles y no presentan una asociación clara con los síntomas de un TTM³³.

Ito³⁴ realizó una investigación en pacientes con TTM, dividiendo a los pacientes en sujetos con bloqueo y chasquido y en sujetos con síndrome de disfunción miofascial, analizando la curvatura oclusal anteroposterior y lateral. La curva oclusal anteroposterior en los sujetos con chasquido y bloqueo fue significativamente mayor que en los sujetos sanos, no encontrando diferencias significativas en el grupo con disfunción miofascial. Respecto a la curvatura oclusal

lateral se encontró una mayor profundidad en los sujetos sanos que en los del grupo de chasquido y bloqueo, sin encontrar diferencias significativas en el grupo de disfunción miofascial.

Parece entonces que, las alteraciones de las curvas oclusales no generan un TTM por si solas. Esto puede ser debido a que el sujeto, a pesar de presentar una determinada maloclusión, la posición ortopédica a nivel de la articulación temporomandibular es estable y centrada en la cavidad glenoidea, por lo que las interferencias generadas durante la función pueden ser neutralizadas sin derivar en sintomatología. Una situación distinta sería si un sujeto con una determinada maloclusión presenta una posición ortopédica inestable, donde la inestabilidad oclusal ha llevado a la articulación temporomandibular a desplazarse en gran medida (3-4mm o más) de su ubicación ideal centrada en la cavidad glenoidea (relación céntrica). En este caso, las interferencias oclusales sí podrían actuar como factor de riesgo desencadenante de TTM.

Además, es importante determinar si las interferencias son agudas o un proceso crónico, ya que la capacidad de respuesta se puede ver alterada. Por ejemplo, si tras un tratamiento ortodóncico hemos modificado en gran medida la inclinación bucolingual de los molares podemos generar un proceso agudo que la musculatura y todo el complejo temporomandibular no pueda subsanar sin generar sintomatología de dolor-disfunción.

Es relevante por tanto analizar cada caso en particular, ya que, si las interferencias oclusales crean síntomas musculares, debemos encargarnos de la asistencia de muchos TTM. Sin embargo, si en un determinado paciente los contactos oclusales no están relacionados con los síntomas, debemos limitarnos al tratamiento de los problemas dentarios.

1.2.2. Tonicidad de los tejidos blandos circundantes

La musculatura oral que rodea a la dentición ejerce presiones sobre ella, por lo que el conocimiento de las fuerzas que actúan vestibulolingualmente es importante a nivel ortodóncico. Como es sabido, la musculatura oral puede ser el desencadenante de ciertas maloclusiones, pudiendo incluso recidivar los resultados de nuestros tratamientos si no se ha recuperado el equilibrio de fuerzas entre la musculatura lingual y buco-labial.

Cuando observamos la posición de los dientes, debemos tener en mente que están en esa posición porque existe un equilibrio de fuerzas vestibulolinguales. En el proceso de erupción dentaria, la lengua labios y mejillas van a “guiar” a los dientes hacia sus antagonistas en la arcada para conseguir una oclusión normal y funcional.

Los dientes llegan a una posición de “estabilización activa” o posición “neutra”, donde reciben fuerzas en vestibular y en lingual^{6,35}. En vestibular reciben fuerzas leves y constantes en sentido lingual procedentes de los labios y mejillas. Estas fuerzas, a pesar de ser leves, por su constancia podría llegar a desplazar los dientes si no existiesen fuerzas en sentido contrario, en sentido vestibular. En sentido contrario encontramos la lengua, ejerciendo esas fuerzas a vestibular (Figuras 9 y 18).

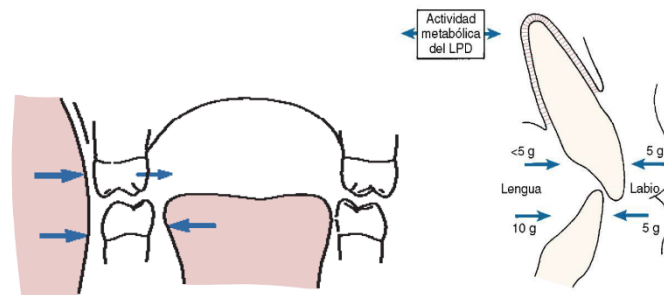


Figura 18. Representación de las fuerzas que se ejercen de vestibular a lingual y viceversa, las cuales llevan a los dientes a una estabilización activa. Fuente: William R. Proffit³⁵.

Una vez erupcionados los dientes y encontrado su contacto oclusal o incisal, cualquier modificación de las fuerzas de equilibrio procedentes de las fuerzas musculares, ya sea en magnitud, frecuencia o dirección tenderá a mover el diente o los dientes hacia posiciones donde encuentren un nuevo equilibrio.

Biológicamente, las fuerzas que se ejercen durante la actividad funcional, a pesar de poder ser de una magnitud considerable, no se consideran tan importantes para desplazar los dientes. Esto es debido a que la estructura ligamentosa, con sus fibras colágenas y líquido intersticial son capaces de amortiguar fuerzas intensas y de corta duración que se producen durante la función normal. No obstante, las fuerzas musculares que se producen durante el reposo (tono muscular), al ser constantes, aunque posean una leve magnitud, sí se consideran relevantes para la compensación dentaria y la estabilización³⁵.

Cuando se produce una alteración en el desarrollo y por consiguiente una discrepancia ósea entre maxilar y mandíbula, los tejidos blandos ejercerán su papel compensatorio para “acercar” los dientes a sus antagonistas. Ejemplos claros pueden ser la lingualización de los incisivos superiores en las clases II división segunda y la lingualización de los incisivos inferiores junto con la proinclinación de los incisivos superiores en las clases III (Figura 19).

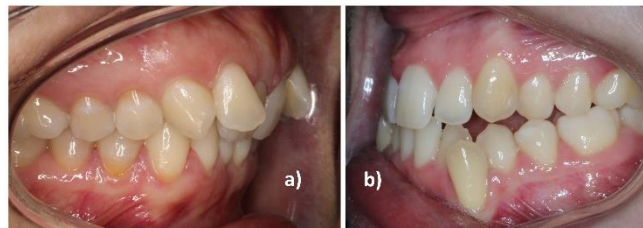


Figura 19. En a) lingualización típica de incisivos superiores en una clase II división 2ª. En b) lingualización típica de incisivos inferiores en una clase III. Fuente: archivo personal

Sin embargo, si la discrepancia ósea es muy severa o cuando los tejidos blandos no responden adecuadamente e incluso se comportan de forma anómala, no puede existir esa compensación dental para buscar el contacto dental. Este ejemplo lo podríamos apreciar en los casos de clase II división 1ª donde el labio inferior, al interponerse por lingual de los incisivos superiores, impide la lingualización de los incisivos superiores e incluso puede favorecer su proinclinación (Figura 20).



Figura 20. Proinclinación típica de una clase II división 1ª donde el labio inferior se interpone por lingual de los incisivos superiores alterando la posición de equilibrio. Fuente: archivo personal.

Incluso en los casos de clase I, donde no exista una discrepancia esquelética ni dentoalveolar, la alteración de la posición labial puede generar la proinclinación

de los incisivos superiores (Figura 21). La posición final de los dientes dependerá pues de qué zona muscular esté alterada, si la lingual o la vestibular.



Figura 21. Proinclinación de los incisivos superiores en una relación de clase I dental debido a un hábito de interposición del labio inferior entre los incisivos de ambas arcadas. Fuente: archivo personal.

1.3. BIOTIPO FACIAL Y SU RELACIÓN CON LA POSICIÓN DENTAL

Para la determinación del biotipo o el patrón de crecimiento craneofacial debemos analizar varias características del complejo craneofacial. Estas particularidades que poseen los diferentes biotipos faciales verticales pueden conducir a unos comportamientos desiguales de la actividad muscular, presentando los músculos diferencias en volumen, grosor y orientación³⁶.

Hay estudios³⁷ que demuestran que un patrón braquifacial, donde existe una dimensión craneofacial más ancha, presenta un patrón muscular fuerte, teniendo características propias como un ángulo goníaco y una altura facial inferior disminuida³⁸. En el otro lado, los patrones dolicofaciales con una musculatura más débil que los patrones braquifaciales y mesofaciales³⁸.

Los patrones faciales se dividen en tres tipos³⁹:

- Braquifaciales, con una dirección de crecimiento más horizontal.
- Dolicofaciales, donde existe una dirección de crecimiento más vertical que anterior.
- Mesofaciales, presentan un crecimiento normal hacia abajo y hacia adelante.

1.3.1. Patrón braquifacial

Este biotipo facial se relaciona con caras cortas y anchas, con mandíbula fuerte y cuadrada. La dimensión de las arcadas dentarias es más amplia cuando se comparan con las formas de arcadas ovoides de los mesofaciales, o triangulares y estrechas de los dolicofaciales. La dirección del crecimiento es más hacia adelante que hacia abajo lo que en algunas maloclusiones es favorable (Figura 22)³⁹.

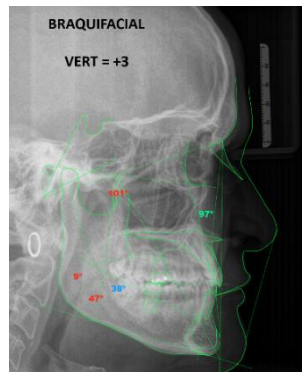


Figura 22. Patrón braquifacial, véase la morfología cuadrada mandibular, con ángulo goníaco reducido y eje facial aumentado, en este caso de 101°. Fuente: archivo personal.

1.3.2. Patrón mesofacial

En este biotipo facial suele haber proporción en los diámetros horizontales y verticales, con maxilares y arcadas dentarias de configuración similar. La relación maxilomandibular suele ser normal y la musculatura junto con el perfil blando su muestran armónicos. Las alteraciones asociadas a este patrón se dan en la clase I. El crecimiento se dirige hacia abajo y adelante, siguiendo un eje facial de alrededor de 90° (Figura 23)³⁹.

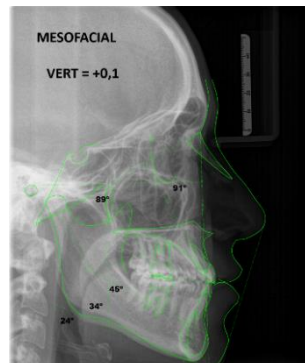


Figura 23. Patrón mesofacial, donde se muestra una dirección de crecimiento con un eje facial próximo a 90° , en este caso un eje facial de 89° . Fuente: archivo personal.

1.3.3. Patrón dolicofacial

Se asocia a caras estrechas y largas, un perfil convexo y arcadas dentarias con apiñamiento dentario por la estrechez de las mismas. La musculatura es débil y el ángulo del plano mandibular suele estar muy inclinado, dando una tendencia a la mordida abierta anterior. El vector de crecimiento es hacia abajo en mayor medida que hacia adelante, con un eje facial menor a 90° , por lo que la rama mandibular suele ser corta y el ángulo goníaco suele estar aumentado (Figura 24)³⁹.

Los labios suelen estar tensos por el exceso de la dimensión vertical inferior y la protrusión de los dientes anterosuperiores. La configuración estrecha de las cavidades nasales en estos pacientes los hace propensos a problemas respiratorios³⁹.

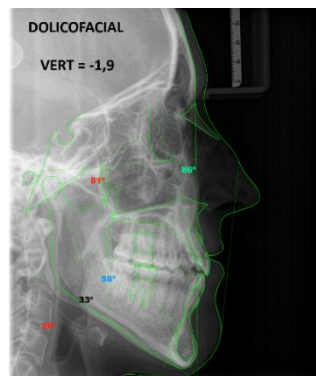


Figura 24. Patrón dolicofacial, véase la morfología mandibular, con ángulo goníaco aumentado y eje facial disminuido, en este caso de 81° . Esto genera tendencia a la mordida abierta anterior y al aumento de la dimensión vertical del tercio inferior. Fuente: archivo personal.

Es bastante lógico poder pensar que, si nos encontramos ante un patrón braquifacial, con una musculatura fuerte, la presión ejercida sobre los dientes posteriores hacia lingual será mayor que la ejercida hacia vestibular. En los patrones dolicofaciales podríamos pensar lo contrario, al existir una musculatura vestibular más débil, las fuerzas que se ejerzan en sentido vestibular sobre los dientes posteriores serán de mayor magnitud que las contrarias.

Estas circunstancias nos harían plantearnos que las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores en braquifaciales, mesofaciales y dolicofaciales deberían ser diferentes, siendo más positivas (más a vestibular) en los dolicofaciales que en los braquifaciales.

Se ha demostrado en la literatura que, con la edad, las inclinaciones bucolinguales pasan a ser más negativas o lingualizadas con la edad^{24,25}.

La fuerza máxima que ejercen los sectores posteriores al ocluir varía en los distintos patrones. La fuerza media que se ejerce en los sectores posteriores en los patrones braquifaciales es de mayor intensidad que en los mesofaciales, y del doble de intensidad que en los dolicofaciales⁴⁰. Como hemos mencionado anteriormente, esto es debido a que los patrones braquifaciales tienen una musculatura más potente que patrones mesofaciales o dolicofaciales³⁶⁻³⁸.

Con el propósito de comparar las fuerzas oclusales que se ejercían en los distintos patrones faciales verticales Elham et al.⁵ llevaron a cabo un estudio en la población jordana. Al realizar las mediciones en los distintos patrones faciales en hombres y mujeres encontraron que los hombres ejercían mayores fuerzas oclusales que las mujeres. En cuanto al patrón facial vertical, determinaron que los que mayor fuerza oclusal generaban eran los braquifaciales, seguido de los mesofaciales y por último los dolicofaciales.

Por estos motivos, en la literatura se han analizado las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores en los diferentes patrones faciales verticales, con el objetivo de esclarecer si la existencia de un patrón dolicofacial, con una potencia muscular vestibular menor, conllevaría a unos valores mayores de torque posterior en los molares superiores^{7-9,26-28}. Algunos de los autores^{8,26,28} encontraron una tendencia a una inclinación bucolingual más vestibular en los patrones dolicofaciales, sin encontrar diferencias significativas. Sin embargo, Janson et al.⁷, sí encontró diferencias significativas respecto a una mayor inclinación

bucolingual en dientes posteriores superiores en patrones dolicofaciales. Mitra²⁸ sugiere que los segundos molares superiores tienen una inclinación más vestibular en patrones dolicofaciales que en patrones braquifaciales.

Kasai y Kawamura²⁹ también relacionaron la potencia muscular con la mayor o menor inclinación bucolingual de los molares inferiores, al encontrar molares inferiores más enderezados en cráneos de sujetos antiguos que en los modernos, postulando como posible causa una musculatura más potente en la población antigua.

La gran variedad de inclinaciones en sentido vestibulolingual que encontramos en los molares superiores e inferiores en los distintos patrones faciales sugieren la necesidad de una reevaluación con el objetivo de clarificar las posibilidades de tratamientos mediante expansión dentoalveolar en nuestros tratamientos de ortodoncia y por consiguiente la estabilidad final de los casos.

1.4. UBICACIÓN ANATÓMICA DEL WALA RIDGE Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE ARCADA

Las formas de arcada y sus tamaños son de especial importancia en los diagnósticos y planes de tratamiento, ya que implican el espacio disponible para ubicar correctamente todas las piezas dentarias aportando una adecuada estabilidad y estética⁴¹.

A lo largo de la historia, los cambios que sufre la arcada dentaria durante su desarrollo se han tratado de explicar mediante dos teorías principales. Angle⁴² consideró que el hueso maxilar crecía de manera normal por estímulo de la masticación, siempre y cuando los dientes estuviesen perfectamente alineados. Propuso que realizáramos expansión dentaria en casos de apiñamiento con el objetivo de conseguir una adecuada posición dentaria, permitiendo el desarrollo normal de la anchura maxilar.

Más adelante, con la introducción de la llamada ley de Wolff se mencionó que la morfología ósea y sus consiguientes modificaciones a lo largo del tiempo se producían por cambios en el equilibrio de fuerzas musculares. Por tanto, el tamaño y la forma de los huesos estará influenciado por los estímulos ambientales como: presión lingual, mejillas, fuerza de la masticación, erupción dentaria, etc. Cuando exista una inadecuada función o incluso la ausencia de función, el hueso maxilar o

mandibular podrían quedar hipoplásicos⁴³. Este enfoque desencadenó menos exodoncias dentarias, y a menudo se llama teoría de la no extracción⁴¹.

Lundström⁴⁴, en 1925 definió la base apical como la zona donde se une el hueso alveolar y el basal del maxilar y mandíbula, a nivel de los ápices de los dientes. Este concepto pretendía marcar los límites de la expansión de los dientes en las arcadas. Mencionó que la base apical:

1. No se modifica por la función masticatoria o el movimiento dentario.
2. Marca el límite de la arcada dentaria.
3. No cambia tras la pérdida de una pieza dentaria

Aceptando esta teoría, si desplazamos los dientes más allá de los límites de esta base apical aparecerán problemas periodontales, problemas de inclinación excesiva vestibular o lingual y obtendremos resultados inestables con tendencia a la recidiva.

Tweed⁴⁵, que fue discípulo de Angle, al trabajar con la filosofía no extraccionista de Angle durante los años 30, observó que los resultados no eran estables a largo plazo. Por ello, basó sus diagnósticos en un enfoque más extraccionista. Raymond Begg⁴⁶, que también fue estudiante de Angle, modificó sus diagnósticos a una filosofía más extraccionista, buscando evidencia antropológica para justificar las exodoncias. Determinó que la dieta derivada de las civilizaciones modernas, donde las necesidades de masticación son menores, suponía un menor desgaste dentario y menos abrasiones dentarias, con lo que las exodoncias justificarían ese desgaste natural que las piezas dentarias deberían sufrir. Surge entonces la teoría extraccionista. No obstante, sería interesante determinar un límite objetivo en cuanto a la cantidad de movimiento dentario hacia vestibular que podrían tolerar las arcadas para así poder resolver casos de apiñamiento leve o moderados. A día de hoy, todavía no se ha establecido claramente ese límite⁴³.

La filosofía extraccionista volvió a decrecer a finales de la década de los 30, emergiendo la filosofía expansionista de las arcadas mediante la teoría de la “formación de hueso”, provocado por un cambio a unas preferencias estéticas más protrusivas en los perfiles junto con el auge de las terapias funcionalistas⁴¹. Pero el hecho que influyó de manera significativa fue que observaron que, realizar exodoncias no implicaba total estabilidad⁴⁷, apareciendo recidivas en casos tratados con exodoncias.

Actualmente, en hilo a la mecánica no extraccionista, existen mecánicas ortodóncicas⁴⁸ que, según su desarrollador, aseguran poder conseguir movimientos de los dientes a vestibular sin realizar movimientos de inclinación, mediante fuerzas más fisiológicas de escasa magnitud. Esto generaría una expansión más “biocompatible” de las arcadas, pudiendo resolver apiñamientos dentarios más severos sin exodoncias, evitando problemas periodontales y proporcionando la estabilidad necesaria para evitar la recidiva. Para justificar y argumentar esta mecánica presentan registros mediante tomografía computerizada donde muestran el hueso dentoalveolar sano después de aplicar esa expansión. No obstante, a día de hoy, no sabemos cuál es límite transversal para cada paciente en particular, ni si este límite guarda relación entre la base ósea y el arco dentario⁴⁹.

En el año 2000, W Andrews y L Andrews⁵⁰ definieron la cresta WALA (“WALA ridge”), como la estructura superficial de referencia del hueso basal mandibular, la cual marcaría los límites de la expansión y la forma de arcada mandibular (Figura 25). El término WALA es el acrónimo de los dos autores que participaron en su descubrimiento⁵¹. La definieron como aquella línea de máximo contorno del proceso alveolar observada desde una perspectiva oclusal y propusieron que la distancia de los dientes mandibulares, medida desde los puntos EV (eje vestibular) o centro de la corona clínica marcaría las necesidades de expansión del maxilar superior, ya que las posibilidades de expansión inferior estarían más limitadas por esas distancias (Figuras 25 y 26).

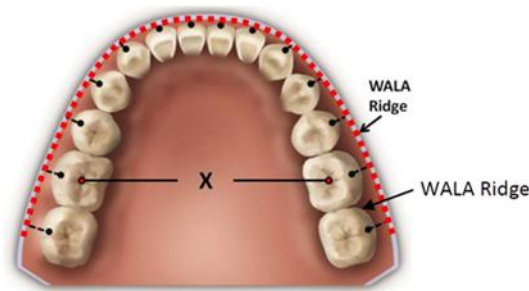


Figura 25. *Visión oclusal donde podemos visualizar WALA ridge y los puntos del centro de la corona clínica (puntos EV o puntos FA) desde donde se realiza la proyección a la cresta WALA para medir las distancias y así determinar el límite de expansión dental inferior. Tomado de Andrews LF⁵⁰.*

Para su estudio, W Andrews y L Andrews utilizaron modelos de arcadas inferiores con oclusión ideal basadas en las seis llaves de Andrews, estableciendo

unas distancias “ideales” entre los puntos EV o centro de la corona clínica y la cresta WALA:

- Incisivo central: 0,1mm
- Incisivo lateral: 0,3 mm
- Canino: 0,6mm
- Primer premolar: 0,8mm
- Segundo premolar: 1,3 mm
- Primer molar: 2 mm
- Segundo molar: 2,2 mm

Mediante estos valores y tras la definición y la utilidad de la cresta WALA, W Andrews y L Andrews pretenden establecer el resultado de un tratamiento mediante expansión, conservando los dientes en hueso trabecular o biozona.

Diferentes estudios han tratado de establecer las distancias de los dientes a la cresta WALA en diferentes situaciones^{41,52,53}.



Figura 26. Representación de la línea WALA ridge como la línea de máximo contorno óseo.
Fuente: archivo personal.

Cuando hablamos de forma de arcada, debemos distinguir entre la arcada alveolar, formada por los dientes y el hueso alveolar, de la arcada basal, situada mucho más apical, casi a la altura de los ápices dentarios.

En cuanto a las formas de arcada no existe una clasificación clara de ellas, pudiendo encontrar formas de arco redondas, cuadradas, triangulares, parabólicas, etc. Lee et al.⁵⁴ expusieron un método para clasificar las diferentes formas de arcada en sujetos con oclusión normal. Analizaron la anchura de la base ósea, de la arcada dentaria, el tamaño de los dientes y las inclinaciones de los dientes posteriores en una muestra de 360 sujetos, clasificando las arcadas como estrecha, media y ancha.

Para poder valorar una forma de arcada podemos medir la anchura intercanina y la anchura intermolar, relacionándolas entre sí. La arcada inferior y la superior deben estar coordinadas en cuanto a la forma de arcada. No obstante, a veces las formas de arcada superior e inferior difieren entre sí debido a una maloclusión¹.

Por ejemplo, en una clase II división primera la arcada superior suele estrecharse y adquirir forma triangular. Al relacionar los modelos o las arcadas dentarias en una relación de clase I podremos visualizar la estrechez que se genera en la arcada superior en muchas ocasiones y que no es posible visualizarla en la relación habitual de clase II. Por este motivo, muchos tratamientos de clase II división primera, a pesar de no mostrar una discrepancia transversal aparente con la consecuente mordida cruzada posterior, se empiezan mediante una expansión maxilar basal¹.

Las formas de arcada juegan un papel importante en los diagnósticos y los planes de tratamiento, especialmente por las limitaciones a ciertos movimientos dentarios. Muchos ortodoncistas que han realizado movimientos de expansión dentaria se han dado cuenta de la influencia que ejerce la forma del hueso basal, es decir, la forma de la arcada basal⁵⁵.

Lundstrom⁴⁴, en su teoría de la base apical, ya indicó que los límites de la expansión debían definirse en hueso basal, ubicado a nivel apical en las raíces dentarias. Determinó que los tratamientos ortodóncicos no debían modificar ese ancho basal ya que, de lo contrario, los resultados obtenidos no podrían mantenerse. Howes⁵⁶ propuso que la arcada basal se refiere al hueso alveolar que encontramos bajo los dientes mandibulares, en el tercio apical de los alveolos. Según Howes, esta zona sería un área comprimida de los alveolos localizada generalmente a unos 8mm más apical del margen gingival.

Esta zona la podríamos palpar tras una exploración clínica, y analizar su posición anteroposterior en los análisis cefalométricos. Así, encontramos el punto A y el punto B en las cefalometrías, que determinan el punto más anterior y las bases apicales, pero no permiten determinar ni la forma ni el ancho de la base apical.

Varios estudios han analizado la posición de los dientes en el hueso basal, utilizando diferentes métodos para determinar esta relación. En 1945, Tweed⁵⁷ describió un método para buscar la relación entre la base ósea y la inclinación del

incisivo inferior seccionando modelos dentales por la mitad. Oda et al.⁵⁸ mostraron un método mediante tomografía computerizada para evaluar y localizar la forma de la base apical mandibular, junto con un análisis de la posición de los dientes en esta base apical.

Una forma más sencilla y fiable clínicamente para determinar el ancho basal fue descrita por Andrews⁵⁰ en el año 2000 como hemos mencionado anteriormente. Indicó que los puntos FA o puntos EV (eje vestibular de la corona clínica, punto más prominente de la corona clínica y lugar donde deberían cementarse los brackets) representarían la forma de la arcada dental y la cresta WALA reflejaría la forma de la arcada basal, en el mismo nivel vertical. Los puntos WALA serían los puntos más prominentes del tejido blando a nivel de la cresta que une la encía libre y la encía adherida, es decir, justo en la unión mucogingival. La cresta WALA sería la banda de tejido blando queratinizado directamente adyacente a la línea mucogingival (Figuras 25 y 26).

Diferentes estudios^{41,52} han determinado que la cresta WALA puede ser utilizada para determinar la forma de arcada basal, dando una representación bastante fiable de la base ósea. En 2008, Ronay et al.⁴¹ escanearon los modelos de 35 individuos clase I dental y esquelética para crear modelos virtuales en 3D y analizar la utilidad del WALA ridge y los puntos FA como determinantes de la forma de arcada y representación del arco basal. Por cada modelo obtuvieron dos formas de arcada, una vendría representada por la unión de los puntos FA y la otra por la unión de los puntos WALA, obteniendo una forma de arcada “dental” y otra forma de arcada “basal”. Obtuvieron una relación bastante significativa entre ambas formas (dental y basal) para cada individuo en particular que a la vez estaban individualizadas al ser comparadas las de unos modelos con otros. Concluyeron pues que ambas formas de arcada, la dental (representada por la unión de los puntos FA) y la basal (representada por el WALA ridge) eran individuales para cada modelo, por lo que no podían ser extrapoladas como formas de arcada generalizadas. Así pues, el WALA ridge puede ser una guía clínica bastante fiable para individualizar nuestras arcadas⁴¹.

Más tarde, en 2010, Ball et al.⁵² llevaron a cabo un estudio buscando diferencias entre pacientes clase I y pacientes clase II división primera en relación a las dimensiones transversales dentales y basales utilizando los puntos FA y puntos WALA. No encontraron diferencias significativas ni entre la forma de la

arcada dental y en la forma de la arcada basal entre los dos grupos, pero determinaron que los puntos WALA, como puntos de referencia de hueso basal pueden ser útiles para predecir la arcada dental ideal, creando un resultado ortodóncico más estable⁵². En el mismo año, Gupta et al.⁵⁹, intentó determinar si existían diferencias entre clase I y clase II división primera utilizando también los puntos FA y puntos WALA para determinar la forma de arcada dental y basal, en sujetos adultos y adolescentes. Concluyeron que, tanto las dimensiones de la arcada dental como la base ósea de la mandíbula en sujetos clase I y clase II división primera es casi la misma, no encontrando de manera significativa formas de arcada dental y basal diferentes entre adolescentes y adultos⁵⁹.

Hoy en día, existen formas de arcadas estandarizadas en los arcos de alambre utilizados para nuestros tratamientos ortodóncicos. Lombardo et al.⁶⁰, trató de comparar las formas de arcada existentes en el mercado con las formas de arcada de la población caucásica, utilizando los puntos FA y WALA ridge. Encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las formas de los arcos disponibles en el mercado y la cresta WALA, excepto en la anchura intercanina. Por tanto, concluyeron que ninguno de los arcos comerciales examinados representaba la forma de la arcada dental "ideal"⁶⁰.

Comparando pacientes clase II y clase III esquelética, en 2014 Wei Zou et al.⁵⁵ llevaron a cabo un estudio buscando la relación entre el hueso basal, la arcada dental y las distancias intercaninas y molares en los dos tipos de maloclusión. Encontraron que la distancia intercanina e intermolar tanto a nivel dentario como basal era significativamente mayor en la clase III. En ambos grupos, tanto en la clase II como en la clase III encontraron una buena correlación entre el ancho de la arcada dental (representada por la unión de los puntos FA) con el ancho de la arcada basal (representada por la unión de los puntos WALA).

Podemos considerar entonces el WALA ridge como punto de referencia diagnóstico de gran utilidad para identificar e individualizar la forma de la arcada de un sujeto en particular, estableciendo los límites de la anchura transversal dentoalveolar para nuestros tratamientos de expansión.

Las diferentes formas de arcada derivados de los desiguales anchos de las arcadas también se han relacionado con el sexo, la raza y el biotipo facial vertical. Prasad et al.⁶¹ encontró que las arcadas dentarias eran más anchas en los hombres que en las mujeres en un estudio sobre población india analizando 180 sujetos no

tratados. Además, encontró que los anchos de las arcadas disminuían a medida que el ángulo del plano mandibular en relación a la base del cráneo aumentaba, por lo que los sujetos con patrones más verticales o dolicofaciales presentaban arcadas más estrechas que los mesofaciales o braquifaciales. Al comparar sus resultados con otros estudios con otra base poblacional encontraron diferencias según la etnia y raza. Se sugiere pues la importancia de arcos de alambre individualizados de acuerdo con la forma y el ancho de arcada previo al tratamiento ortodóncico en cada paciente en particular⁶¹.

La modificación de la forma de arcada basal más allá de sus límites puede desembocar en problemas periodontales y recidivas. Esta recidiva se ha relacionado especialmente con la modificación de la anchura intercanina. Debemos distinguir aquellos cambios en el ancho de las arcadas que se producen por el propio crecimiento de los que son inducidos por los aparatos ortodóncicos. Durante el recambio dental, la zona donde más aumenta el ancho de la arcada es en la distancia intermolar, la cual sigue creciendo hasta los 18 años aproximadamente. Entre los 7 y los 12 años de vida, se produce un mayor incremento de las anchuras en los varones que en las mujeres y en mayor medida en el maxilar superior que en la mandíbula⁶².

Las arcadas dentarias deben coordinarse, con el objetivo de adaptar la oclusión. Las inclinaciones bucolinguales, sobre todo en los dientes posteriores, deberían pues adaptarse a los cambios en anchura que sufran las arcadas dentarias. Rui Shu et al.³⁰ buscaron la relación entre la forma de arcada y la inclinación bucolingual de los sectores posteriores, en sujetos clase II división 1ª y sujetos clase I. Encontraron que, en los sujetos clase II división primera, donde se presentaba una forma de arcada más estrecha, las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores maxilares eran más negativas (estaban más lingualizados) que en los sujetos clase I donde las arcadas eran más anchas. En la mandíbula, sin embargo, no encontraron diferencias significativas. Por tanto, la forma de arcada, definida por su anchura en los diferentes sectores (canino, premolar y molar) determina o condiciona una mayor o menor inclinación bucolingual de los dientes.

1.5. ANÁLISIS TRANSVERSAL MAXILO-MANDIBULAR

1.5.1. Discrepancia transversal ósea y/o dentoalveolar

Aunque la mayoría de los tratamientos de ortodoncia para solucionar problemas transversales se centran en el maxilar superior, es importante conocer que existen compensaciones dentales para discrepancias esqueléticas maxilo-mandibulares. Estas compensaciones se muestran en el maxilar superior y en la mandíbula⁶³.

De manera tradicional, en muchas ocasiones la evaluación de las discrepancias entre ambos maxilares se llevaba a cabo mediante un examen clínico, siendo la presencia o no de una mordida cruzada posterior (unilateral o bilateral) como un factor determinante para la necesidad de una expansión maxilar. No obstante, no siempre ha sido posible distinguir adecuadamente entre una situación de compresión maxilar esquelética pura o una compresión simplemente dental. Incluso ambas situaciones se pueden dar simultáneamente.

Lo importante sería pues determinar en un análisis transversal adecuado si la discrepancia transversal se encuentra a nivel esquelético o si está centrada a nivel dental.

Son varios los métodos propuestos para el diagnóstico de los problemas transversales dentales y/o esqueléticos. Ricketts^{64,65} propuso un análisis de la dimensión transversal ósea como parte de su análisis cefalométrico. Propone cuantificar, mediante la telerradiografía frontal de cráneo, la severidad del problema transversal, distinguiendo si es problema es de causa dental, alveolar o esquelético.

Para el maxilar, el punto jugal (JL y JR) correspondería al punto maxilar y se localiza en el lado derecho (JR) e izquierdo (JL) en la base del hueso maxilar en la profundidad de la concavidad en el contorno maxilar lateral, en la unión del maxilar con el hueso cigomático. La dimensión transversal maxilar vendría representada por la distancia horizontal que une ambos puntos (Figura 27 A).

Para la mandíbula, la dimensión transversal sería la unión entre los dos puntos antegoniales (AG), derecho e izquierdo. Estos puntos se localizan en ambos lados, derecho e izquierdo del cuerpo mandibular en la profundidad máxima del

contorno curvo del borde inferior de la mandíbula, por debajo y medial del ángulo goníaco (Figura 27 B).

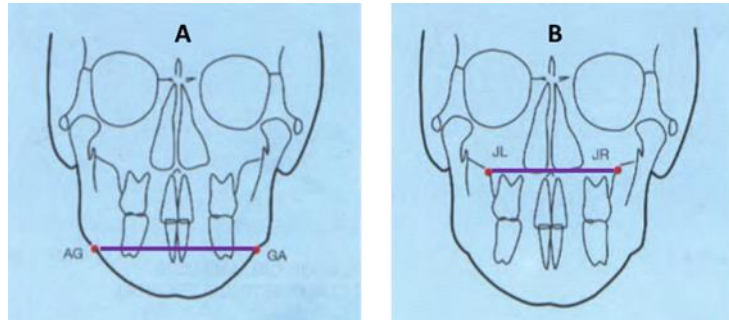


Figura 27. Representación del ancho mandibular en A y del ancho maxilar en B. Puntos Yugales (JR-JL) y puntos antegoniales (AG-GA). Fuente: Gregoret J.³⁹.

En el campo del problema esquelético, su análisis se lleva a cabo mediante la medición de la distancia medida desde el punto maxilar (punto JL/JR) y el plano frontofacial (ZL/AG; ZR/AG), ya que el problema transversal se debía analizar en ambos lados, derecho e izquierdo. La distancia como norma en ambos lados debía de ser 10mm +/- 1,5mm. Esta distancia aumenta 0,2mm con la edad, pero teniendo en cuenta las diferencias entre hombres y mujeres, en las mujeres el valor definitivo se alcanza a los 15 años y en los varones se prolonga hasta los 20 años (Figura 28).

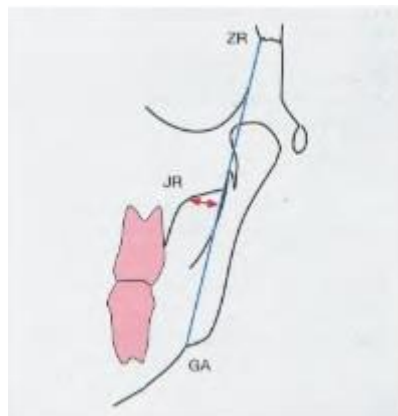


Figura 28. Distancia medida desde el punto maxilar JR al plano frontofacial ZR/AG. Esta medida también se debe hacer en lado izquierdo del mismo modo. Fuente: Gregoret J.³⁹.

Para la anchura del hueso maxilar, Ricketts nos da unos valores de 62mm +/- 3mm a los 9 años con un aumento de 0,6 mm por año hasta final de crecimiento craneofacial. Respecto a la anchura mandibular, establece como norma 76 mm +/- 3

mm a los 9 años, aumentado 1,4mm por año hasta fin de crecimiento. De esta forma se establecen diferentes dimensiones transversales óseas para el maxilar y mandíbula en función de la edad del paciente.

Para determinar la necesidad de expansión maxilar o cuantificar la discrepancia ósea transversal, conociendo el valor de dimensión transversal maxilar y mandibular, podemos hallar la diferencia restando a la dimensión mandibular la dimensión maxilar. Por ejemplo, la norma para un adulto en cuanto a la dimensión maxilar (JL-JR) sería 66,2mm y para la mandíbula (AG-GA) 85,8mm, por lo que la diferencia ideal medida en esos puntos sería de 19,6mm. Si tuviésemos un paciente con una distancia JL-JR de 56mm y una mandíbula AG-GA de 83mm, al restar la diferencia obtendríamos un valor de 30mm de diferencia maxilo-mandibular. Como lo ideal serían 19,6mm de diferencia podemos extrapolar entonces la necesidad de una expansión maxilar de 10,7mm.

En 1999, Vanarsdall⁶⁶ propuso el uso de un diferencial donde quede reflejada la discrepancia maxilo-mandibular ósea como herramienta de diagnóstico en los problemas transversales. Este método se basó en las normas y medidas de Ricketts, en las cefalometrías anteroposteriores de cráneo. Se midieron el ancho maxilar (JL-JR) y el ancho mandibular (AG-GA), se calcularon la discrepancia entre ambos y se compararon con las normas de Ricketts. Normalmente, la diferencia debe estar dentro de los 5mm. Si es más de 5mm, tendríamos un problema transversal⁶⁷.

Una gran limitación de este método es que el punto de referencia para el ancho mandibular (AG) se encuentra ubicado en una localización muy alejada de la dentición mandibular, pudiendo no ser un punto de referencia preciso para determinar el ancho transversal del hueso basal mandibular⁶⁷. En cuanto a las normas utilizadas para la dimensión transversal maxilar y mandibular en hombre y mujeres, también se han encontrado discrepancias en las mediciones de radiografías anteroposteriores⁶⁸. Además, debemos mencionar las limitaciones de las cefalometrías anteroposteriores para identificar en algunos casos los puntos jugales y antegoniales, junto con los problemas de superposición de estructuras. Algunos autores han demostrado que estos análisis no son lo suficientemente sensibles como para detectar adecuadamente los problemas transversales^{63,69}.

Andrews, en su elemento tercero, dedicado a analizar la relación transversal maxilar y mandibular, describe el método basado en puntos de referencia de dentales y óseos⁵⁰. Se basa en el supuesto de que la cresta WALA (WALA ridge)

determina en ancho basal del hueso mandibular. Esta cresta WALA coincide según Andrews con la parte más prominente del hueso alveolar vestibular, al ver la arcada inferior desde oclusal (Figura 29). Esta cresta WALA coincidiría con la unión mucogingival y estaría próxima al centro de resistencia de los molares mandibulares. En un paciente adulto, la cresta WALA y el ancho de la mandíbula no se verán modificados por el tratamiento ortodóncico convencional.

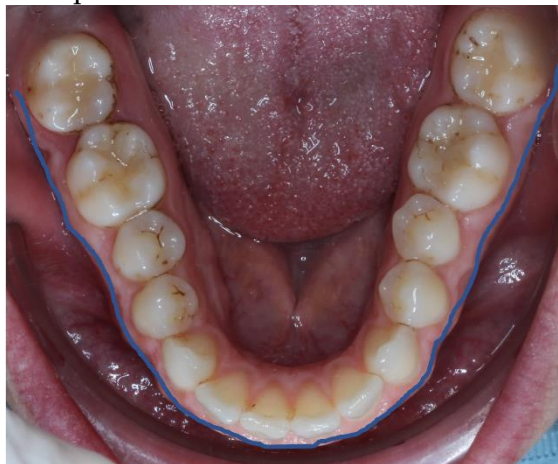


Figura 29. Vista oclusal de la ubicación del WALA ridge. Fuente: archivo personal.

Para determinar la discrepancia, el primer paso sería reflejar el ancho mandibular, que se corresponde con la distancia horizontal desde la cresta WALA del lado derecho a la cresta WALA del lado izquierdo. Según Andrews, la posición óptima de los molares en los alveolos sería una posición enderezada y el punto FA (punto EV o centro de la corona clínica) debería situarse horizontalmente a 2 mm de la cresta WALA. Por tanto, el ancho mandibular sería la distancia WALA-WALA menos 4 mm (Figura 30).



Figura 30. Determinación de las distancias WALA-WALA y FA-FA mandibulares. Fuente: Tamburrino RK et al. ⁷⁰.

El ancho del maxilar superior se basa en la optimización de la inclinación de los molares superiores. Se debe medir la distancia horizontal desde el punto FA del molar derecho al punto FA del molar izquierdo. Posteriormente, se observa la angulación de los molares superiores y se estima la cantidad de cambio horizontal en la distancia FA-FA que se producirá con el enderezamiento de los molares superiores derecho e izquierdo. La cantidad de enderezamiento se resta a la medición inicial de FA-FA. El resultado final será el ancho maxilar basal (Figura 31).

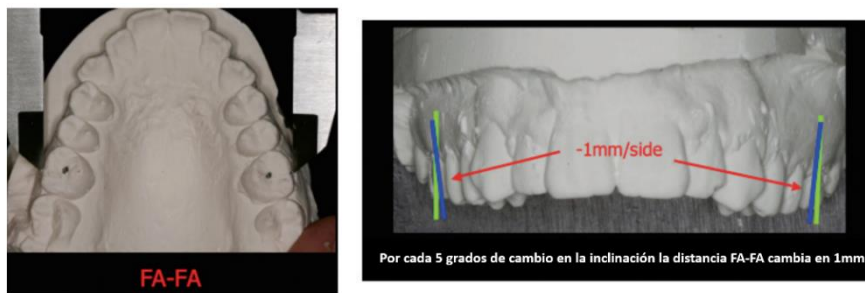


Figura 31. Determinación de la distancia FA-FA maxilar y el cambio estimado al enderezar los molares. Fuente: Tamburrino RK et al.⁷⁰.

Para obtener una posición adecuada y óptima, donde los molares intercuspidasen adecuadamente con una inclinación buena, Andrews considera que el ancho del maxilar superior debe ser 5 mm mayor al ancho de la mandíbula⁷⁰.

Mcnamara⁷¹ utiliza la anchura intermolar (dimensión transpalatina) como referencia para analizar la dimensión transversal del maxilar superior (Figura 32). Según su análisis, la dimensión transpalatina en un adulto debería oscilar entre los 36 y los 38 mm. En dentición mixta entre los 34 y los 35 mm (Figura 33). Este autor afirma que una arcada desarrollada adecuadamente a nivel transversal puede albergar y adecuar una dentición con un tamaño normal⁷¹.

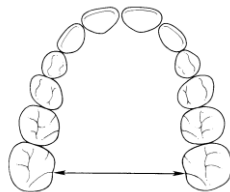


Figura 32. Dimensión transpalatina maxilar, medida en la intersección del surco lingual con el margen gingival. Fuente: James A. McNamara Jr.⁷¹.

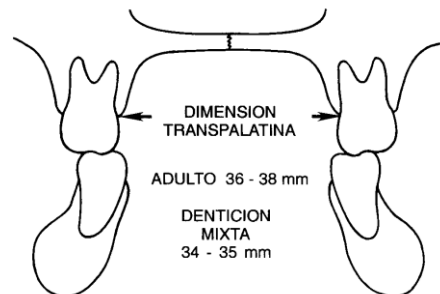


Figura 33. Dimensión transpalatina ideal de un paciente adulto y de un paciente con dentición mixta (corte frontal). Fuente: James A. Mcnamara Jr.⁷¹.

Pedro Lorente⁷² en el 2002 publicó en la revista “Ortodoncia Española” una clasificación de las diferentes maloclusiones transversales que nos podemos encontrar, con el objetivo de tener un mayor conocimiento de ellas y así poder tratar correctamente todas las variantes. Lorente P determinó que en las maloclusiones transversales encontramos compensaciones dentoalveolares a nivel del plano frontal. Según este autor y como también menciona Mcnamara⁷¹ debemos descompensar todas aquellas compensaciones dentoalveolares que se han producido antes de iniciar un tratamiento que cree un cambio esquelético transversal (Figura 34).

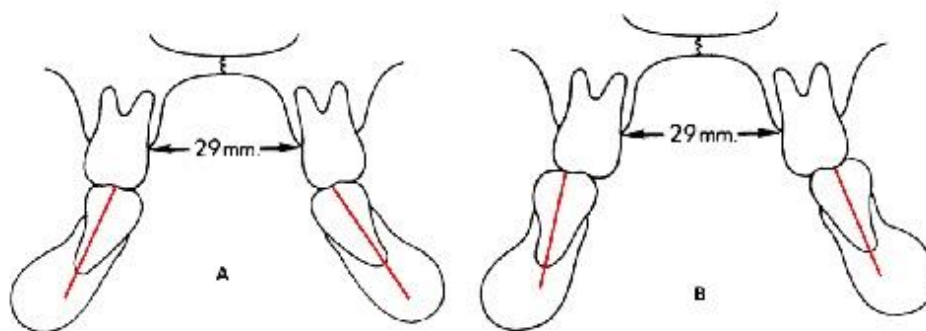


Figura 34. Representación de un maxilar con compresión, con una dimensión transpalatina de Mcnamara de 29 mm. Véase como en A no existe una mordida cruzada posterior debido a la compensación dentoalveolar de los molares inferiores, los cuales se encuentran muy inclinados lingualmente. En B, después de la descompensación dentoalveolar de la arcada inferior se muestra la mordida cruzada posterior bilateral anteriormente camuflada. Fuente: James A. Mcnamara Jr. ⁷¹.

Los métodos presentados hasta ahora, se basan en medidas realizadas sobre modelos dentales o cefalometrías anteroposteriores. Las limitaciones que muestran

las cefalometrías anteroposteriores ya han sido mencionadas. Al utilizar modelos de escayola para la evaluación transversal de un paciente nos encontramos ante la imposibilidad de valorar la posición de las raíces en el hueso basal. En muchas ocasiones la determinación del eje longitudinal del diente para valorar su inclinación es difícil por el desgaste dentario o la irregular morfología coronal.

Con la llegada de las imágenes en los tres planos del espacio (3D) provenientes de la tomografía computerizada de haz cónico (CBCT) es posible visualizar y medir, de un modo más preciso, las dimensiones transversales y dentoalveolares en cada paciente en particular.

Las imágenes provenientes del CBCT nos permiten establecer una relación entre el ancho maxilar, el ancho mandibular y las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores en ambas arcadas, las cuales se encuentran compensando o camuflando muchas de las discrepancias transversales óseas que se nos presentan.

Lee KM⁶⁹ en 2014 buscó la correlación entre las medidas obtenidas de las imágenes provenientes de las cefalometrías anteroposteriores y las obtenidas mediante un CBCT. Encontraron importantes diferencias significativas entre las medidas obtenidas con un método y otro, por lo que sus resultados sugieren que para un correcto análisis transversal es necesario la realización de un estudio tridimensional como el que aporta un CBCT.

Una revisión sistemática llevada a cabo por Sawchuk et al.⁷³ trató de evaluar la precisión y fiabilidad de las diferentes herramientas de diagnóstico disponibles para el análisis de las discrepancias transversales del maxilar. Indicaron que el uso de índices basados en mediciones sobre modelos de escayola no era fiable para su uso como método diagnóstico. También encontraron una mayor fiabilidad en las imágenes derivadas del CBCT que las cefalometrías provenientes de radiografías anteroposteriores en dos dimensiones.

Al analizar la dimensión transversal en el CBCT a través del plano frontal, deberíamos ver unas dimensiones adecuadas del maxilar y la mandíbula, junto con una relación adecuada respecto a las inclinaciones vestibulo-linguales de los dientes posteriores. Las raíces de los dientes se deben ubicar en el centro del hueso

alveolar, inclinándose los molares superiores a vestibular y los inferiores a lingual, ambos levemente (Figura 35)⁶⁷.



Figura 35. Corte coronal o frontal a nivel de los primeros molares. Las raíces de los molares maxilares y mandibulares deben estar en el centro de la medular ósea. Véase como los molares superiores tienen una ligera inclinación a vestibular y los inferiores a lingual. Fuente: Chung CH⁶⁷.

Miner et al.⁶³ en 2012 llevaron a cabo un estudio donde analizaron 241 CBCT para analizar la dimensión transversal maxilar y mandibular, relacionándola con la inclinación de los primeros molares y la existencia o no de una mordida cruzada (Figura 36).

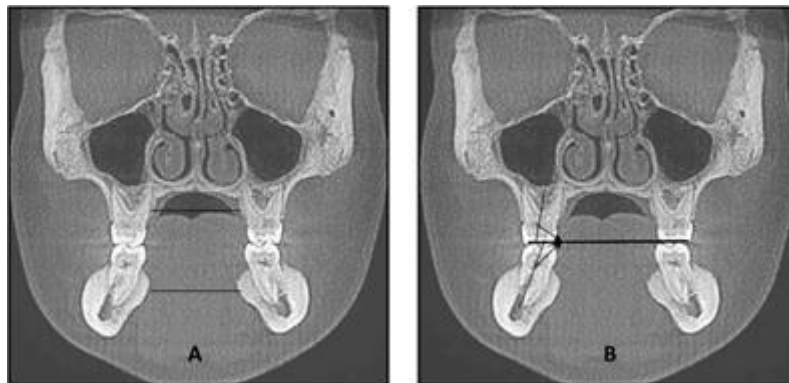


Figura 36. En A, Dimensión transversal maxilar y mandibular medida a nivel medio del hueso alveolar. En B, inclinación bucolingual de los molares superiores e inferiores. Fuente: Miner RM et al. ⁶³.

Obtuvieron que, en el grupo control con oclusión normal, el ancho maxilar medido a nivel del hueso alveolar en lingual de primeros molares maxilares y mandibulares, era de aproximadamente 1,2 mm +/- 2,9mm menos que el ancho

mandibular. También encontraron que el grupo de mordida cruzada bilateral y unilateral presentaba unos maxilares esqueléticamente más estrechos, pero también una dimensión mandibular aumentada. Respecto a las inclinaciones dentales, el grupo de mordida cruzada unilateral tenía más dientes enderezados en el lado sin mordida cruzada. En los grupos sin mordida cruzada se mostraban compensaciones dentarias de convergencia superior o convergencia inferior (Figura 37). Determinaron entonces que, los pacientes sin mordida cruzada pueden tener una discrepancia transversal importante que justifique un tratamiento ortodóncico⁶³.

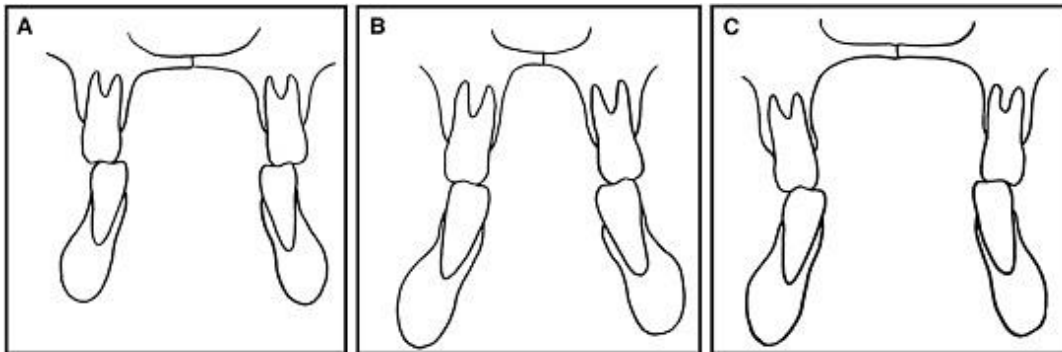


Figura 37. *A, grupo control. B, grupo con convergencia superior. C, grupo con convergencia inferior. Fuente: Miner RM et al.⁶³.*

La publicación de artículos que analizan la dimensión transversal en CBCT y la relacionan con la inclinación bucolingual de los dientes posteriores u otras condiciones clínicas se ha visto incrementada en los últimos años⁷⁴⁻⁷⁸.

Arboleda-Ariza et al.⁷⁴, compararon la dimensión transversal del maxilar superior en pacientes con caninos impactados con la de pacientes sin impactación. Encuentra que los sujetos con caninos impactados, unilateral o bilateralmente presentan una dimensión transversal maxilar menor que los sujetos sin impactación. Proponen un adecuado análisis transversal para completar nuestro diagnóstico como herramienta preventiva ante la posible impactación de caninos.

Miner et al.⁷⁵, en 2015 buscaron qué medida transversal podría ser más predictiva de una mordida cruzada, si la medida en el punto jugal (punto J), el análisis transversal basado en CBCT o la medida transversal basada en medir el ancho transpalatino. Encontraron que el análisis basado en CBCT fue en general

mejor tanto en el valor predictivo como en la sensibilidad y especificidad. Además, este análisis permite distinguir entre discrepancias esqueléticas y dentales.

También se ha buscado la posible relación entre la dimensión transversal maxilar y mandibular con los distintos patrones faciales. Hwang et al.⁷⁷ encontró que un ángulo mandibular aumentado (patrón dolicofacial) se asociaba a una tendencia a estrechamiento de la arcada mandibular. Los anchos intermolares y las inclinaciones de los molares no se vieron afectos por el patrón facial vertical.

En el mismo año Hwang et al.⁷⁶ buscó la relación entre los diferentes patrones sagitales esqueléticos (clase I, clase II y clase III) con la dimensión transversal. Los pacientes clase II no mostraron diferencias en el ancho maxilo-mandibular y en el ancho maxilar comparados con los sujetos clase I. Los pacientes clase III mostraron mayores discrepancias maxilo-mandibulares y unos maxilares más estrechos, junto con unos molares superiores inclinados vestibularmente y lingualmente los inferiores. Estos resultados son similares a los encontrados por Ahn et al.⁷⁸ encontrando compensaciones dentarias transversales importantes relacionadas con un ANB de clase III y con un problema transversal derivado de una asimetría mandibular.

En los casos donde existe un maxilar estrecho, o una mandíbula ancha, pero que el resultado sea una discrepancia ósea maxilo-mandibular menor de lo deseado, los molares superiores van a tender a inclinarse vestibularmente y los inferiores a lingualizarse, generando una curva de Wilson aumentada (Figura 37, B).

Para un maxilar ancho, o una mandíbula reducida, pero que el resultado sea una discrepancia maxilo-mandibular mayor de lo ideal, los molares superiores se inclinarán hacia lingual y los inferiores lo harán a vestibular, generando una curva de Wilson invertida (Figura 37, C).

Una curva de Wilson muy pronunciada, con unas cúspides palatinas de molares superiores muy descendidas, podrían generar interferencias durante los movimientos excéntricos mandibulares.

El objetivo sería entonces aumentar la dimensión transversal a nivel basal, generando una expansión lo más esquelética posible, permitiendo que las cúspides palatinas de los molares superiores ocluyan de forma adecuada en las fosas centrales de los molares inferiores. Para ello, tal y como mencionaba Mcnamara^{71,79}

y Lorente P⁷², se debe descompensar previamente la situación dental como paso previo a la modificación de la dimensión transversal ósea, ya sea mediante un tratamiento ortopédico, quirúrgico o combinado.

Los diferentes análisis transversales basados en las imágenes CBCT sugieren la necesidad de establecer un método simplificado y rápido para establecer la presencia o no de un problema transversal óseo.

El método para analizar la discrepancia transversal de la Universidad de Pennsylvania se basa en un análisis en el plano frontal de un CBCT⁷⁰. Como referencia del hueso basal mandibular toma la cresta WALA de Andrews (Figura 38), la cual se encuentra próxima al centro de resistencia de los molares y a nivel de la furca de los primeros molares mandibulares (Figura 39)⁸⁰.

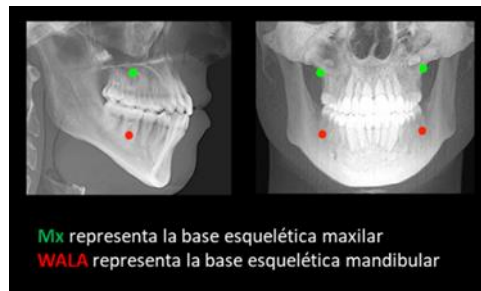


Figura 38. Representación y ubicación de los puntos de referencia maxilar (puntos MX) y puntos de referencia mandibular (puntos WALA) para establecer la discrepancia transversal. Fuente: Tamburrino RK et al.⁷⁰.

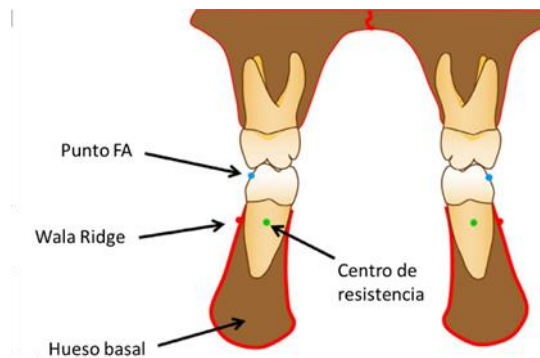


Figura 39. Ubicación del punto WALA ridge en la misma línea horizontal que el centro de resistencia de los molares inferiores. Fuente: Glass TR et al.⁸⁰.

Como la porción apical a la cresta WALA es dimensionalmente estable durante los movimientos dentales, esta zona puede utilizarse como referencia del ancho mandibular y de la arcada del paciente.

Como referencia para el ancho maxilar este análisis toma el punto jugal (punto MX) derecho e izquierdo, evitando así cualquier exostosis de hueso presente a lo largo de la porción vestibular del alveolo (Figura 38).

Por tanto, el análisis transversal de la Universidad de Pennsylvania tomaría referencias de Andrews y de Ricketts. Para la visualización y la determinación de la dimensión transversal en la mandíbula los autores proponen utilizar la visión axial en vez de la coronal, reduciendo así errores de juicio y mejora en la visualización de la parte más vestibular del hueso cortical (Figura 40).

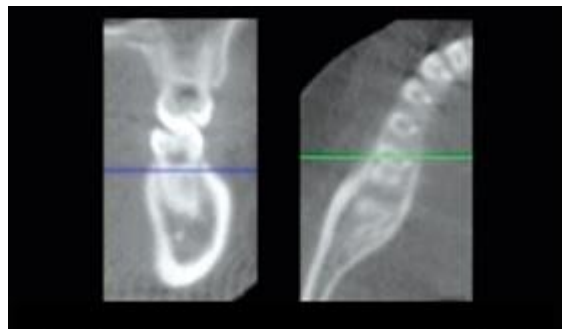


Figura 40. Para la determinación del punto WALA es preferible la visión en el corte axial al corte coronal para reducir los errores. Fuente: Tamburrino RK et al. ⁷⁰.

El análisis de la discrepancia transversal una vez tomadas las dimensiones transversales del maxilar superior e inferior es sencillo. Se obtendría restando al ancho mandibular el ancho maxilar. Tanto Ricketts como Andrews demuestran que la diferencia transversal óptima entre el maxilar y la mandíbula es de 5 mm en pacientes esqueléticamente maduros (Figura 41).

Una investigación realizada por Simontachi-Gbologah et al.⁸¹ verifica la validez del análisis basado en CBCT de la Universidad de Pennsylvania para el diagnóstico de la discrepancia transversal.

A pesar de existir esa medida “ideal” de 5mm entre los puntos Mx-Mx y los puntos WALA-WALA mandibulares, debemos ser conscientes que lo importante es el concepto. Por ello, los autores se sienten cómodos camuflando dentalmente una diferencia esquelética de 2-5mm, siempre y cuando no existan mordidas cruzadas simultáneamente. Para diferencias menores a 2 mm entre el tamaño

maxilar basal y la mandíbula nos deberíamos plantear medios ortopédicos de corrección esquelética⁸².

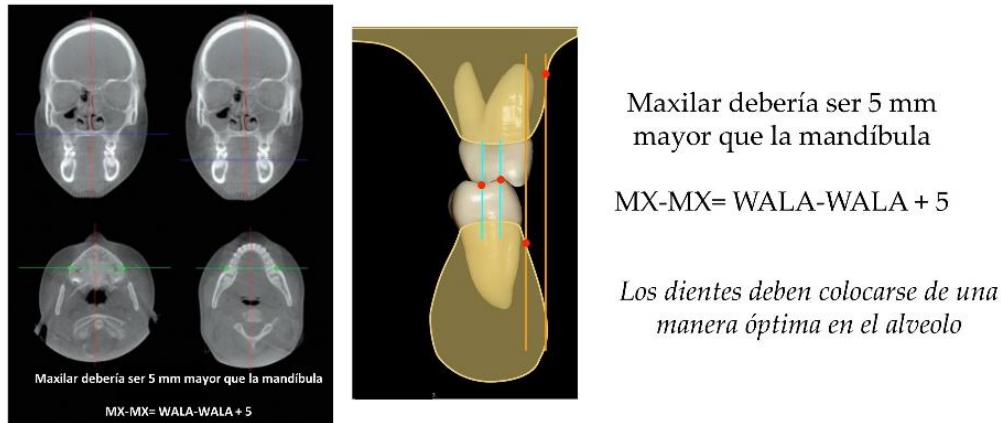


Figura 41. Análisis de la discrepancia transversal ósea basado en CBCT de la Universidad de Pennsylvania. Fuente: Tamburrino RK et al. ⁷⁰.

1.5.2. Posición de los molares en relación a su base ósea

La posición de los molares superiores e inferiores respecto a su base ósea, además de una repercusión funcional, puede tener implicaciones en la estética de la sonrisa.

La posición anteroposterior de molar superior ideal según Angle² es cuando la cúspide mesio-vestibular del primer molar superior coincide con el surco vestibular principal del molar inferior.

Más tarde, con los análisis de Andrews³ se desarrolló más la posición ideal de los molares, introduciendo valores para la inclinación mesio-distal y vestibulo-lingual.

En el plano frontal, se ha postulado la necesidad de generar un torque neutro o torque 0° en los molares superiores, con el objetivo de generar una sonrisa amplia y plena en nuestros pacientes^{83,84}.

La estética facial hoy en día plantea muchos debates dentro de la ortodoncia, ya que genera una corriente expansionista (no extraccionista) frente a la extraccionista.

La corriente no extraccionista postula que, unas posiciones más vestibulizadas de los molares inferiores, con un torque negativo menos acentuado

generaría mayor espacio para las arcadas, permitiendo una adecuada estética facial y suficiente espacio para la lengua.

Por otro lado, la vertiente más extraccionista o menos expansionista, considera que los molares inferiores deben mantener una posición más lingualizada, de aproximadamente unos -30° de torque respecto al plano oclusal. Estos valores están basados en las mediciones de Andrews³.

Según Andrews³, entre el molar superior y el molar inferior debe haber una relación de 3:1, donde el molar superior también debe inclinarse ligeramente a palatino para generar una buena oclusión. Establece un torque de los molares superiores de -9° y de los molares inferiores de -30° .

La determinación de la inclinación y posición de los molares superiores y en general de los dientes posteriores se ha realizado tradicionalmente mediante el análisis de modelos de escayola. Para ello, se debe analizar el modelo desde una visión frontal y posterior, seccionándolo a nivel del surco y fosa central del molar que queramos analizar. Posteriormente, debemos estimar el eje axial del diente en función de la corona clínica.

Evidentemente, esto plantea grandes problemas de sesgo, ya que una corona clínica con alteración anatómica o incluso unas raíces con dilaceraciones radiculares puede generar grandes errores en la medición precisa de la inclinación y posición molar.

Ricketts también propuso un método para analizar la posición de los molares mediante la cefalometría frontal, basada en una telerradiografía frontal de cráneo³⁹. Este método también puede generar un gran número de errores derivados de la superposición de estructuras que nos dificulten la localización exacta de la raíz del molar.

Con la llegada de la Tomografía Computerizada de Haz Cónico (CBCT) se ha hecho posible la identificación de la arquitectura ósea que rodea a los molares superiores e inferiores^{80,85-87}, permitiendo analizar fácilmente la inclinación vestibulo-lingual mediante un corte frontal a nivel del surco y fosa central de los molares^{8,9,12,14,26,31,88-90}.

Brianna Yang¹² en 2019 analizó las inclinaciones bucolinguales de los primeros molares maxilares y mandibulares de sujetos no tratados ortodóncicamente, mediante un análisis basado en CBCT (Figura 42). Dividió la

muestra en tres grupos diferenciando por edad (niños, adolescentes y adultos). Encontró que los molares superiores presentaban una inclinación vestibular, con un ángulo convergente de $21,1^\circ \pm 9,5^\circ$ en niños, $17,3^\circ \pm 8,6^\circ$ en adolescentes y de $9,3^\circ \pm 7,3^\circ$ en adultos. Los molares inferiores mostraban inclinación a lingual con un ángulo convergente de $34,9^\circ \pm 11^\circ$ en niños, $26,6^\circ \pm 9,2^\circ$ en adolescentes y $26,1^\circ \pm 7,7^\circ$ en adultos.

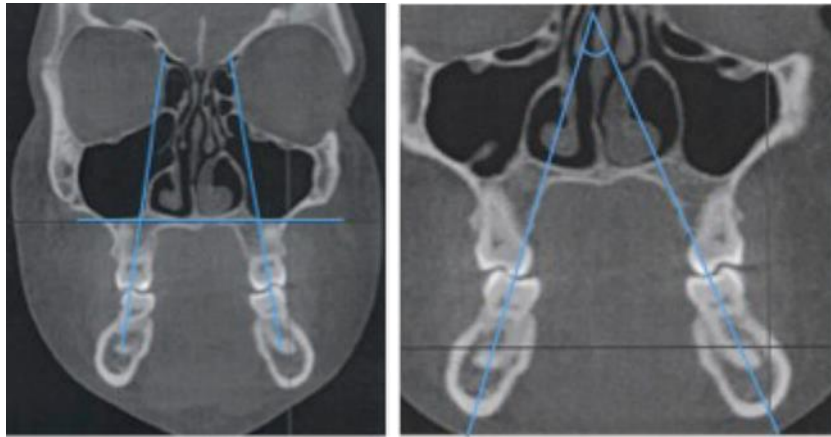


Figura 42. *Ángulo de convergencia para los molares superiores e inferiores, formado por la intersección de los ejes axiales de los molares superiores e inferiores. Fuente: Yang B et al.¹².*

Estos resultados sugieren una disminución de la inclinación con la edad, por la que se van enderezando en su base ósea con el paso de los años. Resultados similares se habían reportado en estudios previos basados en análisis con modelos de escayola^{24,25}.

Rola A⁸⁸, en su estudio mediante CBCT sobre la inclinación de los primeros molares en adultos no tratado encontró resultados similares, con una inclinación vestibular de los primeros molares maxilares y una inclinación a lingual de los molares inferiores. Los valores de inclinación obtenidos fueron de media $4,85^\circ \pm 4,22^\circ$ de inclinación vestibular para los molares maxilares y de $12,59^\circ \pm 5,47^\circ$ de inclinación lingual para los molares inferiores. Los valores no son comparables entre los estudios ya que el método de medición fue diferente entre ambos (Figura 43).

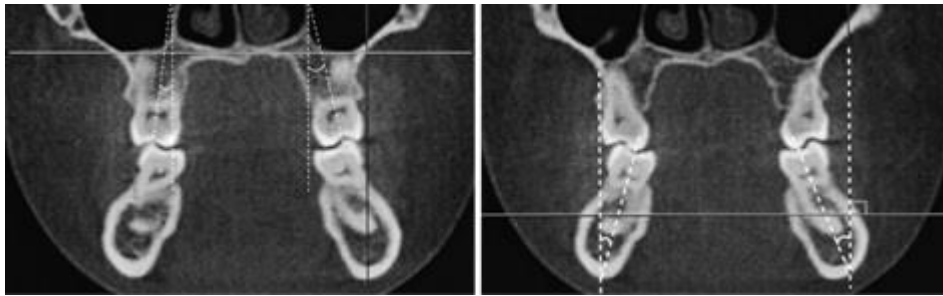


Figura 43. *Inclinación bucolingual de los primeros molares superiores e inferiores en un corte frontal del CBCT. Fuente: Alkhatib R et al.⁸⁸.*

La determinación de la correcta inclinación de los molares no es sencilla de establecer, ya que esta relación puede variar según: la relación sagital ósea y dental (clase I, clase II, clase III), el patrón facial vertical existente, la existencia de una mordida cruzada posterior o una asimetría, etc.

En la literatura, se ha tratado de analizar mediante el CBCT cual es la posición de los dientes en función de la situación sagital y transversal en la que se encuentran, comparándolas entre sexos y en edades diferentes^{12,14,78,91-97}.

Lo importante sería que, de manera ideal, el molar se encontrase ubicado en el centro de la medular ósea (Figura 44), manteniendo a la vez una inclinación vestibulolingual óptima, para que los ejes de los molares trabajen de manera paralela, repartiéndose la fuerzas correctamente sobre el periodonto, asegurando la supervivencia de los molares a largo plazo (Figura 45). Además, una posición y relación adecuada con el molar inferior permitirá que las disolcusiones laterales sean las correctas⁶ (Figura 46).



Figura 44. Corte coronal o frontal a nivel de los primeros molares. Las raíces de los molares maxilares y mandibulares deben estar en el centro de la medular ósea. Véase como los molares superiores tienen una ligera inclinación a vestibular y los inferiores a lingual. Fuente: Chung CH⁶⁷.

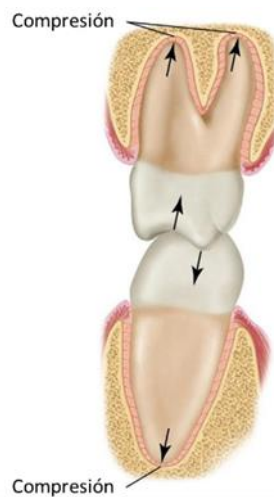


Figura 45. Cuando las puntas cuspídeas contactan con las superficies planas, la fuerza resultante sigue una dirección vertical a través de los ejes longitudinales de los dientes. Este tipo de fuerza es bien aceptada por el ligamento periodontal (LP). Fuente: Jeffrey P. Okeson⁶.

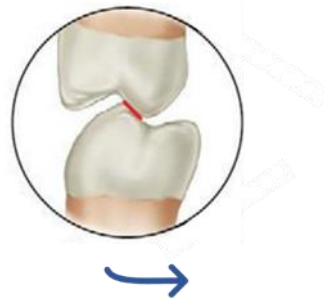


Figura 46. *Movimiento de lateralidad izquierda, donde las vertientes internas de las cúspides palatinas superiores deben contactar con las vertientes internas de las cúspides vestibulares inferiores en el lado de no trabajo, facilitando la disclusión. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶.*

Por el contrario, cuando los dientes antagonistas contactan sobre los planos inclinados, la dirección de la fuerza no sigue los ejes longitudinales de los dientes. Se crean fuerzas de inclinación que tienden a generar compresión en algunas áreas del ligamento periodontal y elongación en otras⁶ (Figura 47).

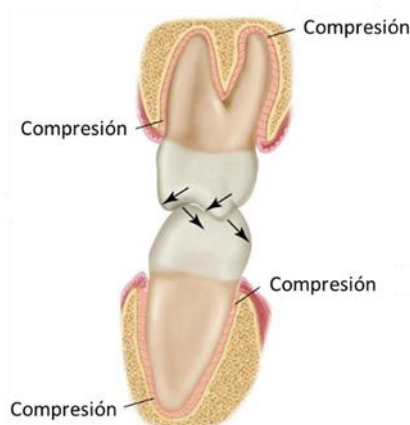


Figura 47. *Representación del contacto sobre planos inclinados, la dirección de la fuerza no sigue los ejes longitudinales de los dientes. Fuente: Jeffrey P. Okeson ⁶.*

Debemos conocer entonces la posición de los molares (principalmente en el torque) previamente a la planificación de un tratamiento de expansión dentoalveolar, el cual implicará en muchos casos una vestibuloversión de los molares superiores. Si la situación inicial era favorable para ese movimiento habremos mejorado al paciente, pero, si la situación inicial ya era desfavorable puede que no consigamos un correcto engranaje dental en la oclusión estática y dinámica.

1.5.3. Tratamiento de la discrepancia transversal

Para escoger el tipo de tratamiento transversal que se le aplicará a un paciente será necesario un correcto diagnóstico.

El tratamiento de la discrepancia transversal es un tema muy extenso, con gran reporte de bibliografía, por lo que no es nuestro cometido en este estudio desarrollar las diferentes aparatologías que nos permiten lograr una expansión.

Hablaremos principalmente de las terapéuticas ideales para solucionar depende de qué problemas transversales, si de origen dentoalveolar o basal.

Como sabemos, la dimensión transversal basal mandibular no puede ser modificada ortopédicamente, ya que el cierre de la sincondrosis a nivel de la sínfisis mandibular cierre a los 8 meses de vida extrauterina aproximadamente⁴³.

Si nos encontramos ante una discrepancia transversal negativa, donde existe un maxilar más estrecho basalmente que la mandíbula, y esta no presenta un ancho desproporcionado, será la modificación transversal del maxilar la opción terapéutica.

Si las discrepancias transversales basales, en ambos sentidos, es decir, con un maxilar más estrecho de lo normal que la mandíbula o viceversa, son de escasa magnitud, sería posible la compensación del problema transversal mediante movimientos dentarios exclusivamente.

Para este tipo de discrepancias transversales encontramos gran variedad de aparatología, fija y removible, capaces de solucionar problemas transversales de origen dentoalveolar o basal, pero de escasa magnitud, donde las posiciones dentales previas sean favorables. Entre ellos encontramos el quad-helix o placas removibles, capaces de realizar cambios en la dimensión transversal.

La capacidad de solucionar una discrepancia transversal negativa mediante una modificación basal, generando cambios esqueléticos en el maxilar superior, se limita, en mayor medida, a los dispositivos conocidos como "disyuntores". Estos dispositivos son fijos y permiten la modificación esquelética de la dimensión transversal maxilar gracias a la apertura de la sutura media palatina mediante fuerzas rápidas e intensas (expansión rápida maxilar, ERM) (Figura 48).



Figura 48. *Disyuntor Hyrax a cuatro bandas en primeros premolares y primeros molares. Véase como después de 15 días de activación transversal a 0,5mm al día se ha conseguido la apertura de la sutura media palatina, reflejándose en la apertura del diastema interincisivo. Fuente: archivo personal.*

La capacidad de los dispositivos removibles o el quad-helix de generar cambios transversales esqueléticos vendrá del grado de maduración del individuo, y principalmente del grado de maduración de la sutura media palatina.

El intento de generar una disyunción maxilar en un paciente con una sutura media en un grado de maduración ósea elevado puede suponer la vestibulización excesiva de los molares, generar retracciones gingivales y dolor⁹⁸.

Los estudios de Garrett et al.⁹⁹, Christie¹⁰⁰ y Kartalian et al.¹⁰¹ muestran, mediante un análisis basado en CBCT, los efectos esqueléticos y dentales de tras una ERM. Además de registrar la apertura de la sutura media palatina, se observó como los primeros molares superiores sufrían una inclinación a vestibular derivada de las fuerzas ejercidas para separar la sutura.

Se ha tratado de evaluar el grado de maduración de la sutura media palatina mediante el CBCT^{102,103}, con el objetivo de ubicar a un paciente en concreto ante las posibilidades de éxito o fracaso con una terapia de expansión maxilar convencional.

En 2013, Angelieri et al.¹⁰² llevó a cabo un estudio donde, mediante cortes transversales en el CBCT, estableció cinco etapas de maduración de la sutura media palatina en función de la morfología y el grado de densidad ósea de la misma, a la vez que presentó un diagrama esquemático para la identificación de las etapas (Figura 49). Las etapas iban desde la "A" a la "D", aumentando la interdigitación de la sutura.

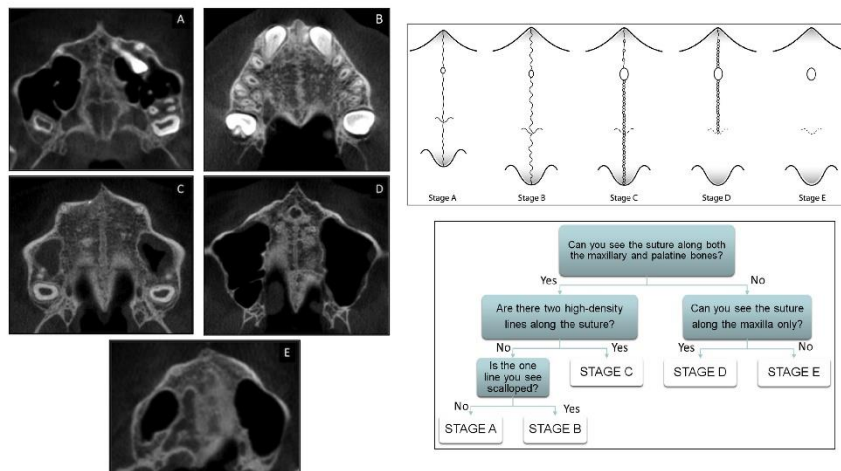


Figura 49. Diagrama esquemático de las 5 etapas de maduración ósea, donde se representan las diferentes morfologías de la sutura desde la etapa A hasta la E. Fuente: Angelieri F et al.¹⁰².

Los estudios de maduración de la sutura media palatina revelan que la edad cronológica no siempre es un buen indicativo en la predicción del éxito del tratamiento con ERM¹⁰⁴.

Ladewig et al.¹⁰⁴ al estudiar la maduración de la sutura media palatina mediante el CBCT en postadolescentes (entre 16 y 20 años), encontró que más del 90% de los sujetos analizados se encontraban en etapas avanzadas (etapas C, D y E). Además, encontró que, en el grupo entre los 19 y los 20 años, había mayor frecuencia de etapas D y E.

Otro aspecto importante de los hallazgos de Ladewig et al.¹⁰⁴ es que entre los 16 y los 20 años no encontraron ningún sujeto en etapa A y sólo el 2,5% se encontraba en etapas B.

La edad cronológica como indicador predictivo podría utilizarse sólo en edades tempranas, donde no se pueda evaluar la sutura media palatina con CBCT.

En 2016, Angelieri et al.¹⁰⁵ en 2016 trató de relacionar el grado de maduración de la sutura media palatina y el éxito de las diferentes terapias para provocar la disyunción de la sutura media palatina. Indicó que, en la etapa de maduración C, la respuesta esquelética sería menor que en las etapas A o B. Para los pacientes con etapas de maduración D o E concluyó que sería necesario una expansión rápida palatina asistida quirúrgicamente “SARPE” (Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion). La osteotomía realizada por el cirujano permitiría la liberación de la resistencia ósea al movimiento del disyuntor cementado sobre el maxilar.

En un paciente adulto donde se requiera un tratamiento de cirugía ortognática, la expansión maxilar puede formar parte de los movimientos deseados. La duda puede surgir si es posible solucionar el déficit transversal maxilar durante la cirugía como un movimiento más o sería necesario la realización de una SARPE previa. Según Betts et al.¹⁰⁶ sería recomendable realizar una SARPE previa a la cirugía ortognática cuando la necesidad de expansión esquelética sea mayor de 7mm.

Es conocido que tras un tratamiento donde exista una vestibulización de los molares habrá efectos indeseados con una disminución en la altura y el espesor del hueso alveolar^{107,108}, junto con mayor prevalencia de dehiscencias óseas y recesiones gingivales⁹⁸.

La situación que se plantea es cuando tenemos un paciente adolescente o post-adolescente, con una posición de los molares óptima pero que la situación respecto al hueso alveolar no tolera efectos indeseables de vestibulización de los molares o que ya se encuentran inclinados a vestibular.

Ante esta situación hoy en día han surgido los disyuntores anclados a microtornillos, los cuales son capaces de generar una disyunción maxilar minimizando los efectos dentoalveolares adversos¹⁰⁹.

Estos dispositivos, pueden ser híbridos (anclados a dientes y microtornillos) o totalmente óseo (sin anclaje dental). A este protocolo se le conoce como MARPE (Microimplant-Assisted Rapid Palatal Expansion) y busca abrir la sutura media palatina en adultos jóvenes y evitar la cirugía de SARPE en algunos adultos.

Existen muchas variantes, encontrando dispositivos con anclaje en molares y dos microtornillos en zona palatina anterior, a ambos lados de la sutura media como el desarrollado por Benedict Wilmes^{110,111}(Figura 50).



Figura 50. *Disyuntor híbrido desarrollado por Benedict Wilmes. En este caso se añaden ganchos para tracción maxilar. Fuente: archivo personal.*

También encontramos el desarrollado por Won Moon el cual consta de cuatro microimplantes colocados en la bóveda palatina¹¹² (Figura 51).

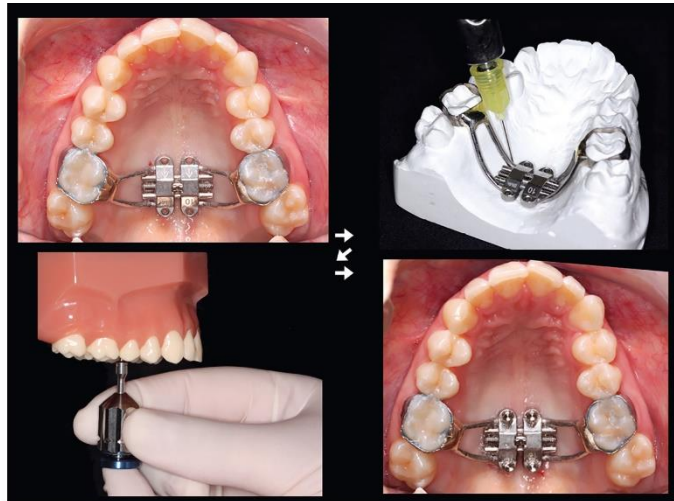


Figura 51. *Disyuntor de Won Moon, procedimiento de colocación. Fuente: Brunetto DP et al. ¹¹².*

Recientemente, con el objetivo de explorar más la vía del MARPE evitando el SARPE a muchos de los pacientes, se ha publicado un protocolo de corticopuntura, que, siendo un procedimiento poco invasivo, busca debilitar la interdigitación de la sutura media¹¹³. Este procedimiento se lleva a cabo conjuntamente con un disyuntor apoyado sobre microtornillos y busca abrir la sutura media palatina en personas de edad más avanzada con grados elevados de densidad ósea en la sutura.

En los casos donde exista una compensación dentoalveolar de manera “natural” del problema transversal, no existiendo por ejemplo una mordida

cruzada posterior que reflejara clínicamente el problema transversal, podría ser necesaria la descompensación dental previa.

Tras la descompensación, se pondría de manifiesto clínicamente el problema de discrepancia basal entre el maxilar y la mandíbula, generándose la mordida cruzada o alterando la relación oclusal normal. Sería entonces el momento de comenzar con un tratamiento de disyunción para solucionar el problema basal.

Si lo que pretendemos entonces es no volver a generar una compensación dental y lo que buscamos son los efectos esqueléticos “puros” o en mayor medida, y tras analizar la maduración esquelética de la sutura vemos etapas avanzadas (C, D o E) nos decantaremos por opciones como el MARPE o la SARPE.

Si, por el contrario, tras generar la descompensación dental, vemos en nuestro análisis del CBCT una etapa de maduración A o B podríamos decantarnos por el disyuntor convencional con anclaje dental, ya que obtendremos efectos esqueléticos en mayor medida.

Es importante tener en cuenta pues el diagnóstico basado en pruebas CBCT, ya que clínicamente se nos puede dar el caso de un paciente con mordida cruzada posterior que nos haga pensar en una discrepancia transversal basal.

Si tras el análisis transversal a este paciente se comprueba que no existe una alteración en las bases óseas y se atisban unas compensaciones dentoalveolares causantes de la mordida cruzada, la realización de una disyunción maxilar podría ser perjudicial para nuestro tratamiento.

La opción indicada en estos casos sería el tratamiento del problema dentoalveolar, modificando las inclinaciones bucolinguales correspondientes y así lograr la armonía oclusal.

1.5.4. Efectos dentoalveolares de la expansión maxilar

De acuerdo a lo expuesto hasta ahora, la expansión maxilar mediante una disyunción maxilar sería el tratamiento ideal para solucionar problemas transversales de origen basal.

Si estos procedimientos generan unos efectos dentoalveolares no deseados, debemos tenerlos presentes y conocerlos antes de iniciar el tratamiento.

Por norma general, si los maxilares presentan un problema basal, la modificación deseada sería aquella en la que sólo se produjesen cambios puramente esqueléticos.

Sin embargo, se ha comprobado que tras una disyunción maxilar existe una versión o inclinación a vestibular de los primeros molares, ya que suelen ser los dientes embandados en los disyuntores dentosoportados^{99-101,109}.

Garrett et al.⁹⁹ llevó a cabo un estudio en 2008 mediante cortes en imágenes del CBCT, buscando cuantificar cuanto porcentaje correspondía a un movimiento esquelético puro y cuanto correspondía a inclinación dental mediante un tratamiento con RME (Rapid Maxilar Expansion) convencional. En sus resultados encontró que, a nivel de los primeros molares, del 100% de la expansión conseguida, sólo el 38% correspondía a un aumento esquelético puro. El 13% correspondía a la flexión alveolar y el 49% restante a la inclinación coronovestibular de los molares (Figura 52).

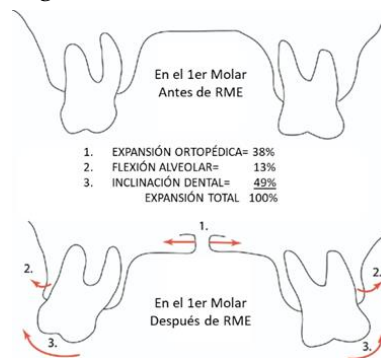


Figura 52. Diagrama representativo antes y después de la RME a nivel de los primeros molares maxilares, donde se muestran los tres componentes de la expansión total. Fuente: Garrett BJ et al.⁹⁹.

Más adelante, en 2010 Christie¹⁰⁰ en un estudio similar, también basado en el CBCT, encontró que tras la RME convencional los primeros molares maxilares se había inclinado a vestibular, 6,2º para el derecho y 5,6º para el izquierdo de media.

También mediante el CBCT, pero buscando la comparación con un grupo control no tratado con RME pero emparejado por sexo y edad con el grupo tratado, Kartalian et al.¹⁰¹ analizó los cambios esqueléticos, alveolares y dentales tras una RME convencional. Encontró grandes cambios a nivel de la inclinación alveolar respecto a la horizontal que representa la base del paladar duro, con una media de

5,6° de inclinación a vestibular. No encontró, sin embargo, grandes cambios en la inclinación dental, siendo estos menos a 1° antes y después de la RME.

La necesidad de buscar la apertura de la sutura media palatina para generar un aumento transversal en jóvenes adolescentes y post-adolescentes y así evitar una SARPE hizo que se indagara en el desarrollo de mecánicas basadas en anclajes con microtornillos.

Se empezó a comparar los efectos esqueléticos y dentoalveolares entre los disyuntores esqueléticos y los dentosoportados. Lagravère et al.¹¹⁴ encontró efectos esqueléticos y dentoalveolares similares entre ambos métodos.

Lu lin¹¹⁵, sin embargo, en su estudio comparativo entre ambos disyuntores (dentosoportado y óseo-soportado) sí encontró mayores efectos ortopédicos y menos efectos dentoalveolares mediante un disyuntor anclado a microtornillos. Además, se encontraron un mayor número de dehiscencias óseas a nivel de los primeros premolares en el grupo de disyunción dentosoportada.

Estos resultados son similares a los encontrados por Mosleh et al.¹¹⁶, que también indicó una mayor expansión a nivel dental con mayor volcamiento a vestibular de los primeros molares maxilares, en el grupo tratado con disyuntor convencional comparado con el anclado a microtornillos óseos.

Recientemente, cantarella et al.¹¹⁷ utilizando el disyuntor del Doctor Won Moon analizó los cambios en el tercio medio facial después de realizar un MARPE a 15 pacientes consecutivos. Los cambios generados con ese disyuntor fueron principalmente óseos, siendo prácticamente insignificante el cambio coronovestibular de los primeros molares.

No obstante, aun siendo poco significativos los cambios dentoalveolares, debemos ser conscientes que estos se producirán si el disyuntor tiene apoyo híbrido y por tanto un apoyo tanto óseo como dental.

Park et al.¹¹⁸ analizaron los cambios óseos y dentoalveolares producidos por un MARPE en adultos jóvenes entre 16 y 26 años. En base a sus resultados concluyeron que del 100% de la expansión, el 37% correspondía a efecto óseo, el 22,2% a la flexión alveolar y el 40,7% a expansión dental. La inclinación a vestibular de los molares también fue insignificante de 1,1° - 2,9°, pero a pesar de ser insignificante, encontraron una disminución en el espesor de la cresta alveolar de 0,6 mm - 1,1 mm y una disminución en la altura de 1,7 mm - 2,2 mm.

Al comprobar que los efectos dentoalveolares de los dispositivos híbridos se minimizan podemos plantearnos la utilización de estos dispositivos no solo para aquellos casos con suturas medias palatinas más maduras. Aquellos casos que, tras un análisis de la morfología alveolar y la inclinación buco-lingual, sean desfavorables cualquier aproximación de las raíces a las corticales vestibulares generada por un aumento de la inclinación corono-vestibular, podría beneficiarse de un disyuntor óseo.

Esta situación plantearía la duda ante los casos con grado de maduración de la sutura media palatina A o B según Angelieri et al.¹⁰² dónde se postula la utilización de RME convencional¹⁰⁵ basándose exclusivamente en dicho grado de desarrollo, obviando la inclinación bucolingual previa y el biotipo periodontal u óseo del paciente.

1.5.5. Expansión maxilar y salud periodontal

Al aplicar un tratamiento de expansión maxilar podemos generar movimientos de versión vestibular sobre los molares superiores.

Si tras esta inclinación aumentada comenzamos con un tratamiento con aparatología fija multibrackets y corregimos la inclinación molar excesiva generada mediante la expresión del torque radículo-vestibular incluido en la mayoría de las prescripciones ortodóncicas, correríamos el riesgo de aproximar excesivamente la superficie radicular a la cortical ósea, con el respectivo riesgo de una recesión gingival.

Entre los múltiples factores predisponentes para generar una recesión gingival encontramos¹¹⁹:

- ✓ La presencia de frenillos con inserción alta o vestibulo poco profundo.
- ✓ Raíces prominentes
- ✓ Malposiciones dentarias
- ✓ Anatomía del periodonto o biotipo.
- ✓ Trauma oclusal
- ✓ Dehiscencias óseas.
- ✓ Factores iatrogénicos prostodóncicos.
- ✓ Enfermedad periodontal.

✓ Movimientos ortodóncicos.

Si dejamos al margen el resto de factores y nos centramos en el tema que nos ocupa, hablaremos a continuación de los movimientos ortodóncicos “responsables” de la aparición de recesiones gingivales después de los tratamientos.

Es conocido que después de un tratamiento de ortodoncia la incidencia de recesiones gingivales en los pacientes aumenta^{120,121}.

La magnitud del problema transversal y el riesgo de desarrollar una recesión gingival se ha tratado de analizar. Anzilotti¹²² mediante su estudio sobre cefalometrías frontales determinó como factor de riesgo para recesiones gingivales la presencia de una discrepancia transversal negativa mayor de 5 mm.

La posición del margen gingival, el espesor de la encía insertada y la altura, junto con el espesor de hueso que cubre la raíz dental, estarán íntimamente relacionados con la intensidad de la prominencia radicular. Anatómicamente, la posición de las raíces en relación a la cortical vestibular puede variar entre ellas.

En el molar superior, la raíz mesiovestibular suele estar más próxima a la cortical vestibular que la raíz distovestibular (Figura 53). Por este motivo, la recesión gingival suele aparecer en primer lugar en la zona gingival mesial del primero molar superior maxilar.



Figura 53. Véase como en este paciente, la distancia de la raíz mesiovestibular es de 0.72mm a la cortical vestibular, mientras que la distancia de la raíz distovestibular es de 2,6 mm. A nivel gingival, puede observarse la aparición de la recesión gingival en la zona mesial del primer molar. Fuente: archivo personal.

La posición de los dientes en su estructura periodontal debemos tenerla en cuenta si lo que pretendemos es desplazar a vestibular o lingual los dientes. Si este movimiento se lleva a cabo dentro de los márgenes del hueso alveolar, el tejido gingival no deberá sufrir una retracción como consecuencia del movimiento, independientemente de biotipo gingival.

Por tanto, el biotipo gingival del paciente será importante, pero más aún el biotipo óseo, jugando un papel crítico en el resultado del tratamiento¹²³. Por lo general, suele haber coordinación entre el biotipo gingival y óseo, siendo poco frecuente, por ejemplo, encontrar biotipos finos gingivales con un biotipo óseo grueso o biotipos gingivales gruesos con biotipo óseo fino.

El reconocimiento del biotipo gingival puede llevarse a cabo mediante diferentes formas. Una de ellas sería mediante la translucidez que se genera al sondear el margen gingival con una sonda periodontal. Otro método más agresivo consiste en realizar una perforación gingival para medir y cuantificar la profundidad del tejido gingival¹¹⁹.

Para la determinación del biotipo óseo, hoy en día gracias a las imágenes 3D que nos aportan los CBCT podemos medir las distancias a las corticales óseas de cada raíz dental^{85,87,107,124,125}, junto con una valoración de los posibles efectos sobre el hueso alveolar que generaríamos con nuestra planificación ortodóncica.

Este biotipo óseo medido sobre el CBCT se ha analizado en los distintos patrones sagitales y verticales^{91,93,95,125-128}. Además, se ha intentado relacionar con el sexo y la edad de los sujetos⁹².

Coskun I²⁹ en 2019 buscó la relación entre la presencia de dehiscencias y fenestraciones con la inclinación dental y la clase esquelética, antes de iniciar un tratamiento ortodóncico. Encontró mayor número de dehiscencias óseas en los sujetos clase I a nivel vestibular de los dientes posteriores maxilares, no encontrando diferencias en cuanto a la presencia de fenestraciones. Consideró que: "los ortodoncistas debemos considerar los posibles defectos alveolares ocultos en nuestra planificación ortodóncica para evitar riesgos de recesión gingival o movilidad dental".

También se ha analizado mediante el CBCT, antes y después de los movimientos ortodóncicos de inclinación corono-vestibular, cómo se ha modificado el nivel de hueso alveolar a nivel horizontal y vertical. Morais et al.¹⁰⁷

comprobó que existía una pérdida de hueso a nivel horizontal y vertical sobre la raíz mesio-vestibular de los primeros molares cuando se producían movimientos de expansión con inclinación corono-vestibular. Además, la cantidad de pérdida estaba directamente relacionada con la cantidad de movimiento.

La revisión sistemática realizada por Sendyk M et al.¹⁰⁸, en la que sólo incluye estudios prospectivos, determina que la mayoría de los estudios muestran una reducción en el grosor óseo, principalmente en el lado palatino de los incisivos.

La variable fundamental ante un paciente sin factor previo de dehiscencias o fenestraciones será pues el componente dentoalveolar que generemos durante la expansión maxilar.

La utilización de un disyuntor dentoalveolar se ha relacionado con mayores efectos dentoalveolares y de inclinación vestibular de la corona de los dientes embandados, conllevando un mayor número de dehiscencias óseas, especialmente en biotipos óseo finos^{115,130}.

Se ha visto que los disyuntores dentosoportados generan una mayor reducción de la cresta alveolar vestibular del primer premolar que los dento-muco-soportados¹³⁰.

En los disyuntores óseo-soportados, a pesar de haber sido demostrado el escaso volcamiento corono-vestibular de los dientes sobre los que se apoya, también se han registrado disminuciones en el espesor y la altura de la cresta alveolar¹¹⁸.

No debemos olvidar el posible trauma oclusal generado al aumentar la curva de Wilson tras un tratamiento de expansión maxilar, y que genere que las fuerzas oclusales no se transmitan verticalmente a lo largo del eje longitudinal del diente (Figuras 45 y 47), repercutiendo en la salud periodontal. Además, se pueden generar interferencias en el lado de no trabajo durante los movimientos excéntricos (Figura 46) aumentando el riesgo de daño periodontal.

Es por tanto de especial importancia, quizás más que la utilización de un dispositivo u otro para llevar a cabo nuestra mecánica, el análisis exhaustivo de la situación previa del paciente mediante un registro de CBCT, donde podamos visualizar los posibles efectos óseos derivados de nuestros movimientos ortodóncicos planificados.

1.6. CONE BEAM

El desarrollo de las imágenes tridimensionales 3D surgió como demanda ante las necesidades de nuevas estrategias de diagnóstico y planes de tratamiento, ya que las imágenes 2D, a pesar de haber sido la herramienta principal de diagnóstico, presentaban muchas limitaciones (superposiciones, distorsiones, magnificaciones, etc.)¹³¹ (Figura 54).

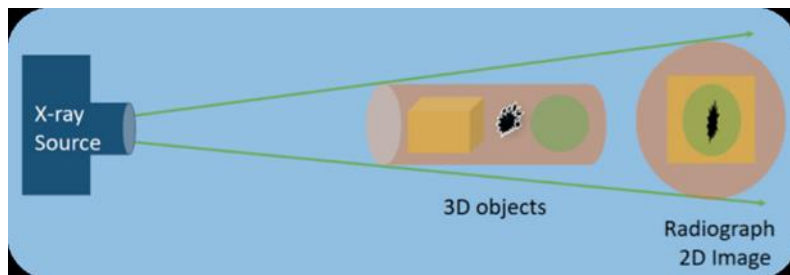


Figura 54. La adquisición de una imagen 2D de un elemento 3D genera problemas de superposición y distorsión. Fuente: Venkatesh E et al.¹³¹.

G.N Hounsfield en 1972 introdujo la exploración axial transversal computerizada, la cual condujo a la introducción de la Tomografía Computerizada (CT, Computerized Tomography). Sin embargo, esta técnica suponía un alto coste, una exposición elevada a la radiación e implicaba un acceso limitado para el campo de la odontología. Por ello, en 1998 en Italia, Mozzo et al.¹³² y en 1999 en Japón Arai et al.¹³³ mediante trabajos independientes introdujeron la técnica CBCT para las mismas aplicaciones orales y maxilofaciales que ofrecía la CT.

El sistema CBCT ofrecía una exploración 3D más precisa que la que aportaba el 2D, y mediante una tecnología bastante rentable, lo que condujo a una rápida expansión en el campo de la odontología¹³¹.

1.6.1. Características del sistema

En los sistemas CBCT, el tipo de detector empleado y el software que se utiliza para la reconstrucción de la estructura volumétrica pueden alterar las características del volumen reconstruido y la calidad del mismo. La mayor parte de los CBCT utilizan un intensificador de imagen o un detector de panel plano. Los detectores de panel planos tienen un aspecto similar a las placas fotoestimulables

que se utilizan en la radiología digital mientras que las unidades intensificadoras de imagen son cónicas con una superficie detectora convexa en la base¹³⁴.

Los detectores de panel plano dan como resultado volúmenes de forma cilíndrica mientras que los resultantes de los intensificadores de imagen son de forma esférica. Al medir las dimensiones y el diámetro de los volúmenes generados por los detectores de panel planos se suelen dar en centímetros. En general, los diámetros de los volúmenes son fijos, mientras que la altura puede ser ajustada por el técnico. Sin embargo, cuando medimos las dimensiones y el diámetro de los volúmenes generados por un intensificador de imagen, estas medidas se expresarán en pulgadas como un solo número¹³⁴.

La forma volumétrica también puede afectar a la cantidad de anatomía que captura el escaneado. Por ejemplo, un intensificador de imágenes genera un volumen esférico de 5 cm de diámetro que tendría un volumen de 65 cm³, mientras que un detector de panel plano que genera un volumen cilíndrico de 5 cm de altura y de ancho tendría un volumen mayor, de 98 cm³. El mayor volumen capturado por sistemas de panel plano proviene de capturar los bordes del escaneado (Figura 55), los cuales no se capturan en los volúmenes esféricos¹³⁴.

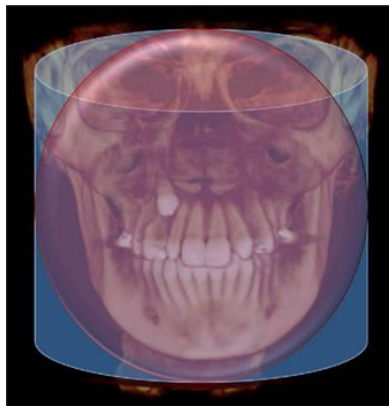


Figura 55. El sombreado rojo representa el campo de visión esférico y el sombreado azul el campo de visión de forma cilíndrica. Fuente: Molen AD ¹³⁴.

Los detectores están disponibles en varios tamaños, los cuales determinarán el tamaño del volumen que se puede capturar. Muchos de los sistemas permiten ajustar el tamaño del volumen que será capturado o el campo de visión (FOV, “Field of View”) y este debe ser lo suficientemente grande para capturar el área de interés (ROI, “Region of Interest”)¹³⁴.

Para nosotros, los ortodoncistas, el ROI puede ser desde una pequeña zona en la que se encuentra un canino impactado hasta una gran region craneofacial que será utilizada para realizar un análisis cefalométrico. Por tanto, nos beneficiaría la posibilidad de obtener un FOV pequeño y un FOV grande dependiendo de la situación. Como la mayor parte de los CBCT están dirigidos a la implantología muchos carecen de la posibilidad de tomar un FOV grande (definiendo un FOV grande como aquel que tiene una altura mínima de 16 cm)¹³⁴.

La calidad de la imagen también se puede ver influenciada por el tipo de detector utilizado. Por normal general, los intensificadores de imagen y los detectores de panel plano muestran una sensibilidad parecida, pero los de panel plano revelan un rango dinámico mayor y un mejor contraste¹³⁵. No obstante, esta diferencia en la calidad de la imagen puede no ser relevante para el diagnóstico ortodóncico, ya que es difícil vincular la calidad de la imagen simplemente al detector, el cuál será muy dependiente de su calidad y de los algoritmos que utilice el software para la reconstrucción de la imagen¹³⁴.

Cuando hablamos de la resolución del escaneado o resolución espacial y lo vinculamos al detector debemos tener en cuenta que la resolución de la exploración está influenciado por muchas variables. La resolución, es la distancia mínima entre dos objetos distinguibles, aunque en muchas ocasiones se asocia con el tamaño del voxel. El voxel en el CBCT es un cubo, un elemento de volumen, y el tamaño del voxel representará las dimensiones en las que se va a subdividir un volumen. Este normalmente se mide en milímetros o micras (1micra equivale a 0,001 mm).

A cada voxel se le asigna un valor que representará la densidad del objeto contenido dentro de sus límites y estará determinado por la atenuación de los fotones que pasan a través de él. Mediante un proceso denominado promedio de volumen se buscará establecer un promedio de densidad para cada voxel, utilizando las diferentes atenuaciones de fotones de todos aquellos objetos que pasaran a través del voxel. Por tanto, podríamos pensar que el uso de tamaños de voxel reducido nos permitiría la visualización de pequeñas variaciones en la densidad. Sin embargo, esto podría no traducirse directamente en la resolución espacial, ya que esta se puede ver afectada por factores como: artefactos, ruido causado por la dispersión de la radiación y el promedio de volumen que se genera. Así pues, un escaneado con un tamaño de voxel de 0,3 mm no dará una resolución espacial de 0,3 mm por los motivos presentados anteriormente¹³⁴.

Es difícil comparar dos CBCT solo con el razonamiento del tamaño del voxel, ya que la resolución espacial final no será la misma. Además de los factores antes expuestos, la resolución espacial también se verá influenciada además de por el tamaño del voxel, por el tamaño del FOV y el tiempo de exploración (adquisición de fotogramas).

La mejor forma de comparar la resolución espacial entre dos CBCT será mediante el uso de un par de líneas fantasma. Estas están incrustadas con tiras metálicas a una distancia cada vez menor entre unas y otras, siendo el punto en el que no se puede distinguir entre los dos pares de tiras metálicas el límite de la resolución. Por tanto, el último conjunto de tiras metálicas distinguibles será la resolución espacial del escaneado¹³⁴.

Además del detector que tiene cada CBCT otro factor como el posicionamiento del paciente es de gran importancia en la imagen CBCT, ya que cualquier movimiento del paciente durante el escaneado generará una raya en el volumen o en el sobreado de los objetos (Figura 56).

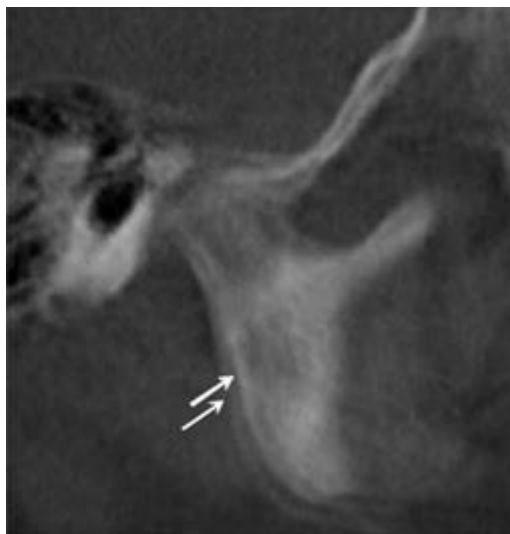


Figura 56. Un ejemplo de artefacto debido al movimiento. Véase el sombreado del borde posterior de la rama mandibular que indican las flechas. Fuente: Molen AD ¹³⁴.

Para reducir el riesgo al movimiento del paciente es aconsejable colocar al paciente en una posición estable, indicándole que cierre los ojos durante el escaneado. De esta forma se evitaría la tentación de seguir con la mirada y la cabeza el brazo giratorio. También reduciríamos el riesgo al movimiento modificando los

tiempos de exposición. Si reducimos el tiempo de la exploración minimizamos las posibilidades de movimiento del paciente, pero los datos adquiridos se procesarán con un menor contraste y resolución espacial. A nivel ortodóncico, la calidad de la imagen que nos aporta un escaneado corto en tiempo de exploración puede ser suficiente para nuestro diagnóstico¹³⁴.

La profundidad de la escala de grises que utiliza el sistema de haz cónico también afectará a la calidad de la imagen.

Debemos tener en cuenta que el ojo humano, en una escala de grises, sólo puede percibir hasta 10 bits. El software de reconstrucción de los datos utilizará la profundidad de bits mayor en la escala que presente el CBCT para mejorar las reconstrucciones, dando lugar a un volumen final más definido y limpio. Además, muchos de los software permiten la modificación de los valores de la escala de grises, permitiendo al odontólogo visualizar mejor la reconstrucción.

Con un campo de visión lo suficientemente amplio, todos los CBCT se pueden utilizar para reconstruir imágenes 2D, a partir del volumen 3D (Figura 57). Podríamos obtener del CBCT una imagen similar a una ortopantomografía o telerradiografía lateral. Debemos tener en cuenta que para obtener esa imagen 2D se ha necesitado un escaneado completo, por lo que las dosis de radiación no se corresponderían con las necesarias para la adquisición de una imagen 2D exclusivamente.

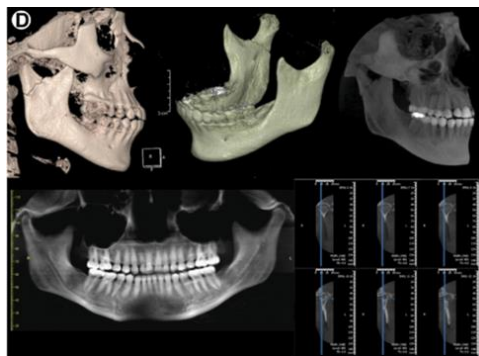


Figura 57. Reconstrucción generada por la adquisición de datos provenientes de un escaneado mediante CBCT. Fuente: Baumrind S ¹³⁶.

Otra de las características para evaluar y comparar los diferentes CBCT son las modificaciones disponibles para ajustar el Kilovoltaje (Kvp) y el miliamperaje (mA). Con algunos sistemas se puede modificar y equilibrar estos valores para así,

obtener la información diagnóstica necesaria, pero con la mínima dosis de radiación.

1.6.2. Formación de la imagen en el CBCT y procesamiento de los datos

Para capturar la imagen utiliza un haz de rayos en forma de cono, el cual es más estrecho y mediante una sola rotación del tubo de rayos X de 194-360°, tomando en cada grado de rotación una o dos imágenes alrededor de la cabeza del paciente en vez de múltiples rotaciones como realiza la TC médica convencional o espiral¹³⁷ (Figura 58).

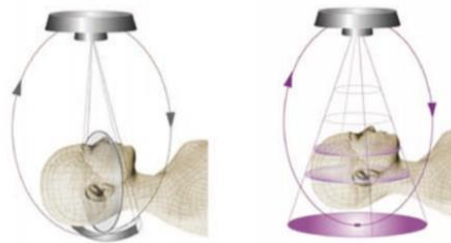


Figura 58. Diferencias entre el tipo de escaneado con haz plano en la TC y con haz de tipo cónico en CBCT. Fuente: Zamora Martínez N et al. ¹³⁷.

La proyección es ortogonal, por lo que los rayos X son paralelos entre sí. Ya que el objeto se encuentra próximo al sensor, se produce muy poco efecto de error de proyección, resultando mediciones en escala de 1:1⁹⁸.

La CBCT utiliza vóxeles isotrópicos, es decir, tienen las mismas dimensiones en los tres ejes del espacio. Por ello, los errores de malposición del paciente durante el escaneado se pueden corregir y ajustar posteriormente minimizando la distorsión¹³⁸.

Mediante la CBCT se pueden reproducir distintas imágenes desde el conjunto de los datos originales.

Las principales diferencias entre los sistemas TC y CBCT se resumen en la Tabla 1¹³⁷ :

Tabla 1. Principales características y diferencias entre TC y CBCT

TC	CBCT
Detector CCD	Detector CCD o de panel plano
Haz plano	Haz cónico
Múltiples rotaciones de 360°/ en cada rotación 1 imagen	1 rotación de 360°/ por cada grado 1-2 imágenes
Vóxeles anisotrópicos	Vóxeles Isotrópicos
Grosor de los cortes +/- 1 mm	Grosor de los cortes < 1 mm
Dosis de radiación elevadas	Dosis de radiación bajas

*CCD (charge-coupled device, dispositivo de carga acoplada)

Un pixel es un cuadrado que mide entre los 20 y las 60 μ m. Cada pixel tiene un valor (brillo, escala de grises) que representa la densidad de los rayos X sobre la estructura correspondiente. Un vóxel es un elemento de volumen, por lo que, si extendemos una imagen plana a la tercera dimensión, el píxel tendrá un tercer lado. Los vóxel son cubos formados por seis píxeles, que se ubican uno al lado del otro y el valor del brillo da cada uno de ellos representa la densidad de la estructura anatómica al que corresponde¹³⁷.

En CBCT este cubo está formado por píxeles isotrópicos, con los lados iguales y dimensiones conocidas (0,15-0,60 mm). En la TC médica convencional, el píxel es monoisotrópico, por lo que dos de los lados son iguales, pero el tercero (correspondiente al plano Z) es de una anchura que oscila entre 0,5mm a 1 cm,

Cada pixel presentara un valor de radiación atenuada representado en la escala Hounsfield: -1000 (aire), 0 (agua), 3000 (metal pesado). Como nuestro ojo no distingue 4000 tonos de grises, el software procesa los datos y representa en el monitor un rango de 256 tonos mediante un proceso denominado windowing¹³⁷.

Todos los datos obtenidos del escaneado por el CBCT serán pues procesados por un software para convertirlos en archivos DICOM, el cuál permite que se intercambien las imágenes médicas, aunque provengan de aparatos y sistemas creados por fabricantes diferentes.

1.6.3. Ventajas del CBCT sobre el TC

- ✓ Capacidad de limitar el haz de rayos X

Los aparatos CBCT poseen la capacidad de colimar (selección del campo o FOV) el haz de rayos X primario en función del área de interés (Figura 59). Este procedimiento satisface las necesidades diagnósticas, reduce la exposición innecesaria y minimiza la radiación dispersa que degrada la imagen¹³¹.

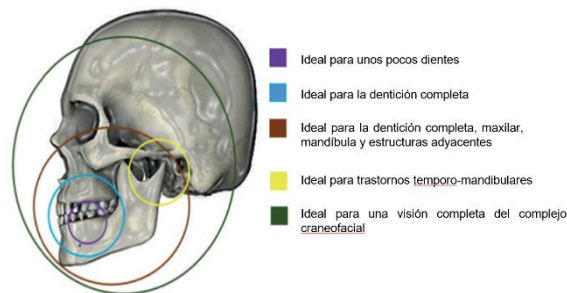


Figura 59. Representación de los diferentes FOV y las situaciones clínicas para las que podría ser utilizado. Fuente: Venkatesh E et al. ¹³¹.

Los CBCT presentan vóxeles isotrópicos, es decir, iguales en las tres proporciones, en contraste con los vóxeles anisotrópicos de la TC convencional. Aunque las superficies de los vóxeles de TC pueden ser tan pequeñas como 0,625 mm cuadrados, su profundidad suele ser del orden de 1 a 2 mm, donde el CBCT produce un rango de resolución desde 0,4 mm hasta tan solo 0,09 mm.

✓ Tiempo de escaneado rápido

Debido a la rotación única que utiliza el sistema CBCT, para adquirir las imágenes que luego supondrán la obtención del 3D se requiere un tiempo de aproximadamente 40 segundos, siendo similar al necesario para una radiografía panorámica¹³¹. Al ser un tiempo corto reducimos el riesgo de artefactos por movimiento del paciente.

✓ Reducción de la dosis de radiación

La dosis efectiva (E) según el modelo y categoría del equipo CBCT y el FOV puede oscilar entre 29-477 μSv , pudiéndose reducir la dosis un 40% variando la posición del paciente (inclinado la barbilla) y colocando el collar plomado para el tiroides. Se administra una dosis de radiación al paciente equivalente a 5 – 74 veces la dosis de una radiografía panorámica o de 3 a 48 días de radiación ambiental^{139,140}. Se reduce la dosis entre un 98,5% y el 76,2% respecto a la dosis requerida para un TC convencional en una exploración oral y/o maxilofacial (aproximadamente 2000 mSv)¹⁴¹.

- ✓ Capacidad de generar imágenes 2D

Los conjuntos de datos CBCT se pueden segmentar generando imágenes en muchos planos libres de distorsión y magnificación

- ✓ Reducción de los artefactos

Mediante la disponibilidad de algoritmos de eliminación de artefactos y el mayor número de proyecciones se consigue disminuir el nivel de artefactos metálicos en reconstrucciones destinadas a ver los maxilares y los dientes¹³¹.

1.6.4. Limitaciones del CBCT

La claridad de las imágenes CBCT se puede ver afectada por artefactos, ruido y un contraste deficiente de los tejidos blandos. Un artefacto es cualquier distorsión o error en la imagen que no está relacionada con el tema en estudio. Esto perjudica la calidad de la imagen y limita la visualización adecuada de estructuras en la región dento-alveolar. Los artefactos se pueden deber a: endurecimiento del haz de rayos X (generan rayas y bandas oscuras), artefactos relacionados con el paciente (paciente que se ha movido, dando falta de nitidez), artefactos relacionados con el escáner (circular o en forma de anillo) y artefactos relacionados con el haz cónico¹³¹.

El ruido de la imagen se debe a la irradiación de un gran volumen durante el escaneado¹³¹, que genera interacciones intensas con tejidos que producen radiación dispersa, lo que conduce a una atenuación no lineal por parte de los detectores. A esta detección adicional de rayos X se le denomina ruido.

Otra limitación del CBCT es el mal contraste que presentan los tejidos blandos en comparación con la TC convencional. Son tres los factores que limitan la resolución del contraste en los tejidos blandos: mayor ruido en la imagen, divergencia del haz de rayos X y numerosos artefactos inherentes basados en los detectores de panel plano¹⁴².

1.6.5. Limitaciones y responsabilidades asociadas con el uso de CBCT en ortodoncia

Además de la exposición a la radiación ionizante, el CBCT presenta otras limitaciones y preocupaciones. Por ejemplo, los CBCT tiene un coste elevado que

supone un acceso más limitado en comparación con las técnicas de imagen radiográficas convencionales¹⁴³.

Las imágenes del CBCT son adecuadas para visualizar dientes y hueso, pero no pueden representar adecuadamente y con precisión la estructura interna de tejidos blandos o lesiones en los mismos¹⁴⁴.

Cuando realizamos un CBCT a un paciente con brackets o elementos metálicos que estamos utilizando para un tratamiento ortodóncico, pueden observarse artefactos y bandas de dispersión alrededor de los Brackets. Es posible realizar un CBCT durante un tratamiento ortodóncico, pero debemos ser conscientes de esta situación. Además, muchos de los pacientes son jóvenes, por lo que la probabilidad de que se muevan durante el escaneado aumenta.

Si bien las imágenes CBCT se consideran fiables y precisas para realizar mediciones lineales⁸⁶, se pueden presentar falsos positivos y falsos negativos. Por ejemplo, las imágenes del CBCT pueden no ser una representación fiable para situaciones de hueso cortical fino¹⁴⁵.

Así pues, la mala interpretación de las imágenes CBCT puede afectar a la toma de decisiones. La presencia de artefactos puede confundirnos con la presencia de alguna patología. Además, la presentación de las imágenes mediante un renderizado del volumen puede que no siempre sea preciso, ya que estas ilustraciones se crean basándose en sofisticados algoritmos de software¹⁴³.

No podemos olvidar la responsabilidad legal de informar al paciente de cualquier patología evidente en la exploración. Como ocurre con cualquier interpretación radiográfica, el ortodoncista debe ser responsable de interpretar el CBCT en su totalidad. Estas interpretaciones requieren de habilidades y conocimientos que justifique la utilización de estas pruebas diagnósticas¹³¹.

1.6.6. Aplicaciones del CBCT en odontología

CBCT produce unas imágenes en 3D muy útiles en muchas situaciones orales y maxilofaciales, guiándonos en el diagnóstico y planificación, evaluando la gravedad de las patologías y permitiendo el seguimiento del paciente.

Entre las aplicaciones y disciplinas de la odontología a las que puede beneficiar encontramos¹³¹:

- ✓ Endodoncia.
- ✓ Cirugía oral y maxilofacial.
- ✓ Ortodoncia y Odontopediatría.
- ✓ Periodoncia.
- ✓ Visualización de los trastornos temporomandibulares.
- ✓ Implantología dental.
- ✓ Otorrinolaringología, evaluando senos nasales y paranasales.
- ✓ Odontología forense.
- ✓ Investigación.
- ✓ Odontología general.

Una revisión sistemática llevada a cabo en 2009 determinó que el uso más común para realizar un CBCT (41%) era para la cirugía maxilofacial, un 29% para patología dentoalveolar, un 16% como motivo ortodóncico y un 13% para implantología¹⁴⁶.

1.6.7. Aplicaciones y beneficios del CBCT en ortodoncia

Los siguientes supuestos ponen de manifiesto situaciones donde el CBCT utilizado para el diagnóstico y planificación del tratamiento supone una ventaja respecto a las imágenes 2D¹⁴³:

- ✓ Evaluación de trastornos eruptivos como dientes impactados, ectópicos o heterotópicos, mediante la visualización de la localización exacta del diente, el estado de desarrollo y la relación con los dientes vecinos.
- ✓ Evaluación de anomalías en el número y forma de los dientes.
- ✓ Análisis de las corticales vestibulares y linguales, marcando los límites del movimiento ortodóncico.
- ✓ Trastornos temporomandibulares y evaluación de la asimetría facial esquelética y dental. Podemos visualizar mordidas cruzadas analizando el origen del problema y cuantificando las compensaciones dentales (inclinaciones dentales) de los problemas esqueléticos.

- ✓ Análisis de malformaciones óseas (quistes, tumores, etc.).
- ✓ Evaluación de las deformidades óseas en defectos congénitos como microsomía hemifacial, paladar hendido, etc.
- ✓ Evaluar las localizaciones para colocar microimplantes, descartando el contacto con estructuras vecinas, planificando las dimensiones del microtornillo e incluso permitiendo la fabricación de guías quirúrgicas para su colocación.
- ✓ Evaluación de la vía aérea. En el pasado, la vía aérea se evaluaba mediante un análisis cefalométrico 2D. Sin embargo, la vía aérea es una estructura tridimensional por lo que es mejor su análisis mediante una prueba que genera una imagen 3D, permitiendo medir el volumen y el área de las vías aéreas.
- ✓ Evaluación de dientes temporales anquilosados que pueden estar tan profundos que no es posible su análisis mediante el 2D.
- ✓ Planificación de cirugía ortognática y otras cirugías menores.
- ✓ Visualización del plan de tratamiento y comparación de nuestros resultados como situación previa u otras situaciones similares.
- ✓ Posibilidad de prescindir de radiografías panorámicas o cefalometrias 2D ya que pueden ser extraídas de la exploración 3D.

1.6.8. Dosis de radiación del CBCT en ortodoncia

La radiación ionizante es un carcinógeno y los protocolos de protección radiológica se basan en el supuesto de que incluso dosis muy bajas pueden causar cáncer o algún efecto deletéreo. Crea un efecto determinista que causa la muerte celular o un efecto estocásticos que altera irreversiblemente las células al dañar el ADN (ácido desoxirribonucleico) celular¹⁴⁷.

Se produce un efecto determinante con una dosis alta de exposición en períodos bastante cortos, apareciendo los cambios clínicos después de que se alcancen los límites, algo que nunca ocurre con la radiología convencional oral y maxilofacial. Un efecto estocástico se produce a nivel celular y se acumula con el tiempo. Por lo tanto, no observaremos cambios inmediatos, pero el riesgo de carcinogénesis eventualmente aumenta a medida que se repite la exposición. No

obstante, el papel de los procedimientos radiográficos de baja dosis en el riesgo de carcinogénesis no es fácil de evaluar. No hay evidencia que indique el inicio de la carcinogénesis debido a los procesos radiográficos dentales, pero tampoco se demuestra la ausencia de daño. Por lo tanto, no se puede establecer el límite máximo de exposición radiográfica que se relacione con la presencia de un riesgo potencial crítico¹⁴⁷. El objetivo será pues centrarnos en optimizar la configuración de las imágenes para que minimicen el riesgo para el paciente.

El riesgo de la radiación se asocia a factores como la edad, el sexo, tipo de exposición (aguda o crónica) y tipo de radiación. Los niños tienen un mayor riesgo por dos razones: tiene una mayor sensibilidad celular y tisular a la radiación que los adultos, y tiene una vida útil más larga que los adultos por lo que los cambios inducidos por la radiación pueden manifestarse en un periodo más largo. Las mujeres son un poco más radiosensibles que los hombres¹⁴³.

Para estimar el riesgo de radiación ionizante se utiliza el concepto de dosis efectiva, la cual se obtiene multiplicando la cantidad de dosis absorbida por los tejidos con el factor de ponderación tisular.

El principal factor que permite la reducción de la dosis efectiva que recibirá el paciente es la reducción de FOV, eliminando del volumen aquellas áreas que no serán analizadas (por ejemplo, áreas del cráneo que no pueden ser interpretadas correctamente por el odontólogo) pero debe ser lo suficientemente amplio para poder visualizar aquello que queremos analizar. Por ello, el tamaño del FOV debe estar justificado al área de interés¹⁴³.

Las dosis efectivas del CBCT son menores que las de la TC convencional pero mayores que las de una radiografía panorámica o cefalométrica. La dosis efectiva de una radiografía panorámica tiene un rango de entre 6-38 microSieverts (μSv), y la de una radiografía cefalométrica entre 2-10 μSv . El rango de dosis efectiva en el CBCT es muy amplio ya que depende de muchos factores, pudiendo oscilar entre 5,3 – 1025 μSv . La dosis efectiva de un TC médico para la cabeza es de aproximadamente 1000-2000 μSv ^{140,143}. Una serie periapical completa de boca puede suponer entre 13 y 100 μSv ¹⁴⁷.

La combinación de una radiografía panorámica y una cefalométrica podría estar en los mismos parámetros de dosis efectiva que la mayoría de los CBCT, los cuales se encuentran en su mayoría en la mitad inferior del rango mostrado.

Además, es posible en algunos dispositivos modificar la cantidad de dosis de radiación en función del tamaño del paciente. Así por ejemplo en un niño reduciríamos la cantidad de radiación necesaria para que la dosis efectiva final sea la misma que la de un adulto, ya que la dosis efectiva en niños suele ser mayor por una mayor proximidad de los órganos radiosensibles¹⁴³.

La creciente popularidad de los CBCT en ortodoncia supondrá con el tiempo un inevitable aumento de la dosis efectiva colectiva (medida en persona- Sv) en nuestros pacientes¹⁴³.

1.6.9. ¿Cómo minimizar la dosis de radiación a nuestros pacientes?

A pesar de que una exploración CBCT esté justificada en un paciente en particular eso no elimina la responsabilidad del profesional sobre las posibilidades de reducir la radiación en dicha prueba.

Mediante las siguientes recomendaciones se permite reducir o minimizar la exposición a la radiación del paciente para un CBCT en ortodoncia¹⁴⁷:

1. Utilizar un modo de exposición pulsada para la adquisición de la exploración. Optimizar los valores de exposición (mA, Kv). Emplear protocolos de reducción de dosis (por ejemplo, resolución reducida) siempre que sea posible.
2. Reducir el tamaño del campo de visión (FOV) para que coincida con el área de interés (ROI). Cuidado al modificar el FOV ya que pueden modificarse factores concomitantes como el mA y resultar en un aumento de la dosis.
3. Utilizar dispositivos de protección para el paciente (delantales de plomo para el torso, protectores tiroideos, etc.) cuando sea posible, por ejemplo, si sólo necesitamos visualizar el maxilar.
4. Asegurarse que todo el equipo CBCT está calibrado y correctamente revisado e inspeccionado por los requisitos y regulaciones gubernamentales.

1.6.10. Justificación del uso del CBCT en ortodoncia y en la población infantil

Los ortodoncistas deben considerar cuidadosamente cualquier examen radiográfico antes de realizarlo. Este proceso se denomina uso de criterios de

selección. La selección de un CBCT como herramienta diagnóstica se basa en la necesidad de diagnosticar, monitorear o evaluar el resultado de un tratamiento¹⁴⁸.

El ortodoncista debería justificar el uso del CBCT y puede justificarse si las técnicas convencionales panorámicas y cefalométricas no proporcionan un diagnóstico correcto o cuando la CBCT tiene un efecto positivo en las opciones y optimización del tratamiento¹⁴³.

No debemos considerar pues al CBCT como método estandarizado de diagnóstico para todos los pacientes, ya que, en ortodoncia, las radiografías panorámicas y cefalométricas podrían por lo general aportar suficiente información para el diagnóstico y planificación de un tratamiento.

Desde el comienzo del CBCT se han sucedido muchas mejoras en el hardware y software con el objetivo de reducir la dosis de radiación al paciente siguiente el principio ALARA (“As Low As Reasonably Achievable”) tan bajo como sea razonablemente posible. La pregunta sería si esto es posible en la práctica odontológica.

Debido a la falta de pautas estrictas e ignorancia sobre el papel del CBCT en odontología, ha llegado a convertirse en un sustituto de la radiología convencional. Un ejemplo típico lo encontramos en la evaluación del tercer molar donde se utiliza el CBCT sin evaluación previa de la panorámica donde se puede mostrar la ausencia de afectación del canal para el nervio dentario o contacto con las raíces de dientes vecinos¹⁴⁹.

En niños y adolescentes se están realizando una gran cantidad de pruebas diagnósticas basadas en el CBCT, siendo un problema por el mayor riesgo que presentan a la radiación.

Un documento publicado por la Academia Europea de Radiología Dental y Maxilofacial (EADMFR) establece claramente que un odontólogo que prescribe, justifica o realiza un CBCT debe tener las capacidades y formación suficiente para interpretar las imágenes de esta tecnología¹⁴⁹.

Las siglas DIMITRA (“Dentomaxillofacial paediatric imagin: an investigation towards low-dose radiation induced risks) suponen un proyecto Europeo multidisciplinar y multicéntrico, y emitió una declaración donde establecía que los profesionales debemos seguir el principio ALADAIP (“As Low as Diagnostically Aceptable being Indication-oriented and Patien-specific”) y modificado del

principio ALARA) “tan bajo como sea aceptable diagnósticamente y orientado a las indicaciones específicas del paciente”¹⁴³.

Ninguna de las organizaciones radiológicas gubernamentales a nivel mundial recomienda la realización de CBCT para todos los pacientes de ortodoncia. Por tanto, las recomendaciones se basan en que se debe justificar caso por caso y cuando tiene el potencial de mejorar el diagnóstico o el tratamiento¹⁴³.

En hilo a estas consideraciones, la revisión sistemática llevada a cabo por Grauwe A et al.¹⁵⁰ en 2019 sobre población pediátrica antes de someterse a un tratamiento de ortodoncia, trata de esclarecer la eficacia diagnóstica del CBCT en diferentes situaciones. Con ello se pretende determinar si la utilización del CBCT en lugar de imágenes bidimensionales estaría justificada en base a la bibliografía existente hasta ahora. Concluyeron que la CBCT sólo se justifica en aquellos casos en los que la radiología convencional no proporciona un correcto diagnóstico de la patología, por lo que no puede considerarse un método estándar de diagnóstico.

Además, indican que: “las imágenes CBCT pueden estar justificadas en la población pediátrica cuando afectan positivamente en las opciones de tratamiento o proporcionan un mejor tratamiento”¹⁵⁰.

1.7. MODELOS DIGITALES EN ORTODONCIA

Tradicionalmente, en ortodoncia se utilizan los modelos de yeso como modelos representativos donde analizar los problemas inter-arcada e intra-arcada de nuestros pacientes. Estos modelos provienen de la toma de unas impresiones dentales con materiales de impresión, generalmente alginato o siliconas.

El uso de estos modelos puede plantear problemas importantes como:

- Posibilidad de pérdida o daño del modelo durante su almacenamiento.
- Deformación de la impresión antes de generar el modelo de escayola.
- Fallo en el positivado (vaciado) de la impresión generando defectos en el modelo de escayola.
- Limitaciones de espacio para el almacenamiento.

Para solventar parte de estas limitaciones, hoy en día existen lo que conocemos como modelos digitales tridimensionales (3D) (Figura 60) que se

obtienen escaneando modelos de escayola utilizando escáneres de escritorio o los que se obtienen mediante el escaneado de impresiones de alginato/silicona mediante CBCT¹⁵¹.

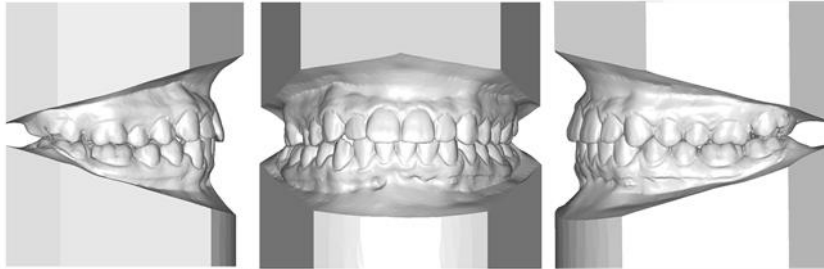


Figura 60. Modelos tridimensionales intraorales, zocalados mediante software y obtenidos mediante el escaneado de modelos de escayola. Fuente: archivo personal.

La CBCT eliminó la necesidad de verter yeso sobre las impresiones dentales de alginato o silicona. Son varios los estudios que demuestran que las mediciones realizadas sobre los modelos 3D generados por un escaneado CBCT sobre impresiones dentales son lo suficientemente precisas para los diagnósticos ortodóncicos^{152,153}.

Otra alternativa para generar modelos dentales 3D, que se está extendiendo muy rápidamente, son los escáneres intraorales. Estos escáneres intraorales ofrecen varias ventajas como¹⁵⁴:

- ✓ Almacenamiento sencillo.
- ✓ Posibilidad de trabajar con datos computerizados que facilitan la comunicación entre profesionales y la planificación ortodóncica.
- ✓ Eliminan la necesidad de utilización de materiales de impresión reduciendo costos y tiempo de trabajo.
- ✓ Más confortable para el paciente pudiendo suspender el escaneado en cualquier momento ante un reflejo nauseoso del paciente.
- ✓ Posibilidad de fabricar guías quirúrgicas para colocación de microimplantes.

Entre sus limitaciones podemos encontrar¹⁵⁴:

- ✓ Coste económico para su adquisición.
- ✓ Curva de aprendizaje.

- ✓ Necesidad de programar las citas porque sólo se puede escanear a un paciente a la vez.
- ✓ La duración del escaneado puede ser variable según la presencia de saliva, sangre o limitaciones de apertura o acceso a determinadas regiones.

Mediante estos escáneres intraorales podemos obtener modelos digitales directamente escaneando la boca del paciente (escaneando in vivo) o escaneando modelos de escayola generados tras una impresión dental con alginato o silicona (escaneado in vitro). Las mediciones obtenidas mediante un método in vitro muestran una precisión bastante fiable comparadas con las mediciones del escaneado in vivo¹⁵⁵.

Con la introducción en el mercado de múltiples escáneres intraorales, ha surgido la necesidad de analizar su precisión. La precisión de un escáner intraoral se puede definir mediante dos parámetros: veracidad y precisión¹⁵⁶.

La veracidad está relacionada con la capacidad que tiene el escáner de reproducir, sin deformación o distorsión, un arco dental lo más cerca posible de su verdadera forma. La precisión indicaría el grado en el que, las imágenes adquiridas por escaneados repetidos en las mismas condiciones fueran idénticas, y tuviesen las mismas medidas, el mismo significado y reproducibilidad¹⁵⁶.

Anh et al.¹⁵⁶ en 2016 comparó la precisión de dos de los escáneres intraorales más extendidos y desarrollados del mercado iTero® (Align Technology Inc., San Jose, CA, USA) y Trios® (3Shape Dental Systems, Copenhagen, Denmark). Ambos sistemas obtuvieron resultados similares en la precisión entre los modelos, sin diferencias estadísticamente significativas. No obstante, obtuvieron diferencias según el grado de irregularidad del diente, secuencia y tipo de escáner. Sin embargo, desde una perspectiva clínica, concluyen que ambos escáneres eran altamente precisos independientemente del grado de irregularidad del diente.

Una vez generado el modelo 3D in vivo mediante el escáner intraoral obtendremos unos archivos STL. Debemos tener en cuenta que, si lo que pretendemos es utilizar el modelo físicamente para realizar sobre él algún procedimiento de laboratorio, como la fabricación de una cubeta para cementado indirecto, por ejemplo, estos archivos STL se utilizarán para imprimir el modelo físicamente mediante una impresora 3D.

Por tanto, podría ser ventajoso en esos casos la adquisición de un modelo físico del paciente in vitro o mediante un escaneado de impresiones dentales ya que el tiempo en el flujo de trabajo se vería reducido.

Recientemente, Aly y Mohsen¹⁵⁷ llevaron a cabo un estudio para analizar la precisión de los modelos impresos mediante impresora 3D. Para ello, compararon los modelos de escayola originales con las mediciones obtenidas en los modelos digitales y con los modelos impresos mediante impresora 3D provenientes de los archivos STL de los modelos de escayola originales (Figura 61).



Figura 61. Modelos de escayola convencionales en A; modelos de arcada inferior físico obtenido mediante impresión 3D en B; modelo digital de arcada inferior con medidas de anchura intermolar, intercanina y mesiodistal en C. Fuente: Aly P et al. ¹⁵⁷.

Realizaron mediciones lineares (mesiodistales y oclusocervicales) y mediciones intra-arcada (distancia intercanina e intermolar) en los modelos de escayola originales, en los modelos impresos 3D y en los modelos digitales. Obtuvieron que los modelos digitales mostraron un error significativamente mayor que los otros dos grupos en todas las medidas lineales e intra-arcada. Sin embargo, estos errores estaban dentro de un rango clínico aceptable por lo que concluyeron que los modelos impresos en 3D pueden considerarse como un buen sustituto a los modelos tradicionales de escayola, ya que la precisión es clínicamente aceptable para utilizarlos como diagnóstico, planificación y realización de dispositivos sobre ellos¹⁵⁷.

1.8. SUPERPOSICIÓN DE MODELOS DIGITALES Y CBCT

La planificación tridimensional del paciente desde una perspectiva virtual es una herramienta cada vez más importante dentro de las diferentes ramas de la odontología. Mediante el CBCT podemos visualizar estructuras anatómicas complejas y las relaciones entre ellas, creando incluso un modelo de la cabeza del

paciente de manera virtual, al cual podemos incorporarle una representación 3D de la cara del paciente mediante un análisis de estereofotogrametría.

Sin embargo, para obtener una información precisa sobre la dentición son necesarias imágenes adicionales de las superficies oclusales, provenientes por ejemplo de escáneres intraorales o modelos de escayola. Esto es necesario por la gran dispersión que se genera en el CBCT debido a la alta densidad del esmalte, la presencia de restauraciones dentales, aparatos ortodóncicos o implantes dentales¹⁵⁸.

Además, la adquisición de la dentición con precisión y la superposición posterior al CBCT¹⁵⁹ (Figura 62) nos permite generar guías quirúrgicas para colocación de microimplantes, o para la cirugía ortognática, ya que estas guías suelen apoyarse en las superficies oclusales dentales^{160,161}.

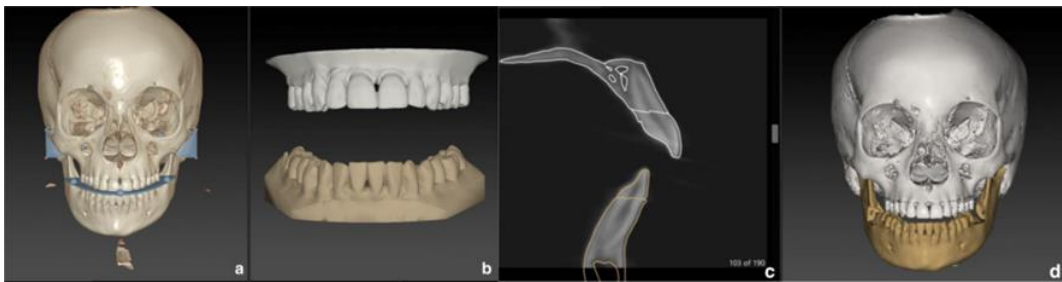


Figura 62. Representación de escaneado con el CBCT en **a**; escaneado intraoral de la dentición maxilar y mandibular en **b**; vista corte seccional de la fusión del modelo digital de la dentición y el CBCT en **c**; vista frontal del resultado de la unión del modelo digital y el CBCT en **d**. Fuente: Baan F et al. ¹⁵⁹.

Ortodóncicamente, esta superposición nos permitiría también llevar a cabo cubetas de cementado indirecto y planificaciones virtuales de nuestros objetivos de tratamiento (set-up virtual)^{162,163}.

Además de la precisión, la dentición debe colocarse en la posición anatómica correcta en la mandíbula y el maxilar, por tanto, una coincidencia exacta y precisa de la dentición en el CBCT es necesaria para una correcta interpretación en nuestra práctica clínica.

Para solventar los problemas derivados de la distorsión oclusal en el CBCT Swennen et al.¹⁶⁴ propuso un método de exploración triple CBCT para capturar las superficies oclusales con precisión. Este método requería la exposición doble a la radiación por lo que debía estar plenamente justificado.

Actualmente, se han publicado varios artículos sobre diferentes métodos de registros de imágenes CBCT y modelos digitales, comparando su precisión, y registrando métodos que utilizan estructuras anatómicas y no anatómicas. Los métodos de registro que utilizan estructuras no anatómicas¹⁶⁵⁻¹⁶⁷ incluyen unos marcadores de referencia (Figura 63). Estos métodos mostraron un error de registro de entre 0.08 a 0.66 mm, siendo unos valores de precisión aceptables clínicamente¹⁶⁸.

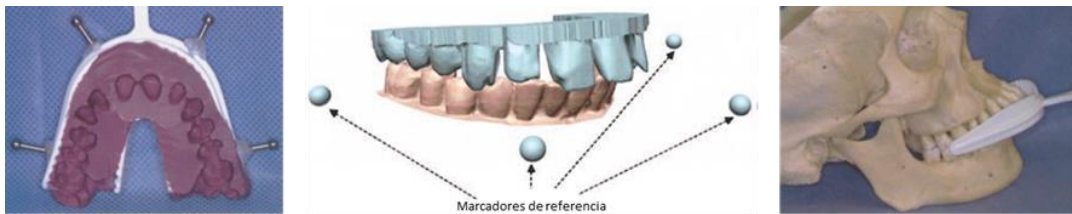


Figura 63. Marcadores referencia no anatómicos utilizados para la superposición de la dentición en la reconstrucción del CBCT. Fuente: Gateno J et al. ¹⁶⁵.

Sin embargo, estos métodos requieren mucho tiempo, son complicados de llevar a cabo y no son prácticos ya que necesitan de visitas adicionales, CBCT adicionales, marcadores de referencia o incluso estructuras de registro muy voluminosas.

Los métodos de superposición del CBCT y modelos digitales basados en estructuras anatómicas¹⁶⁹⁻¹⁷¹, han surgido para reducir la extrema complejidad que suponían los métodos anteriores, manteniendo los niveles de precisión¹⁷². Estos métodos son simples, rápidos y más aplicables a la rutina clínica diaria sin necesidad de duplicar consultas con el paciente (Figura 64).

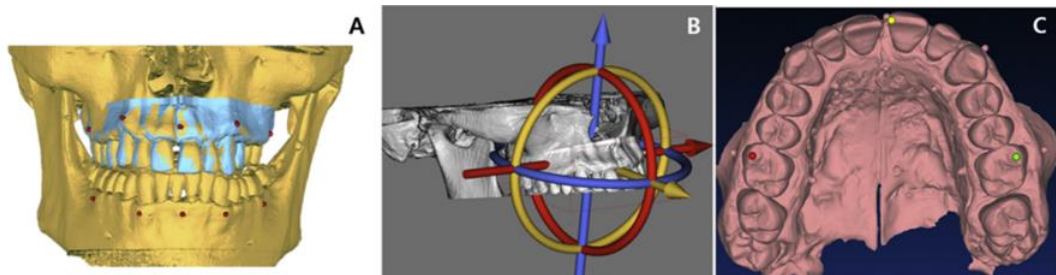


Figura 64. Puntos de referencia anatómicos utilizados para superponer el modelo digital con la reconstrucción del CBCT. Fuente: Park JH et al. ¹⁶⁸.

Hoy en día existen muchos paquetes de software en el mercado de planificación 3D que proporcionan la posibilidad de fusionar los archivos STL

provenientes de los modelos digitales con los archivos DICOM del CBCT a través de unos simples ajustes por puntos y superficies, mediante procedimientos semiautomáticos¹⁶⁸.

En cuanto a la precisión en la superposición de los modelos digitales (archivos STL) a la reconstrucción CBCT (archivos DICOM), Swennen et al.¹⁶⁶ informaron de errores que oscilaban entre 0.1 mm y 0.3 mm mediante la utilización de marcadores de gutapercha para realizar la superposición. Uechi et al.¹⁶⁷ en su estudio utilizó una férula con bolas de cerámica para llevar a cabo la superposición y obtuvo un error medio de 0.4 mm. Mediante marcadores de titanio, Gateno et al.¹⁶⁵ reportó errores entre 0,1 mm y 0,5 mm. Estos valores son similares a los encontrados por Noh et al.¹⁷² en su estudio de 2011 en el que indicó un rango de error de 0.27 a 0.33 mm. Otro estudio llevado a cabo por O. de Waard et al.¹⁷³ en 2016 también publicó valores de 0,12 hasta 0,45 mm de error en la precisión. La mayoría de los estudios anteriores analizaron la precisión de la fusión mediante una evaluación de cómo se superponen los marcadores o las referencias utilizadas. Más recientemente, en 2020, F Baan¹⁵⁹ llevó a cabo un estudio donde evaluó la precisión en la superposición mediante IPS CaseDesigner® y OrthoAnalyzer™ comparándolo con el verdadero patrón de referencia (“gold estándar”). Obtuvieron valores similares a los anteriores $\leq 0,66$ mm para IPS CaseDesigner® pero más aumentados para OrthoAnalyzer™ $\leq 1,18$ mm.

La inclinación bucolingal de los dientes se ha evaluado tradicionalmente mediante el análisis de los modelos de escayola. Con la aparición de la CBCT se hizo posible la fácil determinación de la inclinación vestibulo-lingual de los dientes posteriores a través de un corte frontal en el CBCT a nivel del surco y fosa central de los molares^{8,9,12,14,26,31,88-90}.

Como hemos mencionado anteriormente, la existencia de distorsión en el CBCT poder generar una inadecuada visualización de los contornos oclusales de los molares, los cuales son necesarios para la determinación del surco oclusal. El punto de mayor profundidad en el surco oclusal ha sido utilizado como la referencia oclusal para establecer el eje longitudinal del molar junto con el punto en la furca, y así utilizarlo para evaluar su inclinación vestibulo-lingual en relación a un plano de referencia (Figura 65).

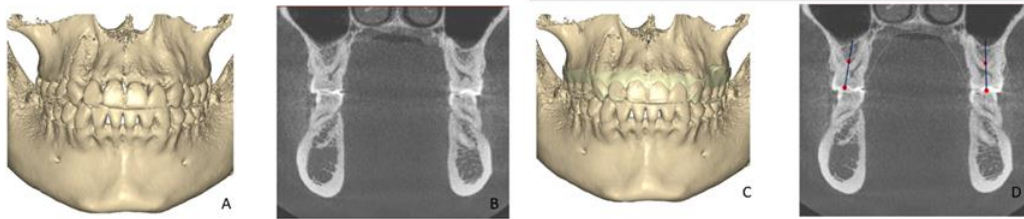


Figura 65. *Reconstrucción volumétrica del CBCT en A. Corte frontal a nivel de los primeros molares en B. Superposición del CBCT con el modelo digital de la arcada superior en C. Corte frontal del CBCT donde se puede apreciar la superposición del modelo digital (línea amarilla) con el CBCT en D. Véase cómo es posible la fácil determinación de mayor profundidad del surco oclusal mediante esta superposición. Fuente: archivo personal.*

Además, mediante la superposición de ambos archivos (STL y DICOM) también es posible establecer mediciones lineales a las corticales óseas y gingivales, tanto vestibulares como linguales, en relación a un plano de referencia (Figura 66).

Esto puede ser de especial utilidad para relacionar la mayor inclinación bucolingual de los dientes posteriores con la mayor o menor proximidad de las raíces a las corticales óseas, e incluso determinar diferencias en el espesor gingival, pudiendo incluso prevenir posibles problemas periodontales derivados de nuestras mecánicas ortodóncicas.

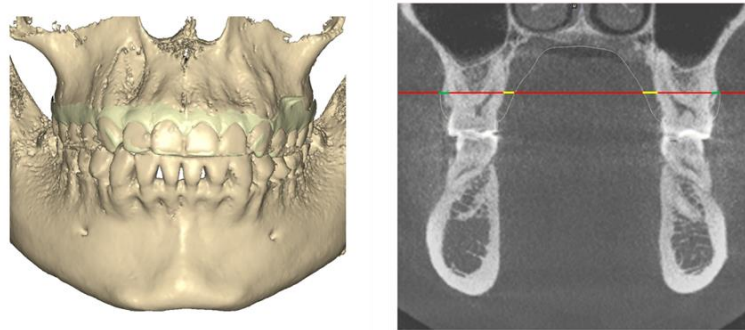


Figura 66. *Superposición de un modelo digital de la arcada superior en el CBCT para realizar mediciones lineales a las corticales óseas y gingivales, tanto vestibulares como linguales. Fuente: archivo personal.*

II – JUSTIFICACIÓN

II - JUSTIFICACIÓN

La curva de Wilson se presenta convexa en la arcada maxilar y cóncava en la arcada mandibular y se desarrollan para permitir un aprovechamiento máximo de los contactos durante la función normal, compensando la trayectoria condílea durante los movimientos excursivos. Esta disposición dental parece ser una adaptación para buscar la mayor eficiencia en relación a la resistencia contra las fuerzas que se generan durante la masticación y la oclusión.

La función masticatoria y una coordinación funcional a nivel de la ATM son necesarias para evitar las interferencias oclusales derivadas de la existencia de la curva de Wilson durante los movimientos de lateralidad. Es por ello que, el diseño de la pared medial del cóndilo y la fosa glenoidea, implican que el cóndilo-disco se encuentre en una posición centrada, no pudiéndose desplazar hacia medial u horizontal sin haberse desplazado hacia abajo previamente.

La relación entre las interferencias oclusales (derivadas de una curva de Wilson aumentada) durante los movimientos excéntricos con los trastornos temporomandibulares (TTM) no ha sido demostrada totalmente³³.

Las alteraciones de las curvas oclusales parecer ser que no generan un TTM por sí solas. Esto puede deberse a que un sujeto concreto, con una determinada maloclusión que genere interferencias en los movimientos excéntricos, estas pueden ser neutralizadas si la posición inicial ortopédica a nivel de la ATM es estable y centrada en la cavidad glenoidea. La situación sería distinta si el sujeto anterior, además de la maloclusión con interferencias en los movimientos excéntricos, presentase una posición inicial de inestabilidad ortopédica, donde su inestabilidad oclusal ha llevado a la ATM a desplazarse en gran medida (3-4 mm) de su ubicación ideal centrada en la cavidad glenoidea (relación céntrica). Aquí sí sería posible que, una curva de Wilson incrementada con interferencias oclusales excéntricas, actuase como factor de riesgo y precipitante de una TTM.

Esta correcta intercuspidad en oclusión estática y funcional es de especial importancia en el mantenimiento de los resultados post-ortodóncicos, preservando la integridad de los dientes sin sufrir desgastes severos y consiguiendo un adecuado mantenimiento de tratamientos de rehabilitación protésica.

Para conseguir una buena intercuspidadación de los dientes posteriores tanto en la oclusión estática como dinámica, frecuentemente es necesario la modificación de la inclinación bucolingual de los dientes posteriores maxilares y mandibulares a través de un tratamiento ortodóncico.

La Academia Americana de Ortodoncistas (ABO) establece que “para establecer una oclusión adecuada en máxima intercuspidadación y evitar interferencias en lateralidades, no debe haber una diferencia significativa entre las alturas de las cúspides bucales y linguales de los molares y premolares, maxilares y mandibulares”. Determinan que, en la arcada superior, la cúspide vestibular debe estar como máximo un milímetro más elevada que la cúspide palatina y en la arcada inferior la cúspide lingual máximo un milímetro más descendida que la vestibular²³.

Andrews³ en su tercera llave de la oclusión normal encontró un torque o inclinación buco-lingual de los dientes posteriores, tanto maxilares como mandibulares, siendo la intensidad del torque negativo mayor en la arcada inferior que en la superior.

Las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores se han analizado en los diferentes patrones faciales verticales dando resultados contradictorios entre los autores. Algunos autores^{8,26,27} reportaron tendencias a una mayor inclinación bucolingual de los dientes posteriores en patrones dolicofaciales, pero sin encontrar diferencias significativas. Otros, como Janson et al.⁷ sí encontró diferencias significativas, siendo las inclinaciones bucolinguales mayores en patrones dolicofaciales. También Mitra²⁸ hace referencia a una mayor inclinación bucolingual de los dientes posteriores maxilares en patrones dolicofaciales, pero sólo en relación a los segundos molares.

Las diferentes maloclusiones existentes también podrían influenciar en una mayor o menor inclinación bucolingual de los dientes posteriores^{14,30-32}. Así pues, la existencia de una mordida cruzada posterior podría suponer una disminución de la convexidad de la curva de Wilson maxilar¹⁴. También se ha comprobado la existencia de compensaciones dentoalveolares que deben de ser descompensadas previamente ante la existencia de un problema de discrepancia transversal maxilar^{63,71,72}.

Los métodos tradicionales para analizar las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores se basaban en modelos de escayola. Al utilizar estos modelos para analizar la inclinación de los dientes podemos caer en errores de estimación de la estructura radicular no visible en estos modelos, ya que el eje longitudinal del diente a nivel de la raíz es una aproximación del eje longitudinal de la corona clínica que se analiza en el modelo de escayola. Esto resulta especialmente difícil en casos de desgaste oclusal o morfología coronal muy irregular.

Tras la aparición de las imágenes en 3D provenientes de la CBCT es posible el análisis de las posiciones e inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores de cada sujeto mediante un corte a través del plano frontal a nivel del surco y fosa central de los molares^{8,9,12,14,26,31,88-90} (Figuras 35, 36, 42 y 43).

No es sencillo determinar cuál es la correcta inclinación bucolingual de los molares superiores e inferiores ya que se pueden ver influenciados por: relación sagital ósea y dental (clase I, clase II o clase III), el biotipo facial vertical, la presencia o no de una mordida cruzada posterior, la existencia de una discrepancia transversal ósea maxilo-mandibular, una asimetría, etc.

Mediante el CBCT se ha tratado de analizar en la literatura cuál es la posición de los dientes en función de la situación sagital y transversal en la que se encuentran, comparándolas entre sexos y edades diferentes^{12,14,78,91-97}.

De manera idílica, el molar se debería encontrar ubicado en el centro de la medular ósea (Figura 44), junto con una inclinación bucolingual óptima, que permitiese que los ejes de los molares trabajasen paralelamente y repartiéndose las fuerzas a través del periodonto de forma correcta (Figura 45). Esto además permitiría que las disoclusiones laterales sean adecuadas⁶ (Figura 46).

La existencia de distorsión en el CBCT derivada de la alta densidad del esmalte, la presencia de restauraciones dentales u otros dispositivos puede generar una inadecuada visualización de los contornos oclusales de los molares, los cuales son necesarios para la determinación del surco oclusal. El punto de mayor profundidad en el surco oclusal ha sido utilizado como la referencia oclusal para establecer el eje longitudinal del molar junto con el punto en la furca, y así utilizarlo para evaluar su inclinación vestibulo-lingual en relación a un plano de referencia.

Una adecuada visualización de los contornos oclusales y por tanto la determinación exacta del punto oclusal, el cual determinará uno de los dos puntos

para establecer el eje longitudinal del molar, es factible gracias a la superposición del modelo digital con el CBCT (STL y DICOM) (Figura 65).

Además, a través de un análisis conjunto de ambos archivos (STL y DICOM) es posible establecer mediciones lineales a las corticales óseas y gingivales, tanto vestibulares como linguales, en relación a un plano de referencia (Figura 66).

Esto último puede ser relevante para establecer la posible relación entre la mayor inclinación bucolingual de los dientes posteriores con la mayor o menor proximidad de las raíces a las corticales óseas, pudiendo incluso prevenir posibles problemas periodontales derivados de nuestras mecánicas de expansión ortodóncicas.

Debemos tener en cuenta consideraciones importantes: cuando hay discrepancia oseodentaria moderada o leves pueden solucionarse con expansión o reducción interproximal, o una combinación de ambas técnicas. Cuando la discrepancia leve o moderada va acompañada de una arcada estrecha, podría estar indicada una expansión de la arcada dentaria, pero teniendo en cuenta las conclusiones de Janson⁷ y Ross²⁷ realizar este tratamiento en patrones dolicofaciales que ya tienen una inclinación vestibular en los sectores posteriores, podría potenciar la recidiva de la expansión al forzar las inclinaciones de estas piezas e incluso alterar la oclusión estática y funcional. En cambio, en los patrones braquifaciales, con inclinaciones más linguales, estaría totalmente indicado la expansión dentoalveolar.

Debemos conocer entonces la posición de los molares previamente a la planificación de un tratamiento que implique cualquier grado de expansión dentoalveolar, el cual supondrá en muchos casos una vestibuloversión de los molares superiores. Si la situación inicial era favorable para ese movimiento habremos mejorado al paciente, pero, si la situación inicial ya era desfavorable con una vestibuloversión ya excesiva puede que no consigamos un correcto engranaje dental en la oclusión estática y dinámica.

III – OBJETIVOS

III - OBJETIVOS

La amplia gama de inclinaciones bucolinguales de los molares que se reporta en la bibliografía en los distintos patrones faciales verticales y maloclusivos, analizados mediante modelos de escayola o CBCT, junto con la necesidad de una mayor precisión en el análisis, sugieren la necesidad de una reevaluación mediante la superposición de los modelos digitales al CBCT con el objetivo de clarificar las posibilidades de éxitos en nuestros tratamientos de ortodoncia.

Nos planteamos por tanto los siguientes objetivos e hipótesis:

Objetivos

1. Determinar si existe una relación entre el patrón facial vertical y la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores e inferiores.
2. Analizar si existe una relación entre la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores y la discrepancia transversal ósea.
3. Evaluar si existe una relación entre la inclinación bucolingual de los primeros y segundos molares superiores y la discrepancia transversal ósea en los diferentes patrones faciales verticales (mesofaciales, dolicofacial y braquifacial)
4. Establecer las distancias de forma paralela entre la estructura radicular de los dientes posteriores superiores e inferiores (primeros y segundos molares) al punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo) y gingival (WALA) en la cortical ósea vestibular y palatina/lingual para buscar si existentes diferencias respecto a la mayor o menor inclinación bucolingual de los molares, en los diferentes patrones faciales verticales, en presencia o no de discrepancia transversal y en la combinación patrón facial-presencia de discrepancia transversal.

IV - MATERIAL Y MÉTODO

IV -MATERIAL Y MÉTODO

4.1. ÁMBITO DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en la Universidad Católica de Murcia (UCAM) en el marco del Máster de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial desarrollado en UCAMDENTAL.

Los registros de los pacientes seleccionados han sido cedidos por el Máster de Ortodoncia y Ortopedia Dentofacial desarrollado en UCAMDENTAL.

4.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

4.2.1. Selección del diseño

Grado de intervención: observacional o no experimental.

Tiempo o periodo del estudio: transversal.

Unidad de análisis: Individuos

4.2.2. Variables

Las variables del estudio fueron:

1. Tipo de patrón facial vertical.
2. Discrepancia transversal maxilo-mandibular. Diferencia Mx-Md medida en CBCT.
3. Inclinação del primer molar superior derecho e izquierdo.
4. Inclinação total del primer molar superior.
5. Inclinação del primer molar inferior derecho e izquierdo.
6. Inclinação total del primer molar inferior.
7. Inclinação del segundo molar superior derecho e izquierdo.
8. Inclinação total del segundo molar superior.
9. Inclinação del segundo molar inferior derecho e izquierdo.

10. Inclinação total del segundo molar inferior.
11. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 1.6 ósea [16-Ósea V (DV)]
12. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 1.6 ósea [16-Ósea V (MV)]
13. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 16 gingival [16-Gingival V (DV)]
14. Distancia raíz palatina de pieza 1.6 ósea (16-Ósea P)
15. Distancia raíz palatina de pieza 1.6 gingival (16-Gingival P)
16. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 1.7 ósea [17-Ósea V (DV)]
17. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 1.7 ósea [17-Ósea V (MV)]
18. Distancia raíz palatina de pieza 1.7 ósea (17-Ósea P)
19. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 2.6 ósea [26-Ósea V (DV)]
20. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 2.6 ósea [26-Ósea V (MV)]
21. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 2.6 gingival [26-Gingival V (DV)]
22. Distancia raíz palatina de pieza 2.6 ósea (26-Ósea P)
23. Distancia raíz palatina de pieza 2.6 gingival (26-Gingival P)
24. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 2.7 ósea [27-Ósea V (DV)]
25. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 2.7 ósea [27-Ósea V (MV)]
26. Distancia raíz palatina de pieza 2.7 ósea (27-Ósea P)
27. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 4.6 ósea (46-Ósea V)
28. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 4.6 gingival (46-Gingival V)
29. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 4.6 ósea (46-Ósea L)
30. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 4.6 gingival (46-Gingival L)
31. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 4.7 ósea (47-Ósea V)
32. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 4.7 ósea (47-Ósea L)
33. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 3.6 ósea (36-Ósea V)
34. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 3.6 gingival (36-Gingival V)
35. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 3.6 ósea (36-Ósea L)

- 36. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 3.6 gingival (36-Gingival L)
- 37. Distancia raíz mesial-vestibular de pieza 3.7 ósea (37-Ósea V)
- 38. Distancia raíz mesial-lingual de pieza 3.7 ósea (37-Ósea L)

1. Determinación del patrón facial vertical.

Para determinar en cada paciente el biotipo facial se llevó a cabo una trazado cefalométrico mediante software digital (Nemotec-Nemoceph 2018®) realizando el índice de Vert de Ricketts.

*Índice Vert de Ricketts*⁶⁵

- Eje facial (Figura 67)

Ángulo formado por el eje facial (punto pterigoideo y gnation) y el plano basion-nasion. Su valor normal es 90° con desviación estándar de $\pm 3^\circ$. Nos indica la dirección de crecimiento del mentón. Un valor disminuido de este ángulo indica patrones dolicofaciales y un valor aumentado braquifaciales.

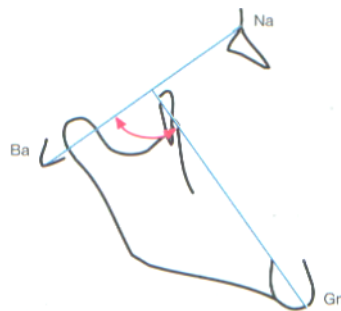


Figura 67. Medición del ángulo del eje facial de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹.

- Altura facial inferior (Figura 68)

Ángulo formado por el plano Xi-Pm (Centroide mandibular-Protuberanciamenti) y Xi-ENA (Centroide mandibular-Espina Nasal Anterior). Presenta un valor normal de 47° con una desviación estándar de $\pm 4^\circ$. Un valor aumentado se interpreta como patrón dolicofacial y un valor disminuido como patrón braquifacial.

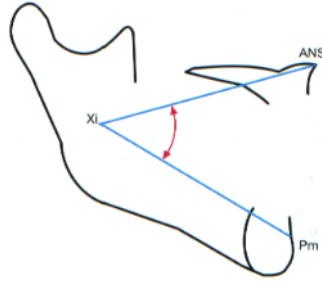


Figura 68. Medición del ángulo de la altura facial inferior de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹.

- Profundidad facial (Figura 69)

Ángulo formado por el plano facial (Nasion-Pogonion) y el plano de Frankfort (Porion-Orbitario). Su valor normal son 87° a los 9 años y aumenta $0,3^\circ$ por año. Su desviación estándar es $\pm 3^\circ$. Un valor aumentado se interpreta como patrón braquifacial y un valor disminuido como dolicofacial.

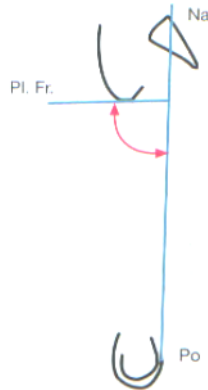


Figura 69. Medición de la profundidad facial de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹.

- Plano mandibular (Figura 70)

Este ángulo está formado por el plano mandibular de Ricketts (Antegonial-Mentón) y el plano de Frankfort. Tiene una norma de $26^\circ \pm 4^\circ$ a los 9 años y disminuye $0,3^\circ$ por año. Valores aumentados se corresponden a patrones dolicofaciales y valores disminuidos a braquifaciales.

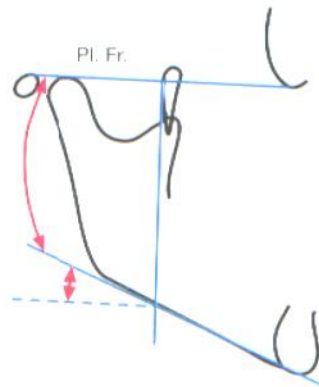


Figura 70. Medición del ángulo del plano mandibular de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹.

- Arco mandibular (Figura 71)

Ángulo formado por el eje condilar y el eje del cuerpo de la mandíbula. Nos proporciona una orientación sobre las características musculares del paciente. Unos valores disminuidos corresponden a una musculatura débil propia de los dolicofaciales y unos valores aumentados se relacionan con mandíbulas cuadradas con fuerte componente muscular y patrón braquifacial.

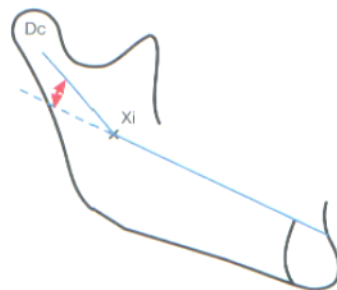


Figura 71. Arco mandibular de Ricketts. Fuente: Gregoret J³⁹.

Teniendo en cuenta estos valores, una vez realizadas las cinco medidas anteriores se hace el cálculo del VERT. Ricketts llama VERT al coeficiente de variación vertical y este se obtiene mediante un promedio de las desviaciones del paciente en cada medida cefalométrica. Los valores que tienden a braquifaciales se colocan con signo positivo, mientras que los que tienden a dolicofacial lo hacen con signo negativo.

Se suman las mediciones de las cinco desviaciones del paciente con su signo correspondiente y se realiza la media. El resultado determinará el biotipo facial como se muestra en la Tabla 2 y 3.

Tabla 2. Determinación del biotipo facial según resultado VERT.

DOLICOFACIAL			MESOFACIAL	BRAQUIFACIAL		
SEVERO -2	MODERADO -1	LEVE -0,5	0	LEVE +0,5	MODERADO +1	SEVERO +2

Tabla 3. Representación de un ejemplo de cómo obtener el resultado VERT para el biotipo facial

Factores	Norma	Desviación estándar	Medida paciente	Diferencia: desviación estándar	Desviación paciente
Eje facial	90	3	90	0: 3	0
Profundidad facial	87	3	83	-4: 3	-1,3
Ángulo del plano mandibular	26	4	25	+1: 4	+0,2
Altura facial inferior	47	4	43	+4: 4	+1
Arco mandibular	26	4	35	+9: 4	+2,2
Suma algebraica: +2,1/ 5= + 0,4 mesofacial o braquifacial leve					

Para nuestro estudio, se consideró un VERT de -0,5 a +0,5 como patrón mesofacial; > +0,5 indicó patrón braquifacial y < -0,5 indicó patrón dolicofacial.

2. Discrepancia transversal maxilo-mandibular. Diferencia Mx-Md medida en CBCT.

Se llevó a cabo un análisis transversal basado en el CBCT siguiendo el método de la Universidad de Pensilvania⁷⁰. Como referencia para el ancho maxilar este análisis toma el punto jugal (punto MX) derecho e izquierdo, evitando así cualquier exostosis de hueso presente a lo largo de la porción vestibular del alveolo (Figura 38 y 72).

Como la porción apical a la cresta WALA es dimensionalmente estable durante los movimientos dentales, esta zona puede utilizarse como referencia del ancho mandibular y de la arcada del paciente.

Por tanto, el análisis transversal de la Universidad de Pennsylvania tomaría referencias de Andrews y de Ricketts. Para la visualización y la determinación de la dimensión transversal en la mandíbula los autores proponen utilizar la visión axial en vez de la coronal, reduciendo así errores de juicio y mejora en la visualización de la parte más vestibular del hueso cortical (Figuras 40 y 72).

El análisis de la discrepancia transversal una vez tomadas las dimensiones del ancho del maxilar superior e inferior es sencillo. Se obtendría restando al ancho mandibular el ancho maxilar. Tanto Ricketts como Andrews demuestran que la diferencia transversal óptima entre el maxilar y la mandíbula es de 5 mm en pacientes esqueléticamente maduros (Figura 41).

La medida “ideal” es de 5mm entre los puntos Mx-Mx y los puntos WALA-WALA mandibulares. Una diferencia transversal esquelética entre 2-5mm, siempre y cuando no existan mordida cruzadas, pueden ser compensadas dentoalveolarmente. Para diferencias menores a 2 mm entre el tamaño maxilar basal y la mandíbula nos deberíamos plantear medios ortopédicos de corrección esquelética.



Figura 72. Determinación del ancho maxilar y mandibular en la vista frontal para el maxilar y en la vista axial para la mandíbula. En este caso la discrepancia maxilo-mandibular es de 57,07mm para el maxilar y de 49,55mm para la mandíbula, por lo que $57,07 - 49,55 = +7,52\text{mm}$. Lo ideal sería +5 mm por lo que en este caso existe un exceso transversal a favor del maxilar superior. Fuente: archivo personal.

Para la medición de las variables de inclinación molar y distancias desde la estructura radicular a porción ósea y gingival se realizó previamente una

superposición de los modelos digitales (archivos STL) con el CBCT (archivo DICOM).

Orientación del CBCT

Las diferentes vistas del CBCT se reorientaron en los tres planos del espacio. En la vista sagital, el plano oclusal anatómico se alineó paralelamente respecto a la sagital de referencia la cual es paralela al suelo (Figura 73). En la vista coronal, el CBCT se orientó de forma paralela a la horizontal de referencia, la cual es paralela al suelo (Figura 74). Por último, para la orientación de la vista axial, el CBCT se ubicó haciendo coincidir espina nasal anterior (ENA) con una línea vertical que es perpendicular a la horizontal de referencia (Figura 75).

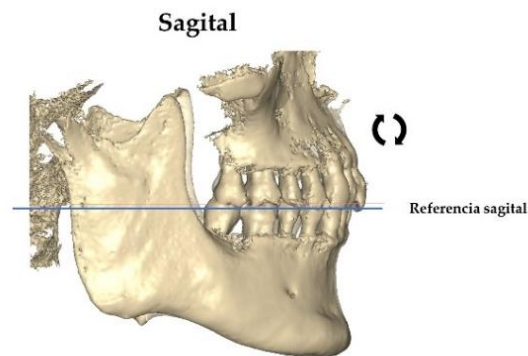


Figura 73. Vista sagital, el plano oclusal anatómico se alineó paralelamente respecto a la sagital de referencia que es paralela al suelo. Fuente: archivo personal.

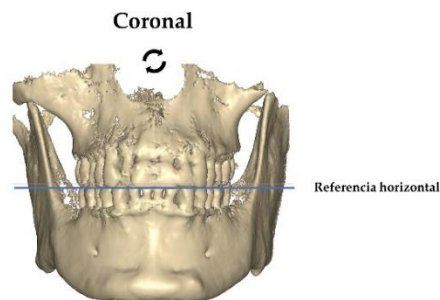


Figura 74. Vista coronal, se orientó de forma paralela a la horizontal de referencia, la cual es paralela al suelo. Fuente: archivo personal.

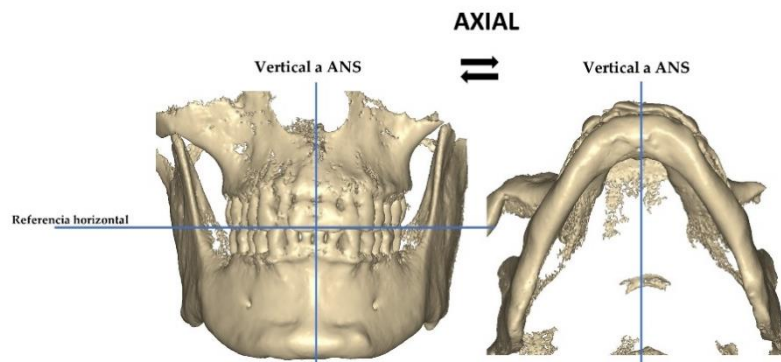


Figura 75. Vista axial, el CBCT se ubicó haciendo coincidir espina nasal anterior (ENA) con una línea vertical que es perpendicular a la horizontal de referencia. Fuente: archivo personal.

Superposición de modelos digitales y CBCT

La superposición de ambos archivos se llevó a cabo mediante el software de NemoStudio 2018 (Nemotec®, Madrid, España). Una vez obtenidos los archivos STL provenientes del escaneado de la dentición del paciente y los archivos DICOM del CBCT se realizó la fusión de ambos mediante un proceso de marcado por puntos.

En primer lugar, se marcaron puntos de referencia tanto en el modelo digital como en el CBCT sobre las mismas localizaciones para llevar a cabo su superposición. Se marcaron un total de seis puntos en hemiarcada derecha e izquierda tanto para el maxilar superior (Figura 76) como para la mandíbula (Figura 77). Los puntos de referencia marcados fueron: dos a nivel de incisivos, dos

a nivel de caninos y dos a nivel de molares, tanto en lado derecho como izquierdo (Figuras 76 y 77).

Para el marcado de puntos se utilizaron las diferentes vistas del CBCT (axial, coronal y sagital) junto con la reconstrucción volumétrica 3D, buscando las zonas anatómicas más reproducibles en ambos archivos (CBCT y modelo digital). Los puntos se ubicaron principalmente en bordes incisales, cuspídeos y fondos de surcos principales, como zonas de mejor reproducción entre ambos.

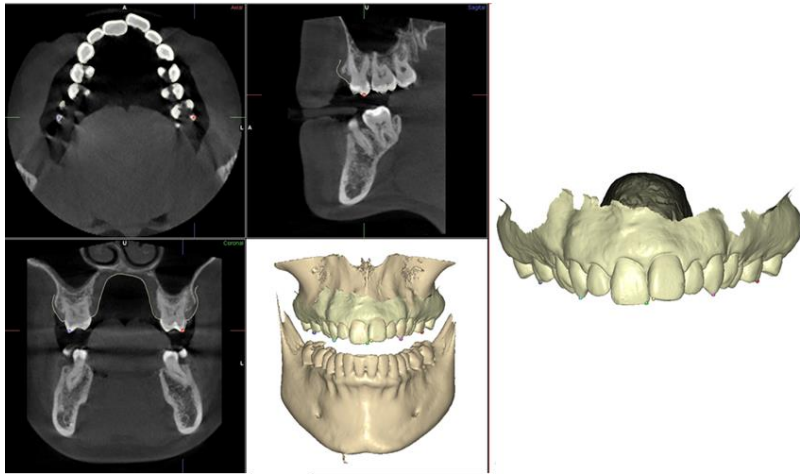


Figura 76. Representación del paso inicial para la superposición de modelos digitales y CBCT en el maxilar superior mediante el marcado por puntos en ambos archivos. Véase como se utilizan las diferentes vistas de CBCT para aumentar la precisión en el marcado de la estructura de referencia. Fuente: archivo personal.

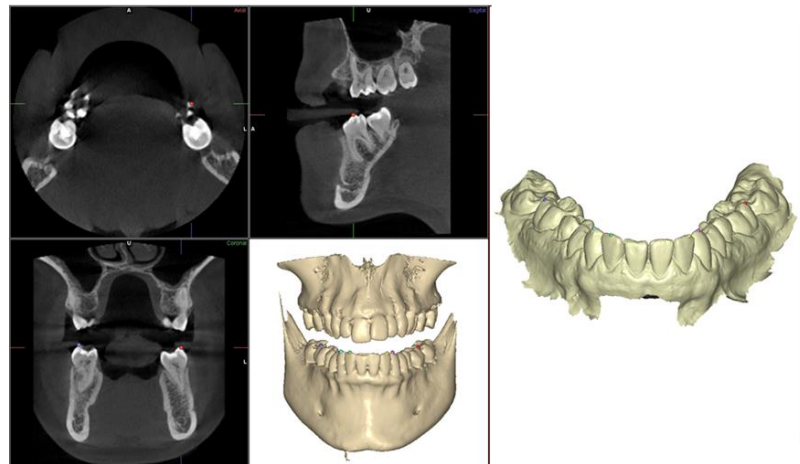


Figura 77. Representación del paso inicial para la superposición de modelos digitales y CBCT en la mandíbula mediante el marcado por puntos en ambos archivos. Véase como se utilizan las diferentes vistas de CBCT para aumentar la precisión en le marcado de la estructura de referencia. Fuente: archivo personal.

Una vez realizado este paso se llevó a cabo un segundo ajuste por superficie con el objetivo de disminuir el margen de error a cifras inferiores a 0.2 mm. Para este segundo ajuste se marcó como referencia la región anterior del maxilar y la mandíbula en el modelo digital (Figura 78).

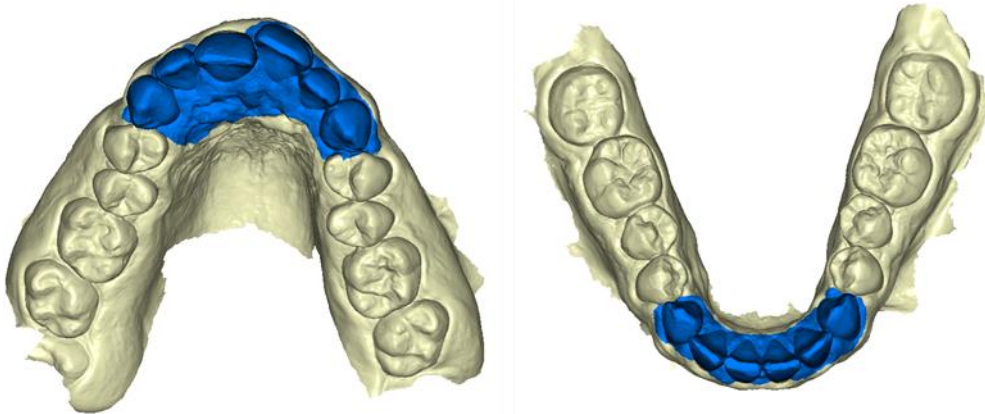


Figura 78. Marcado de la superficie anterior tanto en el maxilar superior como en la mandíbula para el ajuste final del modelo digital al CBCT. Fuente: archivo personal.

Una vez completado este último paso se integró el modelo digital al CBCT como se puede apreciar en la Figura 79. Esta integración permite unificar la estructura dentaria y gingival proveniente del escaneado de la dentición al escaneado CBCT aumentando la precisión en las mediciones angulares y lineales.

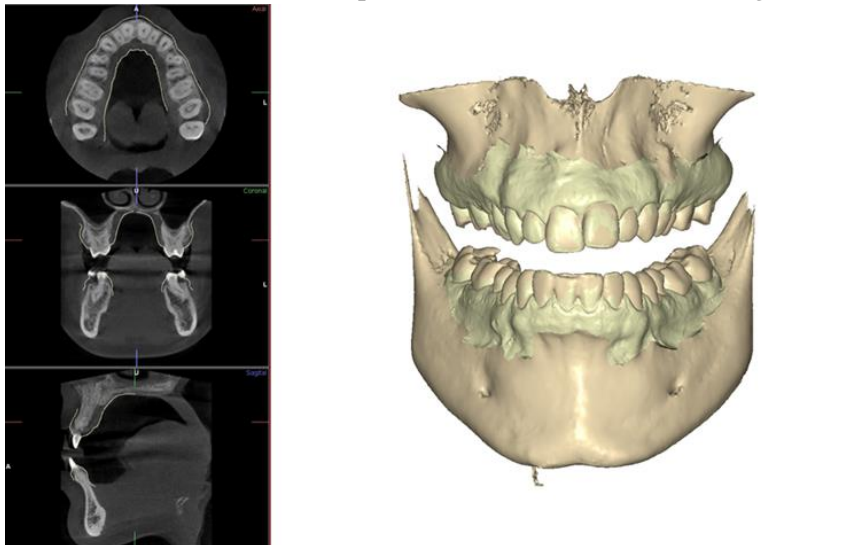


Figura 79. Representación de la integración completada del modelo digital al CBCT. La línea amarilla representaría el contorno del modelo de la dentición integrado en el CBCT. Fuente: archivo personal.

3. Inclínación del primer molar superior derecho e izquierdo.

Para la medición de las inclinaciones de los primeros molares superiores, en primer lugar, se realizó una línea que unía los puntos WALA derecho e izquierdo (Figura 80 A). En segundo lugar, se trazó una línea perpendicular a esta que pasa aproximadamente por el punto medio frontal del paladar. Posteriormente, se trazaron los ejes de los molares, derecho e izquierdo, siendo el eje del molar la línea que une el punto del surco oclusal y la furca (Figura 80 B).

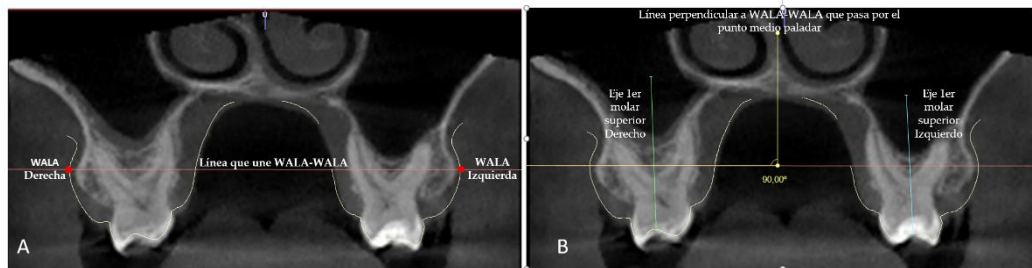


Figura 80. Línea WALA-WALA en A y perpendicular a la línea WALA-WALA junto con los ejes de los primeros molares superiores en B. Fuente: archivo personal

El método de medición de la inclinación molar es un método modificado de Barrera et al.¹⁴ donde para la medición de la inclinación molar utiliza una línea que une los puntos WALA óseos, no los puntos WALA originales de Andrews⁵⁰.

Para medir la inclinación del primer molar superior derecho (Figura 81 A) e izquierdo (Figura 81 B) se trasladó el eje del molar (línea que une el punto del surco oclusal y la furca) a la línea que pasa por el punto medio frontal del paladar, la cual es perpendicular a una línea que una los puntos WALA-WALA y se realizó la medición del ángulo que formaban.



Figura 81. Medición del ángulo de inclinación del primer molar superior derecho en A y del izquierdo en B. Fuente: archivo personal.

4. Inclínación total del primer molar superior.

Es el resultado de la suma del ángulo del primer molar superior derecho (Figura 81 A) y del ángulo del primer molar superior izquierdo (Figura 81 B).

5. Inclínación del primer molar inferior derecho e izquierdo

Para la medición de las inclinaciones de los primeros molares inferiores se realizó el mismo procedimiento que en el maxilar superior. En primer lugar, se realizó una línea que unía los puntos WALA derecho e izquierdo los cuales se encuentran próximos al centro de resistencia de los molares y a nivel de la furca de los primeros molares mandibulares⁸⁰ (Figura 39). En segundo lugar, se trazó una línea perpendicular a esta que pasa aproximadamente por el punto medio frontal del paladar. Posteriormente, se trazaron los ejes de los molares inferiores, derecho e izquierdo, siendo el eje del molar la línea que une el punto del surco oclusal y la furca (Figura 82).



Figura 82. Ejes de los primeros molares inferiores y líneas de referencia para la medición de su inclinación. Fuente: archivo personal.

Para medir la inclinación del primer molar inferior derecho e izquierdo se trasladaron los ejes de los molares a la línea que pasa por el punto medio frontal del paladar, la cual es perpendicular a una línea que una los puntos WALA-WALA y se realizó la medición del ángulo que formaban (Figura 83).

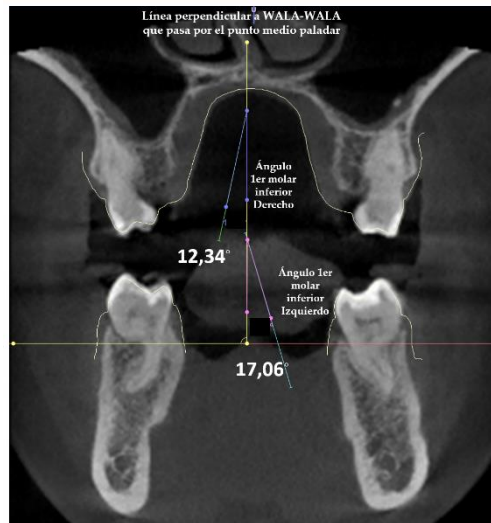


Figura 83. Medición del ángulo del primer molar inferior derecho e izquierdo. Fuente: archivo personal.

6. Inclinación total del primer molar inferior.

Es el resultado de la suma del ángulo del primer molar inferior derecho y del ángulo del primer molar inferior izquierdo.

7. Inclinación del segundo molar superior derecho e izquierdo.

Se realizó del mismo modo que la medición del ángulo del primer molar superior derecho e izquierdo. Por tanto, sería el ángulo que forma el eje del segundo molar superior derecho e izquierdo con la línea perpendicular a WALA-WALA y que pasa por el punto medio del paladar (Figura 81).

8. Inclinación total del segundo molar superior.

Es el resultado de la suma del ángulo del segundo molar superior derecho y del ángulo del segundo molar superior izquierdo.

9. Inclinación del segundo molar inferior derecho e izquierdo

Para medir la inclinación del segundo molar inferior derecho e izquierdo se llevó a cabo el mismo procedimiento que para el primero molar inferior. Se trasladaron los ejes de los molares a la línea que pasa por el punto medio frontal del paladar, la cual es perpendicular a una línea que una los puntos WALA-WALA y se realizó la medición del ángulo que formaban (Figura 83).

10. Inclinación total del segundo molar inferior.

Es el resultado de la suma del ángulo del segundo molar inferior derecho y del ángulo del segundo molar inferior izquierdo.

11. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 1.6 ósea (16 ósea DV).

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 84).

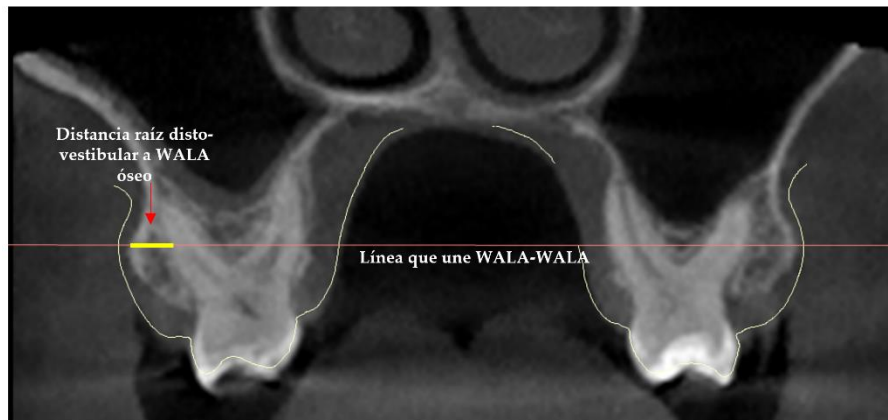


Figura 84. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

12. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 1.6 ósea (16 ósea MV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 85).

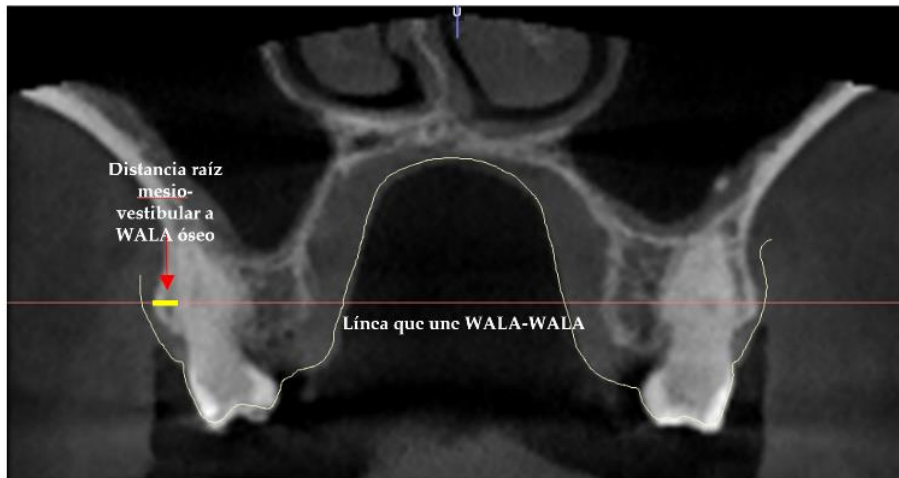


Figura 85. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz mesio-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal

13. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 16 gingival (16 gingival DV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia gingival (punto WALA), medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 86).



Figura 86. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz disto-vestibular del primer molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia gingival (punto WALA). La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

14. Distancia raíz palatina de pieza 1.6 ósea (16 ósea P)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la cortical ósea palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 87).

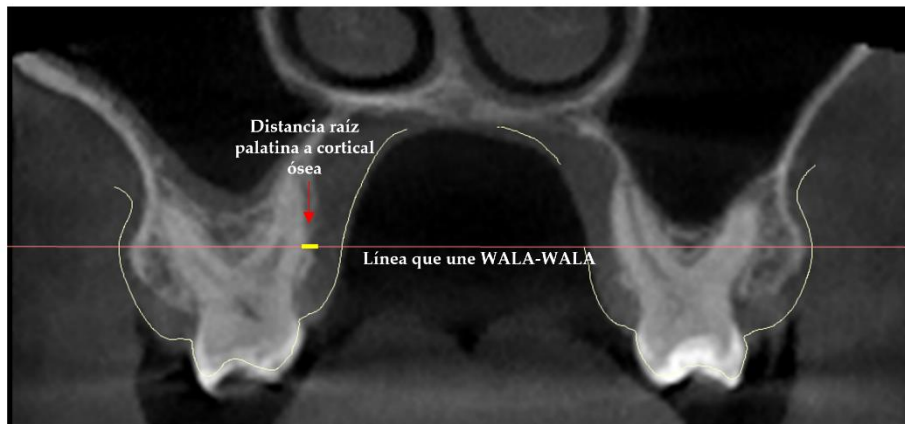


Figura 87. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la cortical ósea palatina sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

15. Distancia raíz palatina de pieza 1.6 gingival (16 gingival P)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la porción gingival externa palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 88).

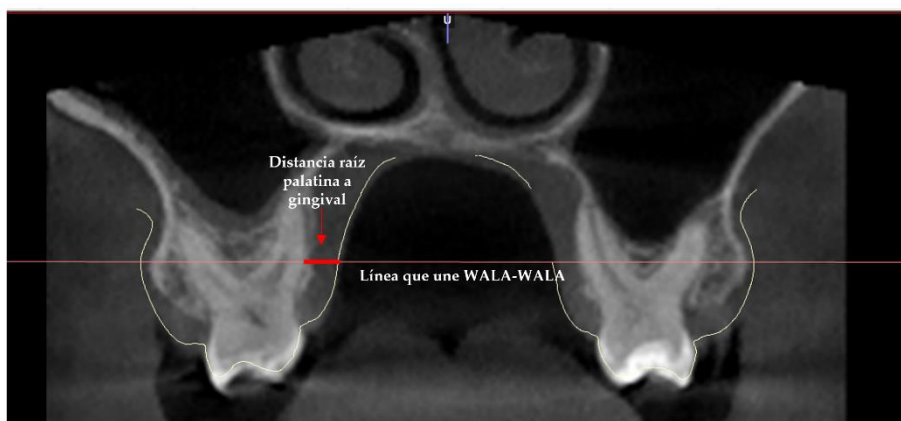


Figura 88. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz palatina del primer molar superior derecho hasta la superficie externa gingival palatina. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

16. Distancia raíz disto-vestibular de pieza 1.7 ósea (17ósea DV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del segundo molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA al igual que en el primer molar (Figura 84).

17. Distancia raíz mesio-vestibular de pieza 1.7 ósea (17 ósea MV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del segundo molar superior derecho hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA igualmente que se realiza para el primer molar (Figura 85).

18. DISTANCIA RAÍZ PALATINA DE PIEZA 1.7 ÓSEA (17 ÓSEA P)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del segundo molar superior derecho hasta la cortical ósea palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA, al igual que el primer molar (Figura 87).

19. DISTANCIA RAÍZ DISTO-VESTIBULAR DE PIEZA 2.6 ÓSEA (26 ÓSEA DV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del primer molar superior izquierdo hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA, igual que en el primer molar superior derecho (Figura 84).

20. DISTANCIA RAÍZ MESIO-VESTIBULAR DE PIEZA 2.6 ÓSEA (26 ÓSEA MV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar superior izquierdo hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA, igual que en el primer molar superior derecho (Figura 85).

21. DISTANCIA RAÍZ DISTO-VESTIBULAR DE PIEZA 2.6 GINGIVAL (26 GINGIVAL DV)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del primer molar superior izquierdo hasta el punto de mayor prominencia gingival (punto WALA), medida sobre la línea que une WALA-WALA, igual que para el primer molar superior derecho (Figura 86).

22. DISTANCIA RAÍZ PALATINA DE PIEZA 2.6 ÓSEA (26 ÓSEA P)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del primer molar superior izquierdo hasta la cortical ósea palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA, el mismo procedimiento que para el primer molar superior derecho (Figura 87).

23. DISTANCIA RAÍZ PALATINA DE PIEZA 2.6 GINGIVAL (26 GINGIVAL P)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del primer molar superior izquierdo hasta la porción gingival externa palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA, siendo el mismo procedimiento que para el primer molar superior derecho (Figura 88).

24. DISTANCIA RAÍZ DISTO-VESTIBULAR DE PIEZA 2.7 ÓSEA (27 ÓSEA DV)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz disto-vestibular del segundo molar superior izquierdo hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA al igual que en el primer molar (Figura 84).

25. DISTANCIA RAÍZ MESIO-VESTIBULAR DE PIEZA 2.7 ÓSEA (27 ÓSEA MV)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del segundo molar superior izquierdo hasta el punto de mayor prominencia ósea (WALA óseo), medida sobre la línea que une WALA-WALA al igual que en el primer molar (Figura 85).

26. DISTANCIA RAÍZ PALATINA DE PIEZA 2.7 ÓSEA (27 ÓSEA P)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz palatina del segundo molar superior izquierdo hasta la cortical ósea palatina, medida sobre la línea que une WALA-WALA, al igual que el primer molar (Figura 87).

27. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 4.6 ÓSEA (46 ÓSEA V)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior derecho hasta la cortical ósea vestibular, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 89).

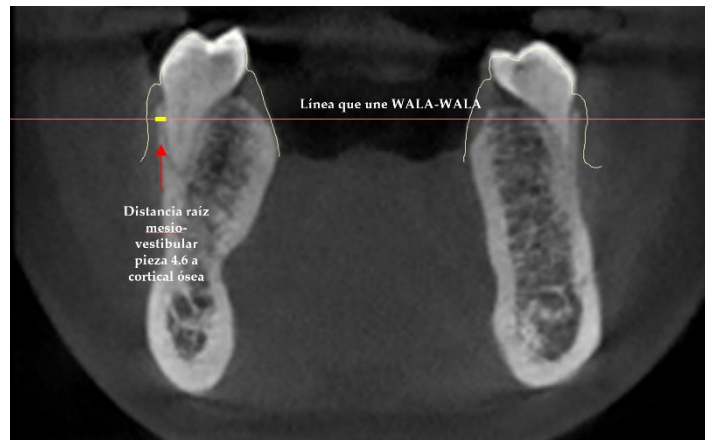


Figura 89. Medición de la distancia lineal desde la superficie externa de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior derecho hasta la cortical ósea vestibular. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

28. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 4.6 GINGIVAL (46 GINGIVAL V)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior derecho hasta la porción gingival vestibular, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 90).

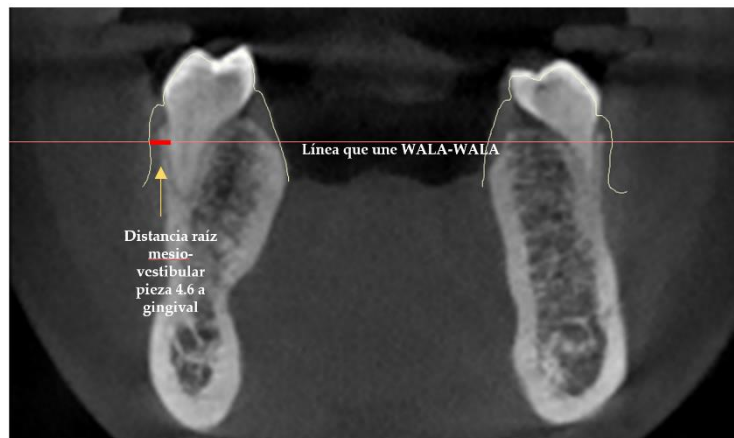


Figura 90. Medición de la distancia lineal hasta la parte gingival vestibular de pieza 4.6. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

29. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 4.6 ÓSEA (46 ÓSEA L)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del primer molar inferior derecho hasta la cortical ósea lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 91).



Figura 91. Medición de la distancia lineal hasta la cortical ósea lingual de pieza 4.6 desde raíz mesio-lingual. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

30. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 4.6 GINGIVAL (46 GINGIVAL L)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del primer molar inferior derecho hasta la porción gingival lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA (Figura 92).



Figura 92. Medición de la distancia lineal hasta la porción gingival lingual de pieza 4.6 desde raíz mesio-lingual. La medición se realiza sobre la línea WALA-WALA. Fuente: archivo personal.

31. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 4.7 ÓSEA (47 ÓSEA V)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del segundo molar inferior derecho hasta la cortical ósea vestibular, medida sobre la línea que une WALA-WALA, siendo el mismo procedimiento que se utiliza para el primer molar (Figura 89).

32. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 4.7 ÓSEA (47 ÓSEA L)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del segundo molar inferior derecho hasta la cortical ósea lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA, del mismo modo que se realiza la medida para el primer molar (Figura 91).

33. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 3.6 ÓSEA (36 ÓSEA V)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior izquierdo hasta la cortical ósea vestibular, medida sobre la línea que une WALA-WALA, siendo el mismo procedimiento que para el primer molar contralateral (Figura 89).

34. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 3.6 GINGIVAL (36 GINGIVAL V)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del primer molar inferior izquierdo hasta la porción gingival vestibular, medida sobre la línea que une WALA-WALA, siendo el mismo procedimiento que para el primer molar contralateral (Figura 90).

35. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 3.6 ÓSEA (36 ÓSEA L)

Distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del primer molar inferior izquierdo hasta la cortical ósea lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA, siguiendo la misma metodología que para la pieza 4.6 (Figura 91).

36. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 3.6 GINGIVAL (36 GINGIVAL L)

Es la distancia lineal en milímetros desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del primer molar inferior izquierdo hasta la porción gingival lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA, con la misma metodología expuesta anteriormente para la pieza 4.6 (Figura 92).

37. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-VESTIBULAR DE PIEZA 3.7 ÓSEA (37 ÓSEA V)

Es la distancia lineal en mm desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-vestibular del segundo molar inferior izquierdo hasta la cortical ósea vestibular, medida sobre WALA-WALA, al igual que en primer molar (Figura 89).

38. DISTANCIA RAÍZ MESIAL-LINGUAL DE PIEZA 3.7 ÓSEA (37 ÓSEA L)

Distancia lineal en mm desde la superficie externa radicular de la raíz mesio-lingual del segundo molar inferior izquierdo hasta la cortical ósea lingual, medida sobre la línea que une WALA-WALA, al igual que en primer molar. (Figura 91).

4.2.3. Criterios de inclusión/exclusión**4.2.3.1. Criterios de inclusión:**

- Paciente en dentición definitiva con erupción completa de los segundos molares superiores e inferiores.
- Ausencia de tratamiento ortodóncico previo.
- Primeros y segundos molares presentes en boca.
- Ausencia de asimetría facial, definida como una desviación de más de 3mm del mentón en fotografía frontal reposo.
- Ausencia de grandes restauraciones en primeros y segundos molares.
- Pacientes \geq de 18 años.

4.2.3.2. Criterios de exclusión

- Paciente en dentición decidua, mixta o definitiva sin erupción completa de los segundos molares.
- Antecedentes de tratamiento ortodóncico previo.
- Pérdida prematura de primeros y segundos molares.
- Presencia de asimetrías asimetría facial, definida como una desviación de más de 3mm del mentón en fotografía frontal reposo.
- Presencia de mordida cruzada en primeros o segundos molares.
- Presencia de grandes restauraciones en primeros y segundos molares.
- Pacientes menores de 18 años.

4.2.4. Composición de la muestra

4.2.4.1. Tipo de muestra y tamaño

Los pacientes seleccionados pertenecían a la base de datos de pacientes del Master de Ortodoncia de la Universidad Católica de Murcia (España). La base de datos contenía un total de 286 historiales de pacientes que habían acudido al departamento de ortodoncia durante el periodo comprendido entre marzo de 2018 y enero de 2022.

Para asegurar una potencia estadística del 80% con un nivel de significación del 5%, se consideró que el tamaño mínimo de la muestra fuese de 120 casos (20 por combinación de patrón facial vertical y discrepancia ósea transversal). Con este tamaño de muestra, los análisis multivariados de la varianza (MANOVA), que comparan las medidas lineales según la combinación de patrón facial y discrepancia podrían detectar diferencias estadísticamente significativas entre grupos con un tamaño de efecto de 0,10. La estimación del tamaño de la muestra se realizó utilizando la aplicación G*Power 3.1.

Tras un análisis de los registros necesarios y de cumplimiento de los criterios de inclusión/exclusión se obtuvo un marco de muestreo de 178 pacientes potencialmente seleccionables. Sobre este marco se realizó un análisis de la discrepancia transversal en CBCT y de su patrón facial sobre la telerradiografía lateral de cráneo obteniendo: 57 braquifaciales (32 con discrepancia transversal y 25 sin discrepancia) 66 mesofaciales (39 con discrepancia transversal y 27 sin discrepancia) y 55 dolicofaciales (29 con discrepancia transversal y 26 sin discrepancia). Entonces se llevó a cabo una selección aleatoria (basada en un listado de ordenador) para crear los seis grupos : (I) braquifacial con discrepancia transversal ósea (n=20; 9 hombres y 11 mujeres), (II) braquifacial sin discrepancia transversal ósea (n=20; 8 hombres y 12 mujeres), (III) mesofacial con discrepancia transversal ósea (n=20; 8 hombres and 12 mujeres), (IV) mesofacial sin discrepancia transversal ósea (n=20; 9 hombres and 11 mujeres), (V) dolicofacial con discrepancia transversal ósea (n=20; 7 hombres y 13 mujeres) y (VI) dolicofacial sin discrepancia transversal ósea (n=20; 4 hombres and 16 mujeres). Los modelos Manova fueron ajustados a posteriori por sexo y edad. La distribución de la muestra se refleja en la Tabla 4.

Tabla 4. Número de sujetos y distribución final de la muestra

	Total (N=120)			Mesofacial (N=40)			Dolicofacial (N=40)			Braquifacial (N=40)			p-valor
Sexo (%)	37.5%/62.5%			42.5%/57.5%			27.5%/72.5%			42.5%/57.5%			0.278
Hombres/Mujeres													
Edad (Mediana [IQR])	25.5 [20.0-33.0]			26.0 [19.5-32.5]			22.5 [18.0-33.5]			26.5 [21.0-32.5]			0.657
Maxilar (media±SD)	58.10 ±3.23			57.82 ±2.84			57.96 ±3.32			58.52 ±3.55			0.602
Mandíbula (media±SD)	54.20 ±2.85			53.72 ±2.72			54.41 ±2.87			54.48 ±2.95			0.425
MxMd(media±SD)	3.90 ±3.13			4.10 ±2.90			3.55 ±3.26			4.04 ±3.27			0.692
	Con	Sin	p-valor	Con	Sin	p-valor	Con	Sin	p-valor	Con	Sin	p-valor	
	discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=60)	discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=60)		discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)	discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)		discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)	discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)		discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)	discrepancia transversal maxilo-mandibular (n=20)		
Sexo (%)	40.0%/60.0%	35.0%/65.0%	0.572	40%/60%	45%/55%	0.479	35%/65%	20%/80%	0.288	45%/55%	40%/60%	0.749	
Hombres/Mujeres													
Edad (Mediana [IQR])	28.0 [20.5-35.0]	23.0 [19.0-30.0]	0.052	26.5 [21.0-34.0]	24.5 [18.5-29.5]	0.398	29.5 [19.5-38.5]	21.5 [18.0-26.5]	0.046*	27.5 [20.5-32.0]	25.5 [21.0-32.5]	0.925	
Maxilar (media±SD)	56.42 ±2.87	59.78 ±2.67	0.000**	56.49 ±2.80	59.16 ±2.21		56.41 ±3.13	59.52 ±2.78		56.36 ±2.80	60.67 ±2.87	0.399	
Mandíbula (media±SD)	55.14 ±2.92	53.26 ±2.45	0.000**	54.82 ±2.94	52.62 ±2.00		55.56 ±2.72	53.26 ±2.60		55.04 ±3.20	53.91 ±2.64	0.560	
MxMd(media±SD)	1.28 ±1.68	6.52 ±1.72	0.000**	1.66 ±1.63	6.54 ±1.45		0.84 ±1.96	6.26 ±1.58		45%/55%	6.76 ±2.10	0.714	

p-valor para edad procedente de la prueba Chi2 de Pearson; p-valor para edad procedente de las pruebas no paramétricas Kruskal-Wallis y Mann-Whitney; p-valor para maxilar, mandibular y MxMd procedente de la prueba paramétrica ANOVA 2 factores; *resultado significativo al 5% (p<0.05); **resultado significativo al 1% (p<0.01). IQR (Rango Intercuartílico). SD (desviación estándar)

4.2.4.2. *Protocolo de intervención y recogida de la información*

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Católica de Murcia y le asignó el código interno CE012006 (Anexo 1). De todos los sujetos seleccionables se obtuvieron los archivos STL escaneando los modelos analógicos de escayola con el escáner CS 3600 (Carestream Dental®, Atlanta, GA, USA).

Para la adquisición del CBCT y la telerradiografía lateral de cráneo se utilizó el sistema Orthophos SL 2D / 3D (Dentsply Sirona®, Charlotte, NC, USA). Las imágenes del CBCT fueron adquiridas con 85Kvp y 10mA con un tiempo de exposición efectivo de 4,4 segundos. El área de volumen del objeto/campo de visión (Field of View, FoV) correspondía a un cilindro de un diámetro de 11 cm y una altura de 10 cm. La longitud de contorno isótropa en vóxeles fue de 0,22 mm. Se guardaron las imágenes en archivos DICOM que posteriormente fueron utilizadas para su análisis mediante el software de NemoStudio 2018 (Nemotec®, Madrid, España).

4.2.4.3. *Calibración del método*

Con el objetivo de obtener el error intraexaminador se seleccionaron aleatoriamente a 60 sujetos a los cuales se volvió a realizar todas las mediciones en un intervalo de 2 semanas. El error se calculó mediante el coeficiente de correlación intraclase.

V – RESULTADOS

V - RESULTADOS

Para poder otorgar fiabilidad a los resultados fue necesario garantizar la reproducibilidad del método de medición. Para ello, se seleccionaron al azar 60 pacientes y se les volvió a medir los parámetros con el mismo instrumento. Los coeficientes de correlación intraclase de acuerdo absoluto fueron todos mayores de 0.98 (p-valor<0.001) (Figura 93), siendo el porcentaje medio de discrepancia del 1.06% ($\pm 0.77\%$) (Figura 94).

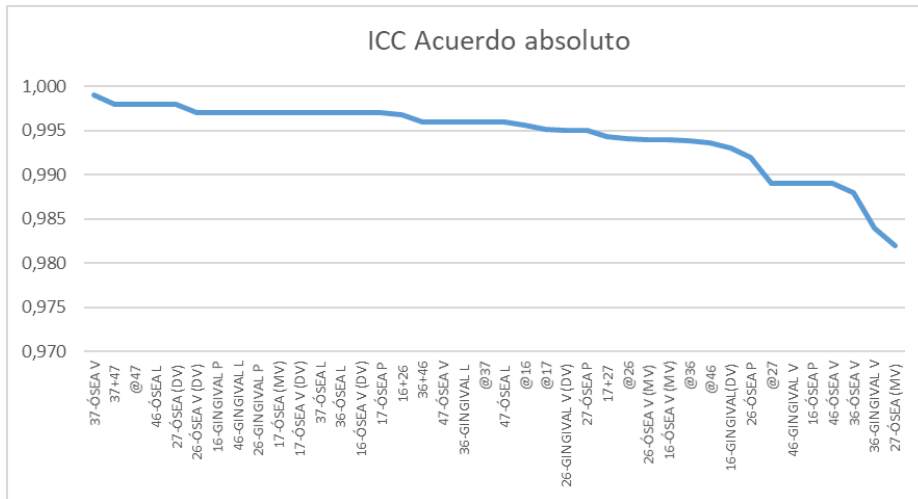


Figura 93. ICC (Coeficiente de correlación intraclase) que determinó el error intraexaminador.

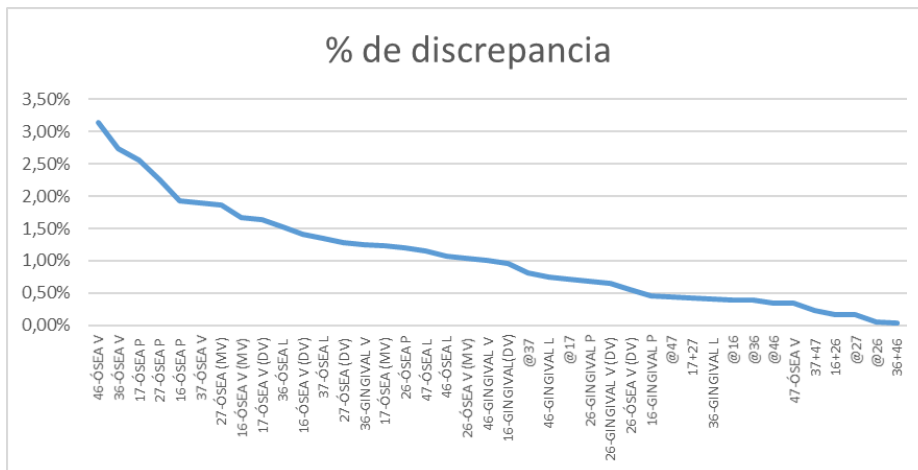


Figura 94. Representación de los porcentajes de discrepancia que determinó el error intraexaminador.

5.1. RELACIÓN ENTRE EL PATRÓN FACIAL Y LA INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE LOS PRIMEROS Y SEGUNDOS MOLARES SUPERIORES E INFERIORES

Las medidas de inclinación bucolingual se distribuyeron normalmente en los 3 patrones faciales verticales (p-valor Shapiro-Wilks>0.05). Así pues, se aplicaron pruebas paramétricas de comparación de medias.

Los p-valores de Lambda de Wilks resultantes de las pruebas MANOVA para comparar las medias de las mediciones entre patrones fueron todos mayores de 0.05, por lo que no hubo diferencias significativas entre las inclinaciones bucolinguales de primeros y segundos molares tanto maxilares como mandibulares en los diferentes patrones faciales (Tabla 5). La Figura 95 muestra la ausencia de relación.

Tabla 5. Inclinaciones bucolinguales de molares superiores e inferiores en los diferentes patrones faciales. Valores de inclinación. Media \pm SD (desviación estándar)

Molar	Mesofacial (n=40)	Dolicofacial (n=40)	Braquifacial (n=40)	p-valor MANOVA
16	6,82 \pm 4,68	7,91 \pm 6,09	6,79 \pm 5,18	0.556
26	7,63 \pm 5,28	8,98 \pm 6,44	7,00 \pm 5,98	0.316
16+26	14,45 \pm 8,44	16,89 \pm 11,46	13,79 \pm 9,57	0.341
17	14,68 \pm 5,52	13,97 \pm 6,26	12,11 \pm 5,54	0,126
27	14,94 \pm 4,65	15,05 \pm 5,92	12,97 \pm 4,93	0,135
17+27	29,62 \pm 8,77	29,02 \pm 10,58	25,02 \pm 9,06	0,071
36	-15,65 \pm 5,41	-17,04 \pm 4,86	-16,06 \pm 5,71	0,489
46	-14,98 \pm 4,18	-14,40 \pm 5,28	-13,02 \pm 6,76	0,268
36+46	-30,64 \pm 8,54	-31,45 \pm 8,81	-29,08 \pm 11,01	0,530
37	-17,72 \pm 6,66	-19,63 \pm 7,37	-20,39 \pm 7,36	0,229
47	-16,18 \pm 7,34	-16,35 \pm 8,65	-17,13 \pm 5,92	0,828
37+47	-33,89 \pm 11,93	-35,98 \pm 14,93	-37,52 \pm 11,81	0,457

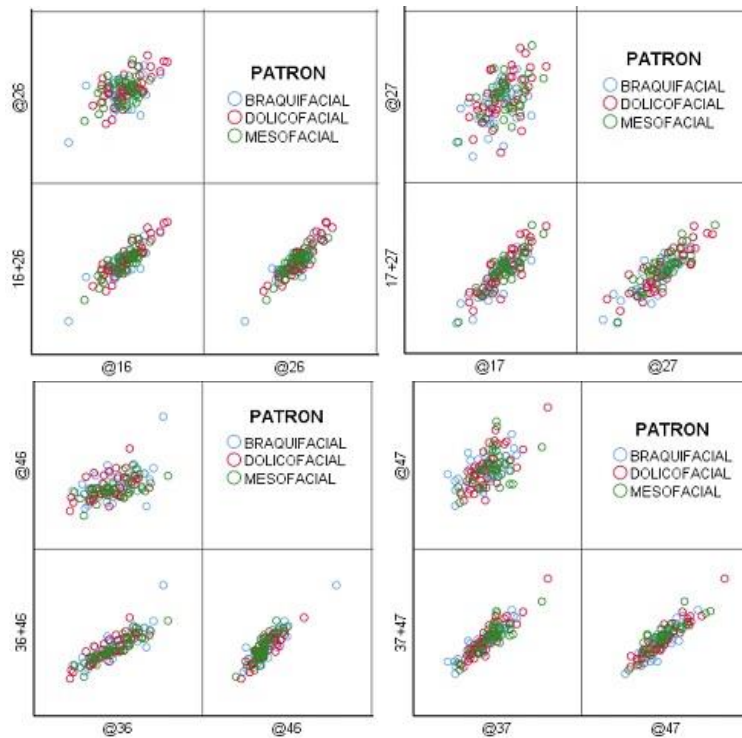


Figura 95. La gráfica de dispersión muestra que los diferentes patrones no cambian la relación entre las tres variables de respuesta. Por ejemplo, para una puntuación de inclinación de un diente específico, todos los patrones tienen una puntuación similar.

5.2. RELACIÓN ENTRE LA INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE LOS PRIMEROS Y SEGUNDOS MOLARES SUPERIORES E INFERIORES Y LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL

En general, las medidas de inclinación bucolingual se distribuyeron normalmente tanto si había discrepancia como si no (p -valor Shapiro-Wilks > 0.05). Así pues, se aplicaron pruebas paramétricas de comparación de medias.

Los p -valores de Lambda de Wilks resultantes de las pruebas MANOVA para comparar las medias de las inclinaciones de los molares superiores e inferiores según la presencia o no de discrepancia transversal reflejaron diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 6). Las medias de inclinación para el primer molar superior derecho e izquierdo son, aproximadamente, el doble si hay problema transversal que si no lo hay ($10,06^\circ$ y $10,14^\circ$ frente a $4,28^\circ$ y $5,60^\circ$ respectivamente). Para el segundo molar superior derecho e izquierdo son, aproximadamente, un 30-

35% mayores si hay problema transversal que si no lo hay (15,74° y 16,25° frente a 11,44° y 12,39° respectivamente) (Figura 96). Para los molares inferiores las medias de la inclinación para el primer molar inferior izquierdo y derecho fueron de 3° a 3,5° menores si hay problema transversal que si no lo hay (-17,85° y -15,92° frente a -14,65° y -12,36° respectivamente). Respecto al segundo molar inferior izquierdo y derecho se obtuvieron unos valores de 3-4° menores si hay problema transversal que si no lo hay (-20,95° y -18,56° frente a -17,55° y -14,55° respectivamente) (Figura 97).

Tabla 6. Inclinación bucolingual en molares superiores e inferiores con y sin discrepancia transversal maxilo-mandibular. Media y \pm SD.

Molar	Total (n=120)	CON DISCREPANCIA TRANSVERSAL (n=60)	SIN DISCREPANCIA TRANSVERSAL (n=60)	p-valor MANOVA (Lambda de Wilks)
16	7,17 \pm 5,33	10,06 \pm 4,45	4,28 \pm 4,53	0.000
26	7,87 \pm 5,93	10,14 \pm 5,73	5,60 \pm 5,25	0.000
16+26	15,04 \pm 9,91	20,21 \pm 8,75	9,88 \pm 8,21	0.000
17	13,59 \pm 5,84	15,74 \pm 5,24	11,44 \pm 5,65	0.000
27	14,32 \pm 5,24	16,25 \pm 5,54	12,39 \pm 4,15	0.000
17+27	27,91 \pm 9,64	31,99 \pm 9,15	23,83 \pm 8,36	0.000
36	-16,25 \pm 5,32	-17,85 \pm 4,68	-14,65 \pm 5,48	0.000
46	-14,14 \pm 5,53	-15,92 \pm 4,50	-12,36 \pm 5,91	0.000
36+46	-30,39 \pm 9,49	-33,77 \pm 7,45	-27,01 \pm 10,14	0.000
37	-19,25 \pm 7,16	-20,95 \pm 6,84	-17,55 \pm 7,13	0.000
47	-16,55 \pm 7,34	-18,56 \pm 6,89	-14,55 \pm 7,27	0.000
37+47	-35,80 \pm 12,95	-39,50 \pm 12,57	-32,10 \pm 12,34	0.000

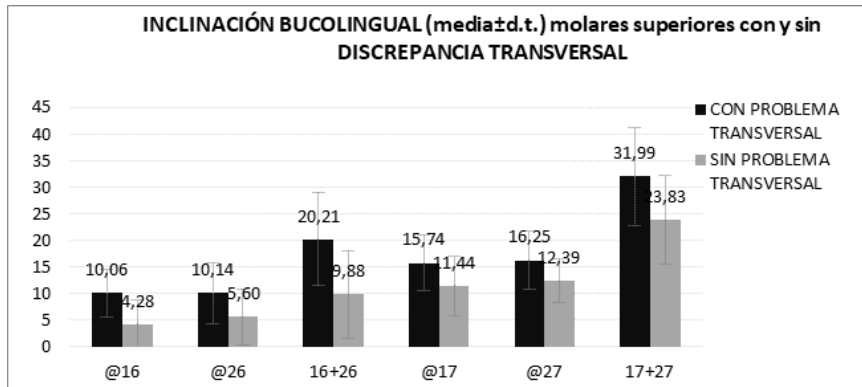


Figura 96. Valores medios de inclinación bucolingual de molares superiores con y sin discrepancia esquelética maxilo-mandibular.

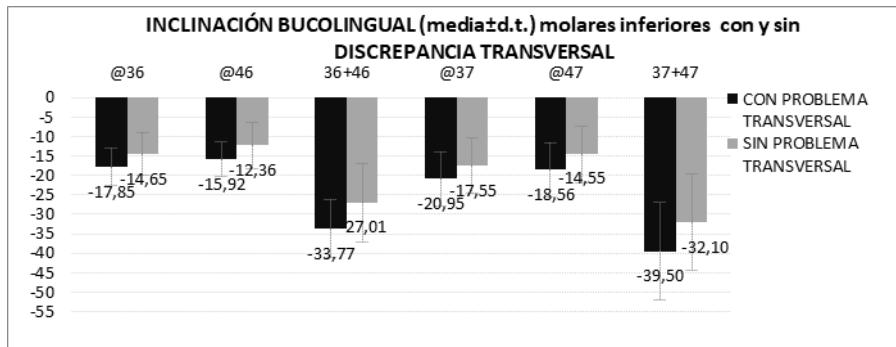


Figura 97. Valores medios de inclinación bucolingual de molares inferiores con y sin discrepancia esquelética maxilo-mandibular.

El índice de correlación de Pearson determinó una correlación negativa entre la discrepancia transversal y las inclinaciones de los molares superiores (Tabla 7) y una correlación positiva entre la discrepancia transversal y las inclinaciones de los molares inferiores (Tabla 8) ($p < 0,05$) (Figura 98).

Tabla 7. Correlación de Pearson para la discrepancia transversal Mx-md y las inclinaciones bucolinguales de molares superiores.

		16	26	16+26	17	27	17+27
MX-Md	Correlación de Pearson	-,601**	-,531**	-,641**	-,432**	-,479**	-,522**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120

Tabla 8. Correlación de Pearson para la discrepancia transversal Mx-md y las inclinaciones bucolinguales de molares inferiores.

		36	46	36+46	37	47	37+47
MX-Md	Correlación de Pearson	,360**	,340**	,400**	,339**	,356**	,389**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	120	120	120	120	120	120

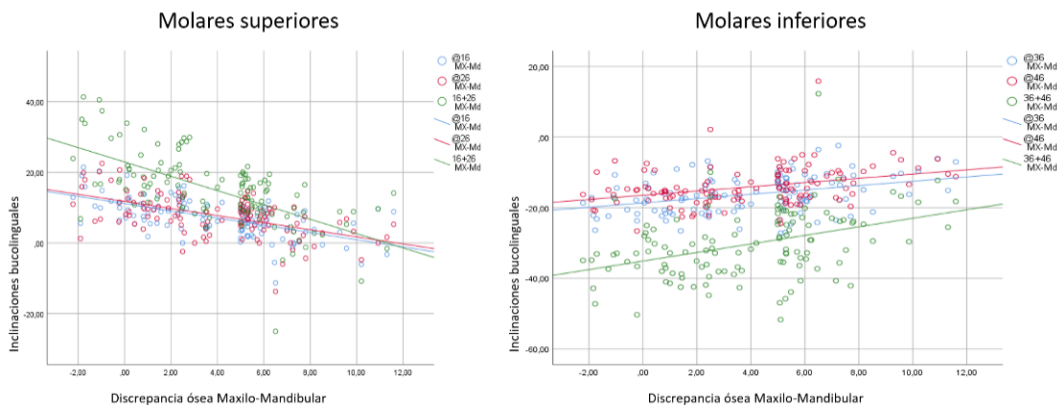


Figura 98. Véase como para los molares superiores se dio una correlación negativa, de tal forma que para unos valores de discrepancia transversal ósea más negativos las inclinaciones eran mayores. En los molares inferiores se dio una correlación positiva, donde ante unos valores de discrepancia más negativos las inclinaciones eran más negativas.

5.3. RELACIÓN ENTRE LA INCLINACIÓN BUCOLINGUAL DE LOS PRIMEROS Y SEGUNDOS MOLARES SUPERIORES Y LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL ÓSEA EN PATRONES MESOFACIALES, DOLICOFACIALES Y BRAQUIFACIALES.

Al relacionar las inclinaciones bucolinguales en los diferentes patrones verticales con y sin discrepancia transversal no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) (Tabla 9). Sin embargo, por la proximidad al umbral de aceptación de los p-valores para la suma de las inclinaciones de los primeros molares superiores (16+26) ($p = 0,096$) se puede decir que existe cierta tendencia a que, en presencia de discrepancia transversal, los patrones dolicofaciales presenten inclinaciones bucolinguales más positivas ($24,32^\circ$ vs $9,44^\circ$) que los mesofaciales ($17,93^\circ$ vs $10,96^\circ$) y braquifaciales ($18,35^\circ$ vs $9,22^\circ$). Para los segundos molares superiores no se encontró esta tendencia, manteniéndose valores de inclinación más aumentados en presencia de discrepancia transversal, pero siendo las líneas bastante análogas en los tres patrones faciales (Figura 99). Respecto a los molares inferiores se mantuvo la tendencia a valores de inclinación más negativos en presencia de discrepancia transversal en los tres patrones, siendo estas variaciones bastante análogas entre patrones (Figura 100).

Tabla 9. Inclinationes bucolinguales (en grados) en los diferentes patrones con y sin discrepancia transversal.

PATRÓN FACIAL	PROBLEMA		16	26	16+26	17	27	17+27	36	46	36+46	37	47	37+47
DOLICOFACIAL	CON PROBLEMA TRANSVERSAL	Media	11,56	12,75	24,32	16,21	18,13	34,35	-18,57	-15,8	-34,38	-21,55	-18,42	-39,97
		Dev. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
		Límite superior IC95%	13,56	15,15	28,02	18,62	20,26	38,17	-16,29	-13,47	-30,4	-18,45	-15,23	-34,41
		Límite inferior IC95%	9,58	10,36	20,62	13,81	16	30,53	-20,85	-18,12	-38,36	-24,66	-21,6	-45,54
		Media	4,25	5,19	9,44	11,72	11,96	23,69	-15,51	-13	-28,51	-17,71	-14,27	-31,98
	SIN PROBLEMA TRANSVERSAL	Dev. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
		Límite superior IC95%	6,24	7,59	13,14	14,13	14,09	27,51	-13,23	-10,67	-24,53	-14,6	-11,09	-26,42
		Límite inferior IC95%	2,26	2,8	5,75	9,32	9,83	19,87	-17,78	-15,32	-32,49	-20,81	-17,45	-37,54
		Media	9,03	8,9	17,93	16,43	16,27	32,71	-17,52	-16,38	-33,9	-19,71	-18,62	-38,34
		Dev. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
MESOFACIAL	CON PROBLEMA TRANSVERSAL	Límite superior IC95%	11,02	11,29	21,63	18,84	18,4	36,53	-15,24	-14,06	-29,92	-16,61	-15,44	-32,78
		Límite inferior IC95%	7,04	6,5	14,23	14,03	14,14	28,89	-19,8	-18,71	-37,88	-22,82	-21,8	-43,9
		Media	4,6	6,35	10,96	12,92	13,6	26,53	-13,78	-13,58	-27,36	-15,71	-13,73	-29,44
	SIN PROBLEMA TRANSVERSAL	Dev. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
		Límite superior IC95%	6,59	8,75	14,65	15,32	15,73	30,35	-11,5	-11,25	-23,38	-12,61	-10,54	-23,88

BRAQUIFACIAL	CON PROBLEMA TRANSVERSAL	Límite inferior IC95%	2,61	3,96	7,26	10,52	11,47	22,71	-16,06	-15,9	-31,34	-18,81	-16,91	-35
		Media	9,58	8,76	18,35	14,55	14,34	28,89	-17,45	-15,56	-33,01	-21,56	-18,62	-40,19
		Desv. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
		Límite superior IC95%	11,57	11,16	22,05	16,95	16,46	32,71	-15,17	-13,23	-29,03	-18,45	-15,44	-34,62
		Límite inferior IC95%	7,59	6,37	14,65	12,15	12,21	25,07	-19,73	-17,88	-36,99	-24,66	-21,81	-45,75
		Media	3,98	5,23	9,22	9,67	11,59	21,26	-14,66	-10,48	-25,14	-19,22	-15,63	-34,85
	SIN PROBLEMA TRANSVERSAL	Desv. Error	1	1,21	1,86	1,21	1,07	1,92	1,15	1,17	2	1,56	1,6	2,8
		Límite superior IC95%	5,97	7,63	12,92	12,07	13,72	25,08	-12,38	-8,16	-21,16	-16,11	-12,45	-29,29
		Límite inferior IC95%	1,99	2,83	5,52	7,27	9,46	17,44	-16,94	-12,81	-29,12	-22,32	-18,81	-40,41
		p-valor MANOVA	0,356	0,094	0,096	0,844	0,182	0,497	0,915	0,536	0,88	0,842	0,838	0,805

IC (Intervalo de confianza)

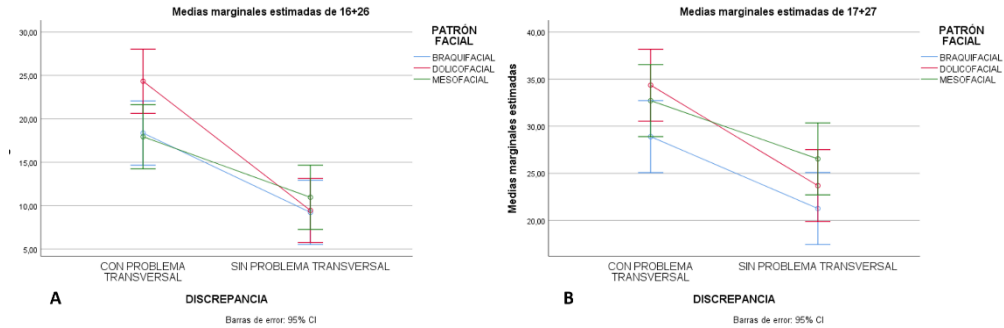


Figura 99. Relación entre las inclinaciones bucolinguales de primeros molares superiores (A) y de segundos molares superiores (B) en los diferentes patrones faciales en presencia o ausencia de discrepancia transversal. Se observa cómo los valores de la suma de los primeros molares superiores para el patrón dolicofacial son más elevados que en el resto de patrones (línea roja) en presencia de discrepancia transversal, siendo iguales para la ausencia de discrepancia, por lo que la diferencia entre discrepancia y no discrepancia tiende a ser mayor en el patrón dolicofacial. Para los segundos molares superiores se observa cómo las tres líneas son aproximadamente paralelas lo que indica que las diferencias en los valores de inclinación en presencia o no de discrepancia son análogas entre patrones.

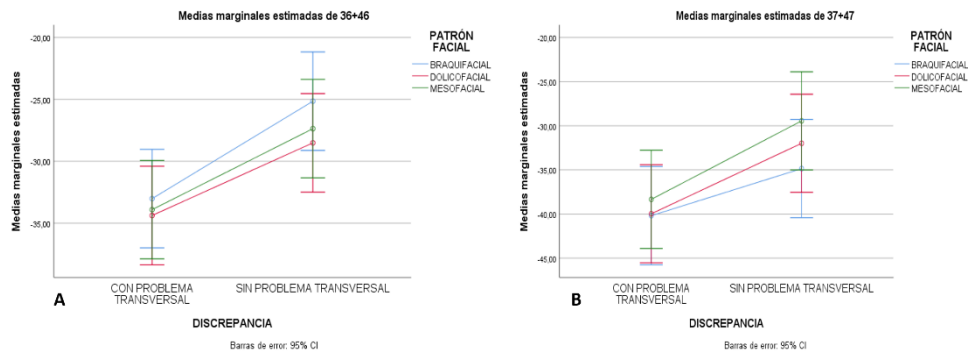


Figura 100. Relación entre las inclinaciones bucolinguales de primeros molares inferiores (A) y de segundos molares inferiores (B) en los diferentes patrones faciales en presencia o no de discrepancia transversal. Se observa como las tres líneas (patrones) son aproximadamente paralelas lo que indica que las diferencias en los valores de inclinación entre discrepancia y no discrepancia son análogas entre patrones.

5.4. CORRELACIÓN ENTRE LA INCLINACIÓN BUCOLINGUAL Y LAS DISTANCIAS ÓSEAS V Y P EN MOLARES SUPERIORES Y LAS DISTANCIAS ÓSEAS L Y V EN MOLARES INFERIORES

En general, las mediciones lineales se distribuyeron normalmente (p-valor Kolmogorov-Smirnov>0.05). Así pues, se aplicaron pruebas paramétricas de correlación (Pearson).

5.4.1. Molares superiores

Los coeficientes de correlación de Pearson y sus p-valores entre la inclinación bucolingual y las distancias óseas V y P para cada molar se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Correlaciones para inclinación y distancias óseas en molares superiores.

		16-ÓSEA V (DV)	16-ÓSEA P	16-ÓSEA V (MV)
16	Coeficiente de Pearson	,063	-,132	,001
	Sig. (bilateral)	,496	,131	,988
		17-ÓSEA V (DV)	17-ÓSEA P	17-ÓSEA (MV)
17	Coeficiente de Pearson	,119	-,326**	,028
	Sig. (bilateral)	,195	,000	,763
		26-ÓSEA V (DV)	26-ÓSEA P	26-ÓSEA V (MV)
26	Coeficiente de Pearson	,037	-,004	,072
	Sig. (bilateral)	,690	,698	,434
		27-ÓSEA (DV)	27-ÓSEA P	27-ÓSEA (MV)
27	Coeficiente de Pearson	,059	-,254**	-,073
	Sig. (bilateral)	,520	,005	,428
	N	120	120	120

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral). DV (Disto-vestibular); MV (Mesio-vestibular); P (Palatino)

Resultaron correlacionadas significativamente para el molar 17, la inclinación y la distancia ósea P de manera negativa y para el molar 27, la inclinación y la distancia ósea P de manera negativa (Figura 101).

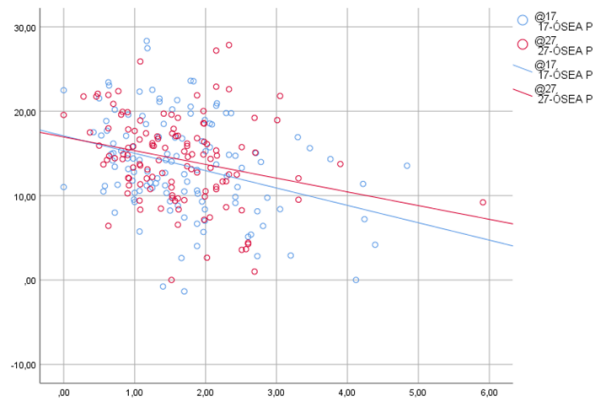


Figura 101. Véase como, en los segundos molares superiores, mayores valores de inclinación implicaron menor distancia de la raíz palatina a la cortical ósea.

5.4.2. Molares inferiores

Los coeficientes de correlación de Pearson y sus p-valores entre la inclinación bucolingual y las distancias óseas V y P para cada molar se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Correlaciones para inclinación y distancias óseas en molares inferiores.

		36-ÓSEA V	36-ÓSEA L
36	Coeficiente de Pearson	,057	,171
	Sig. (bilateral)	,535	,062
		37-ÓSEA V	37-ÓSEA L
37	Coeficiente de Pearson	-,214*	-,048
	Sig. (bilateral)	,019	,602
		46-ÓSEA V	46-ÓSEA L
46	Coeficiente de Pearson	,251*	,053
	Sig. (bilateral)	,006	,564
		47-ÓSEA V	47-ÓSEA L
47	Coeficiente de Pearson	-,180*	,042
	Sig. (bilateral)	,049	,650
		N	120

*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral). V (Vestibular); L (Lingual).

Se encontró correlación significativa y positiva, pero leve, entre la inclinación de 46 y la distancia ósea vestibular y negativa entre la inclinación para 37 y 47 con distancia ósea vestibular, respectivamente (Figura 102).

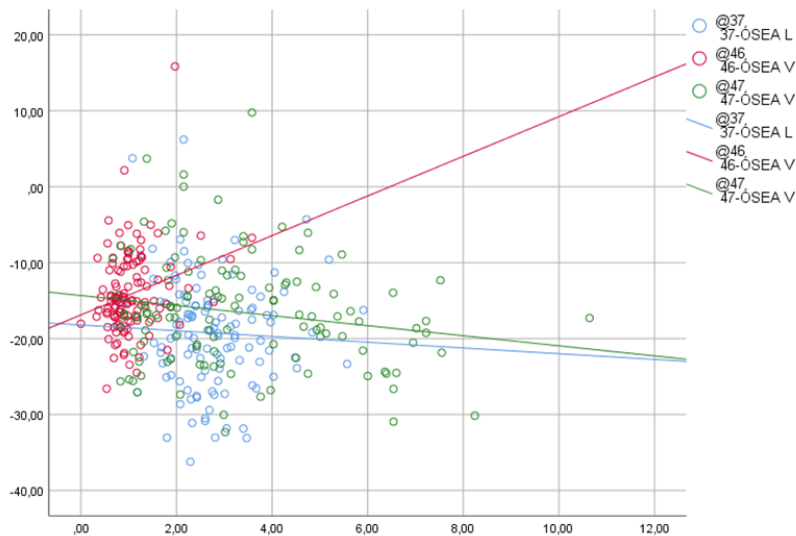


Figura 102. Para los segundos molares inferiores (37 y 47), a medida que nos encontramos con valores de inclinación más positivos (molar más enderezado) implicaron menor distancia de la raíz mesiovestibular a la cortical ósea.

5.5. RELACIÓN ENTRE LAS MEDICIONES LINEALES DE PRIMEROS Y SEGUNDOS MOLARES SUPERIORES E INFERIORES Y LOS PATRONES, LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL Y LA COMBINACIÓN PATRÓN-DISCREPANCIA.

En general, las mediciones lineales se distribuyeron normalmente en los 3 patrones faciales (p -valor Shapiro-Wilks > 0.05). Así pues, se aplicaron pruebas paramétricas de comparación de medias.

5.5.1. Molares superiores

Se reflejaron los valores medios para los molares del primer cuadrante (piezas 1.6 y 1.7) en la Figura 103 y segundo cuadrante (piezas 2.6 y 2.7) en la Figura 104 según patrón facial; en la Figura 105 y 106 según presencia o no de discrepancia ósea transversal.

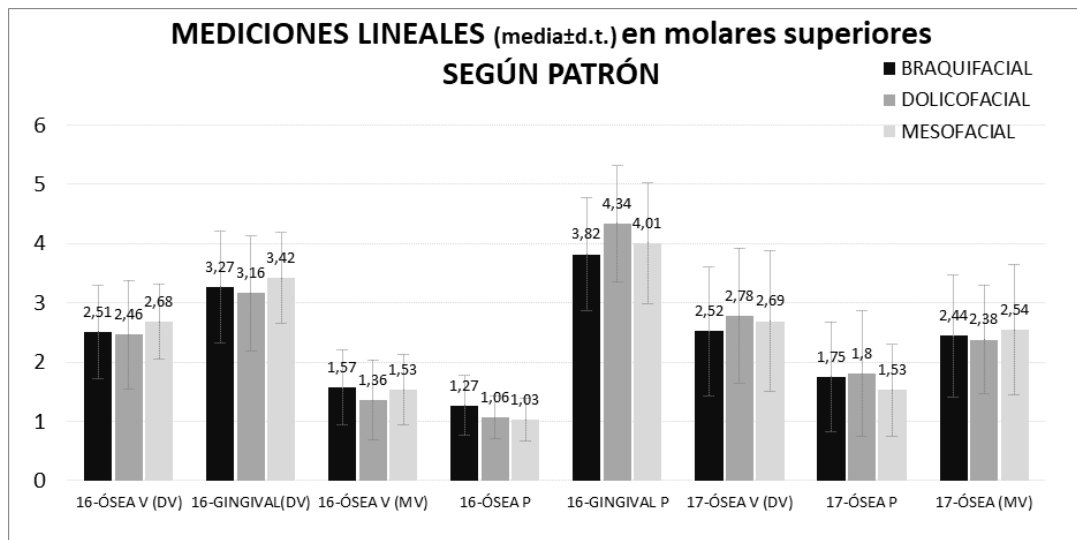


Figura 103. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 1.6 y 1.7 según patrón facial.

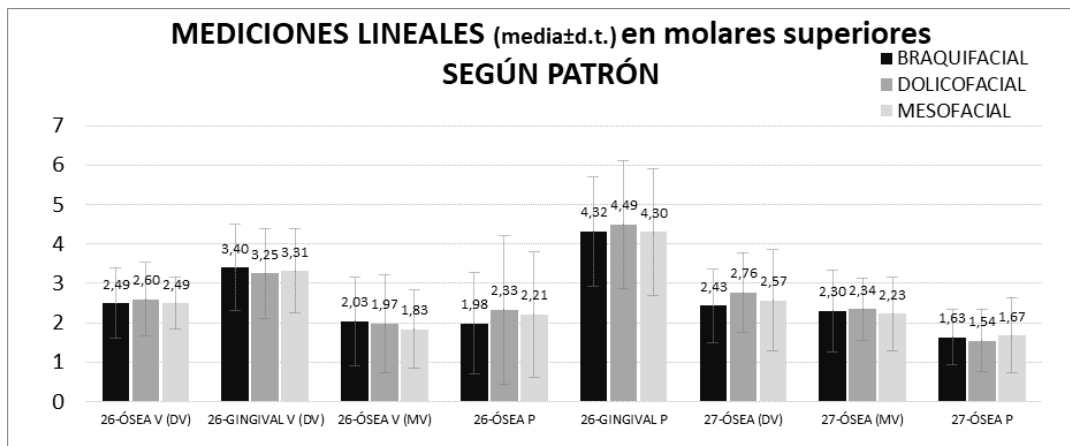


Figura 104. Valores medios y desviación estándar para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 2.6 y 2.7 según patrón facial.

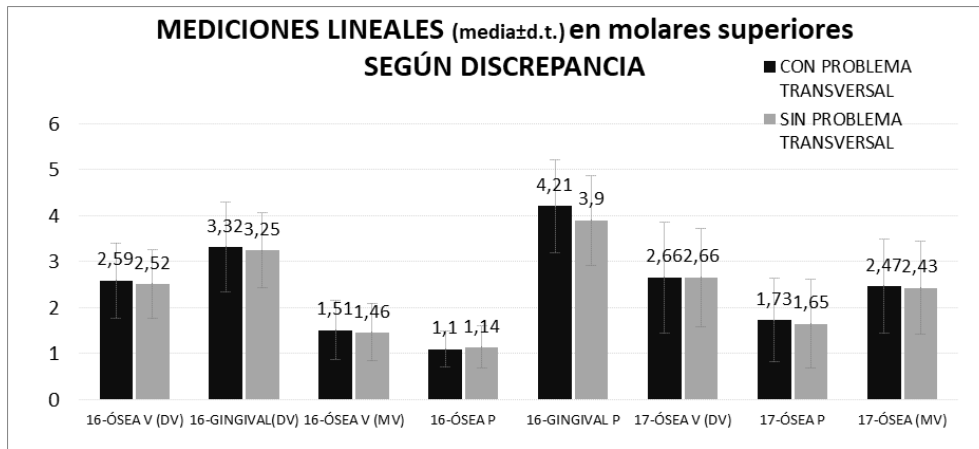


Figura 105. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 1.6 y 1.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea.

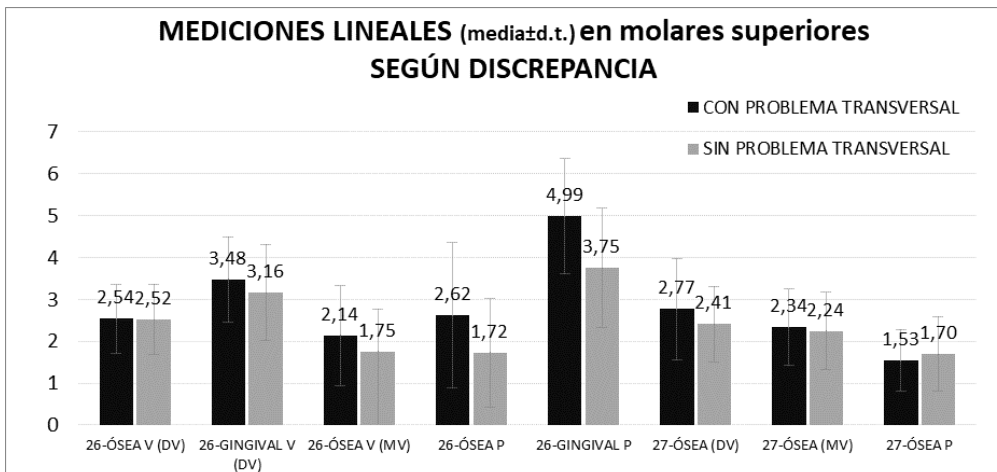


Figura 106. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 2.6 y 2.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea

Se relacionaron, para los molares superiores, los valores de las mediciones lineales óseas vestibulares, palatinas-linguales y gingivales en los diferentes patrones, en presencia o no de discrepancia ósea transversal y la combinación patrón facial-discrepancia transversal ósea. Los valores medios con su desviación estándar junto con los p-valores de las pruebas MANOVA se reflejaron en la Tabla 12 y 13.

Para los molares del primer cuadrante (piezas 1.6 y 1.7) no se encontraron diferencias significativas entre las mediciones líneas y las diferentes relaciones, excepto para la distancia de la pieza 16-ÓSEA P ($p < 0,05$) de manera que la media

en braquifacial es mayor que en el resto de patrones. No así para la discrepancia ni la combinación patrón-discrepancia (p-valores 0.106 y 0.081, respectivamente).

En los molares del segundo cuadrante (piezas 2.6 y 2.7), se apreciaron diferencias significativas para la distancia 26-OSEA MV (p-valor 0.048) de manera que las medias en los patrones mesofacial y braquifacial son algo mayores si hay discrepancia transversal, no ocurriendo esto en los patrones dolicofaciales, donde fueron menores en presencia de discrepancia transversal (Figura 107).

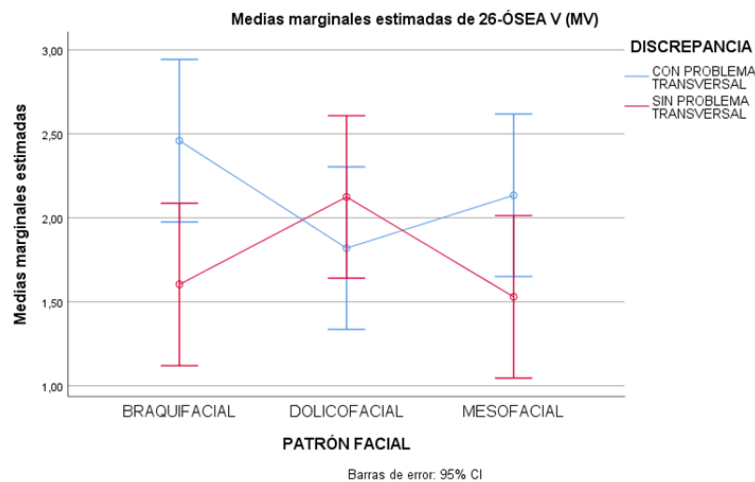


Figura 107. Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la distancia para la raíz mesiovestibular en el primer molar superior derecho (26-ósea MV) fue mayor en los patrones braquifaciales y mesofaciales, siendo menor para los dolicofaciales.

Respecto a las distancias 26-ÓSEA P y 26-GINGIVAL P y el patrón facial no se encontraron diferencias significativas (p-valor Lambda de Wilks global 0.880). Pero sí con la presencia o no de discrepancia transversal ósea de manera que tanto la media de 26-ÓSEA P como la de 26-GINGIVAL P son mayores si hay problema transversal (p-valores 0.002 y 0.000, respectivamente). También existen diferencias en la combinación discrepancia-patrón facial sólo para 26-OSEA P, donde las medias en los patrones mesofacial y braquifacial son mayores con problema transversal (Figura 108).

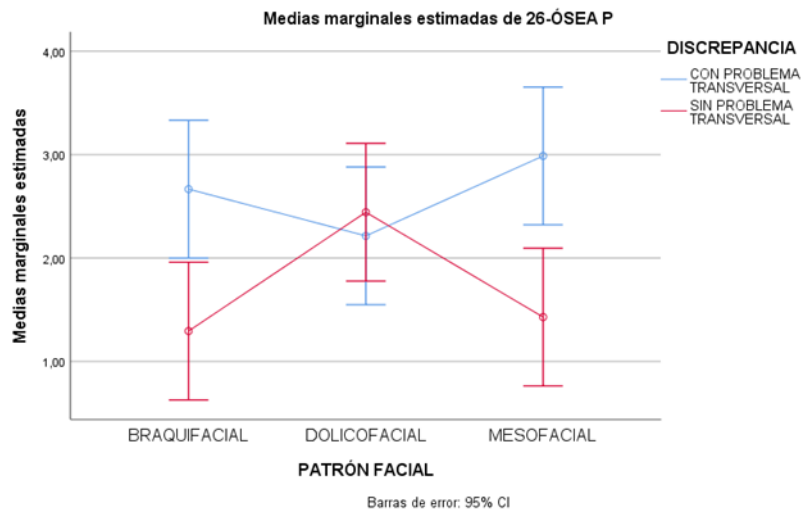


Figura 108. Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la distancia para la raíz palatina en el primer molar superior derecho (26-ósea P) fue mayor en los patrones braquifaciales y mesofaciales, siendo menor para los dolicofaciales.

16-ÓSEA V (MV)	Me dia	1,4 8	1,57	1,36	1,53		1,51	1,46		1,20	1,34	1,03	1,09	1,07	0,99	
	SD	0,6 3	0,63	0,67	0,59		0,64	0,62		0,47	0,55	0,30	0,41	0,39	0,34	
	IC9 5% inf	1,3 7	1,37	1,14	1,34		1,35	1,3		0,98	1,08	0,89	0,90	0,88	0,83	
	IC9 5% sup	1,6	1,77	1,57	1,72		1,68	1,62		1,42	1,59	1,17	1,28	1,25	1,15	
	N	120	40	40	40	0,024	60	60	0,619	20	20	20	20	20	20	0,513
16-ÓSEA P	Me dia	1,1 2	1,27	1,06	1,03		1,1	1,14		3,94	3,69	4,71	3,96	3,97	4,06	
	SD	0,4 3	0,51	0,36	0,36		0,4	0,46		0,90	1,02	0,96	0,88	1,01	1,05	
	IC9 5% inf	1,0 4	1,1	0,95	0,91		1	1,02		3,52	3,21	4,27	3,55	3,49	3,57	
	IC9 5% sup	1,2	1,43	1,18	1,15		1,2	1,26		4,36	4,17	5,16	4,37	4,44	4,55	
	N	120	40	40	40	0,063	60	60	0,095	20	20	20	20	20	20	0,15
16- GINGIVA L P	Me dia	4,0 5	3,82	4,34	4,01		4,21	3,9		1,66	1,47	1,32	1,40	1,56	1,50	
	SD	1	0,96	0,98	1,02		1,01	0,98		0,55	0,71	0,65	0,70	0,71	0,46	
	IC9 5% inf	3,8 7	3,51	4,02	3,69		3,95	3,65		1,41	1,14	1,02	1,07	1,22	1,29	
	IC9 5% sup	4,2 4	4,12	4,65	4,34		4,47	4,15		1,92	1,80	1,62	1,72	1,89	1,72	
	N	120	40	40	40	0,546	60	60	0,998	20	20	20	20	20	20	0,621
17-ÓSEA V (DV)	Me dia	2,6 6	2,52	2,78	2,69		2,66	2,66		2,61	2,42	2,64	2,92	2,74	2,64	
	SD	1,1 3	1,09	1,13	1,19		1,21	1,07		1,02	1,18	1,28	0,98	1,35	1,03	

17-ÓSEA P	IC9 5% inf	2,4 6	2,17	2,42	2,31		2,35	2,39		2,13	1,87	2,04	2,46	2,11	2,16	
	IC9 5% sup	2,8 7	2,87	3,14	3,07		2,97	2,94		3,09	2,98	3,24	3,38	3,37	3,12	
	N	120	40	40	40	0,405	60	60	0,621	20	20	20	20	20	20	0,279
	Me dia	1,6 9	1,75	1,8	1,53		1,73	1,65		1,83	1,66	1,65	1,94	1,72	1,35	
	SD	0,9 3	0,92	1,06	0,78		0,9	0,96		0,91	0,95	0,92	1,18	0,90	0,61	
	IC9 5% inf	1,5 2	1,45	1,46	1,28		1,5	1,4		1,41	1,22	1,22	1,39	1,29	1,07	
17-ÓSEA (MV)	IC9 5% sup	1,8 6	2,04	2,13	1,78		1,97	1,9		2,26	2,11	2,09	2,49	2,14	1,63	
	N	120	40	40	40	0,792 (ANO VA)	60	60	0,827 (ANO VA)	20	20	20	20	20	20	0,389 (ANO VA)
	Me dia	2,4 5	2,44	2,38	2,54		2,47	2,43		2,35	2,53	2,34	2,43	2,74	2,34	
	SD	1,0 1	1,04	0,91	1,1		1,03	1,01		0,95	1,15	1,00	0,82	1,12	1,06	
	IC9 5% inf	2,2 7	2,1	2,09	2,19		2,21	2,17		1,90	1,99	1,87	2,04	2,21	1,84	
	IC9 5% sup	2,6 4	2,77	2,68	2,89		2,74	2,69		2,79	3,07	2,81	2,82	3,26	2,83	

DV (Disto-vestibular); MV (Mesio-vestibular); P (Palatino); V (Vestibular); IC (Intervalo de confianza); SD (Desviación estándar).

Tabla 13. Valores medios (mm) de las distancias óseas y gingivales para las piezas 2.6 y 2.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.

		PATRON			p-valor MANOV A (Lambda de Wilks)	DISCREPANCIA		p- valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	BRAQUIFACIAL		DOLICOFACIAL		MESOFACIAL		p- valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	
		To tal	BRAQUIF ACIAL	DOLICOF ACIAL		MESOF ACIAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL		SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL		SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL
26- ÓSEA V (DV)	N	120	40	40	40	0,802	60	60	0,911	20	20	20	20	20	20	0,417
	Me dia	2,5 3	2,49	2,60	2,49		2,54	2,52		2,61	2,37	2,47	2,73	2,53	2,46	
	D.E .	0,8 3	0,89	0,93	0,66		0,82	0,85		0,85	0,94	0,91	0,95	0,72	0,61	
	IC9 5% inf	2,3 8	2,20	2,30	2,28		2,32	2,30		2,21	1,93	2,04	2,28	2,19	2,17	
	IC9 5% sup	2,6 8	2,78	2,90	2,70		2,75	2,74		3,01	2,81	2,90	3,17	2,86	2,74	
26- GINGI VAL V (DV)	N	120	40	40	40	0,826	60	60	0,116	20	20	20	20	20	20	0,990
	Me dia	3,3 2	3,40	3,25	3,31		3,48	3,16		3,58	3,23	3,40	3,10	3,45	3,16	
	D.E .	1,0 9	1,09	1,14	1,07		1,01	1,15		1,15	1,03	1,07	1,21	0,83	1,26	
	IC9 5% inf	3,1 2	3,05	2,89	2,97		3,22	2,87		3,04	2,74	2,90	2,54	3,07	2,57	
	IC9 5% sup	3,5 2	3,75	3,61	3,65		3,74	3,46		4,12	3,71	3,90	3,67	3,84	3,75	
26- ÓSEA V (MV)	N	120	40	40	40	0,718	60	60	0,059	20	20	20	20	20	20	0,048
	Me dia	1,9 5	2,03	1,97	1,83		2,14	1,75		2,46	1,60	1,82	2,12	2,13	1,53	
	D.E .	1,1 2	1,12	1,24	1,00		1,20	1,01		1,15	0,94	1,25	1,25	1,17	0,69	

	IC9 5% inf	1,7 4	1,67	1,58	1,51		1,83	1,49		1,92	1,16	1,24	1,54	1,59	1,20	
	IC9 5% sup	2,1 5	2,39	2,37	2,15		2,45	2,01		3,00	2,04	2,40	2,71	2,68	1,85	
	N	120	40	40	40	0,615	60	60	0,002	20	20	20	20	20	20	0,016
	Me dia	2,1 7	1,98	2,33	2,21		2,62	1,72		2,67	1,29	2,21	2,44	2,99	1,43	
	D.E .	1,6 0	1,29	1,89	1,58		1,74	1,31		1,48	0,48	1,97	1,85	1,74	0,92	
26- ÓSEA P	IC9 5% inf	1,8 8	1,57	1,72	1,70		2,17	1,38		1,98	1,07	1,29	1,58	2,17	1,00	
	IC9 5% sup	2,4 6	2,39	2,93	2,71		3,07	2,06		3,36	1,52	3,14	3,31	3,80	1,86	
	N	120	40	40	40	0,836	60	60	0,000	20	20	20	20	20	20	0,909
	Me dia	4,3 7	4,32	4,49	4,30		4,99	3,75		4,88	3,75	5,19	3,79	4,90	3,71	
	D.E .	1,5 3	1,38	1,62	1,61		1,39	1,42		1,33	1,22	1,36	1,59	1,51	1,51	
26- GINGI VAL P	IC9 5% inf	4,0 9	3,88	3,97	3,79		4,63	3,38		4,26	3,18	4,55	3,05	4,19	3,00	
	IC9 5% sup	4,6 5	4,76	5,01	4,82		5,35	4,12		5,51	4,33	5,82	4,54	5,61	4,41	
	N	120	40	40	40	0,393	60	60	0,064	20	20	20	20	20	20	0,890
	Me dia	2,5 9	2,43	2,76	2,57		2,77	2,41		2,65	2,21	2,97	2,55	2,69	2,45	
	D.E .	1,0 8	0,93	1,00	1,28		1,21	0,90		0,88	0,94	1,13	0,84	1,57	0,93	
27- ÓSEA (DV)	IC9 5% inf	2,3 9	2,13	2,44	2,16		2,46	2,17		2,24	1,77	2,45	2,16	1,95	2,02	

	IC9 5% sup	2,7 8	2,73	3,08	2,98		3,08	2,64		3,06	2,65	3,50	2,94	3,42	2,89	
	N	120	40	40	40	0,852	60	60	0,576	20	20	20	20	20	20	0,500
	Me dia	2,2 9	2,30	2,34	2,23		2,34	2,24		2,38	2,21	2,25	2,43	2,37	2,08	
	D.E .	0,9 2	1,04	0,79	0,94		0,92	0,93		0,99	1,11	0,61	0,94	1,13	0,70	
27- ÓSEA (MV)	IC9 5% inf	2,1 2	1,96	2,09	1,93		2,10	2,00		1,92	1,69	1,96	1,99	1,85	1,75	
	IC9 5% sup	2,4 5	2,63	2,59	2,53		2,57	2,48		2,84	2,73	2,54	2,87	2,90	2,41	
	N	120	40	40	40	0,768 (ANOVA)	60	60	0,276 (ANO VA)	20	20	20	20	20	20	0,792 (ANO VA)
	Me dia	1,6 1	1,63	1,54	1,67		1,53	1,70		1,60	1,66	1,39	1,69	1,61	1,73	
	D.E .	0,8 2	0,70	0,80	0,95		0,73	0,89		0,64	0,77	0,74	0,84	0,82	1,08	
27- ÓSEA P	IC9 5% inf	1,4 7	1,41	1,29	1,37		1,34	1,46		1,30	1,30	1,04	1,30	1,22	1,23	
	IC9 5% sup	1,7 6	1,86	1,79	1,97		1,72	1,93		1,90	2,02	1,73	2,08	1,99	2,24	

DV (Disto-vestibular); MV (Mesio-vestibular); P (Palatino); V (Vestibular); IC (Intervalo de confianza); SD (Desviación estándar).

5.5.2. Molares inferiores

Se reflejaron los valores medios para los molares del tercer cuadrante (piezas 3.6 y 3.7) en la Figura 109 y cuarto cuadrante (piezas 4.6 y 4.7) en la Figura 110 según patrón facial; en la Figura 111 y 112 según presencia o no de discrepancia ósea transversal.

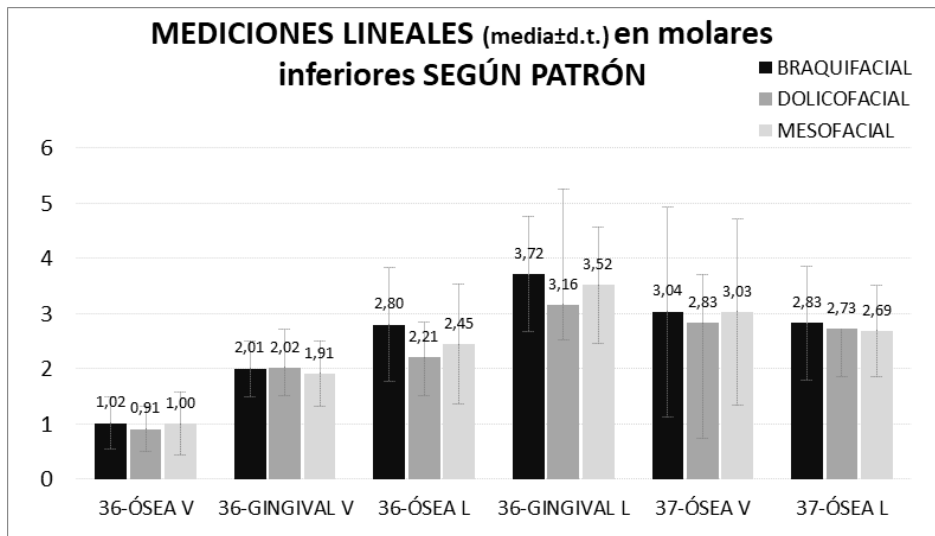


Figura 109. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 3.6 y 3.7 según patrón facial.

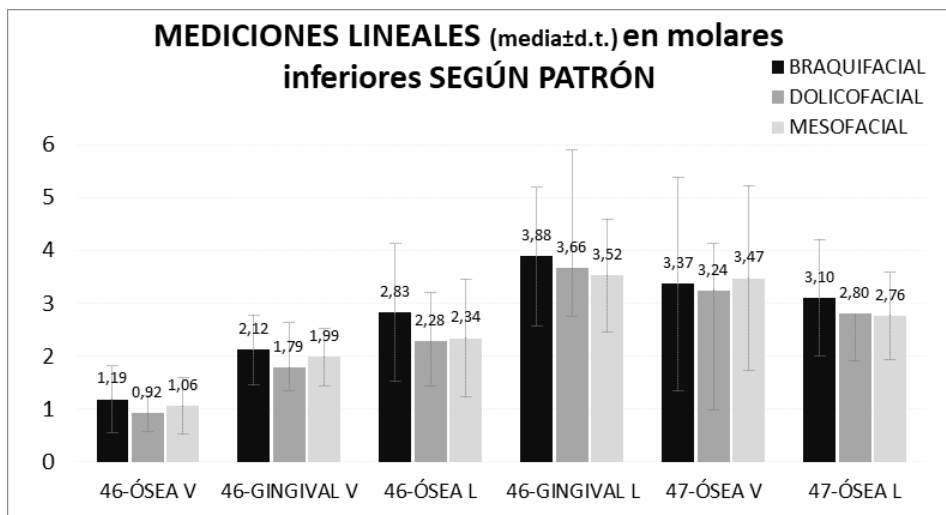


Figura 110. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 4.6 y 4.7 según patrón facial.

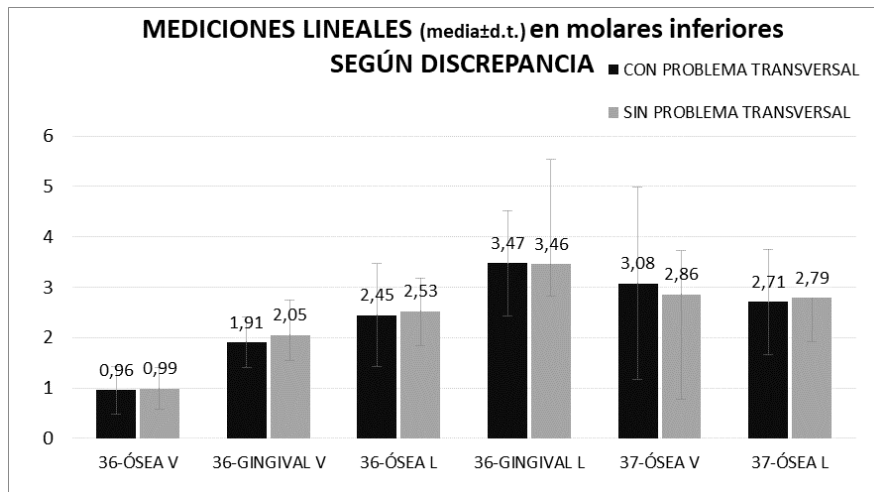


Figura 111. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 3.6 y 3.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea.

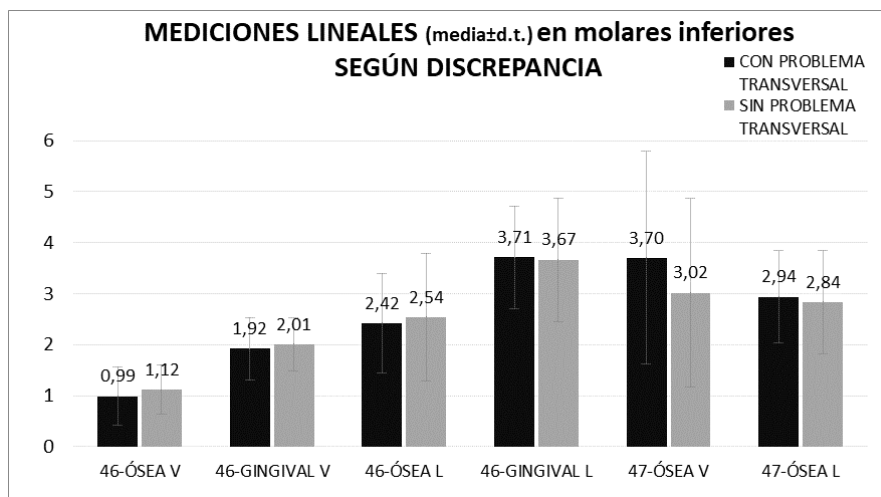


Figura 112. Valores medios para las mediciones lineales óseas y gingivales para piezas 4.6 y 4.7 según presencia o no de discrepancia transversal ósea.

Se relacionaron, para los molares inferiores, los valores de las mediciones lineales óseas vestibulares, palatinas-linguales y gingivales en los diferentes patrones, en presencia o no de discrepancia ósea transversal y la combinación patrón facial-discrepancia transversal ósea. Los valores medios con su desviación estándar junto con los p-valores de las pruebas MANOVA se reflejaron en la Tabla 14 y 15.

Para los molares del tercer cuadrante se encontró relación estadísticamente significativa entre los parámetros 36-ÓSEA L y 36-GINGIVAL L y el patrón facial

(p-valor 0.021 y 0.031 respectivamente) de manera que la media en braquifacial es mayor que en dolicofacial (la media en mesofacial fué estadísticamente igual a la media en dolicofacial y en braquifacial). No se encontró diferencias respecto a estas medidas en presencia o no de discrepancia transversal ni para la combinación patrón-discrepancia.

Respecto a la medida lineal 37-ÓSEA V se encontraron diferencias significativas para la combinación patrón facial-discrepancia transversal (p-valor 0.03), de manera que, las medias de 37-OSEA V son mayores si hay discrepancia para braquifacial, menores para dolicofacial e iguales para mesofacial (Figura 113).

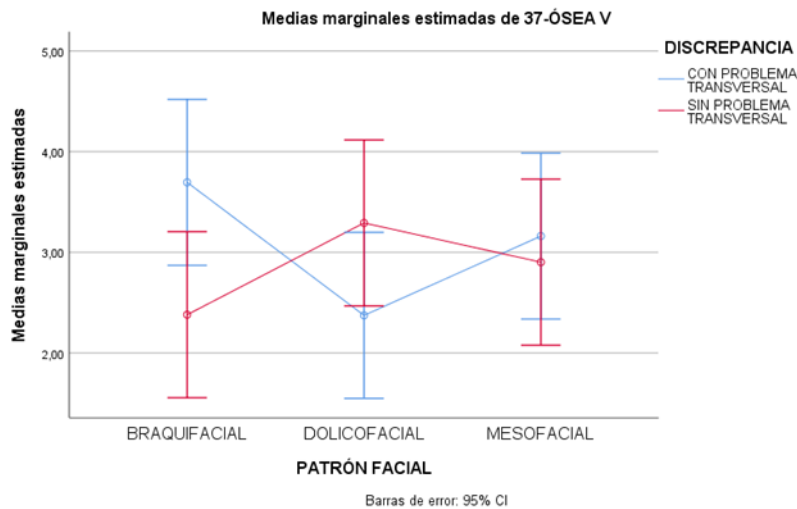


Figura 113. Véase como, en presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular en el segundo molar inferior izquierdo (37-ósea V) fue mayor en los patrones braquifaciales, menor en dolicofaciales e igual en mesofaciales.

Para 46-GINGIVAL V la media en braquifacial fué mayor que en Dolicofacial (p=0,03). En la combinación patrón facial-discrepancia transversal se encontraron diferencias significativas para 46-ÓSEA V (p=0,016), donde las medias en dolicofacial y mesofacial fueron mayores si no hay discrepancia mientras que para braquifacial son mayores si hay discrepancia; y para 46-GINGIVAL V (p=0,004), la media en mesofacial fue mayor si no hay discrepancia, en dolicofacial resultaron iguales y en braquifacial mayores si hay discrepancia transversal (Figuras 114 y 115 respectivamente).

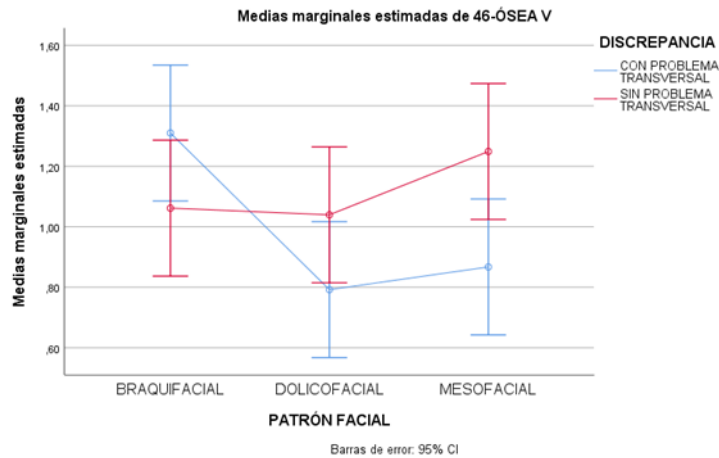


Figura 114. En presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular en el primer molar inferior derecho (46-ósea V) fue mayor en los patrones braquifaciales, menor en dolicofaciales y mesofaciales.

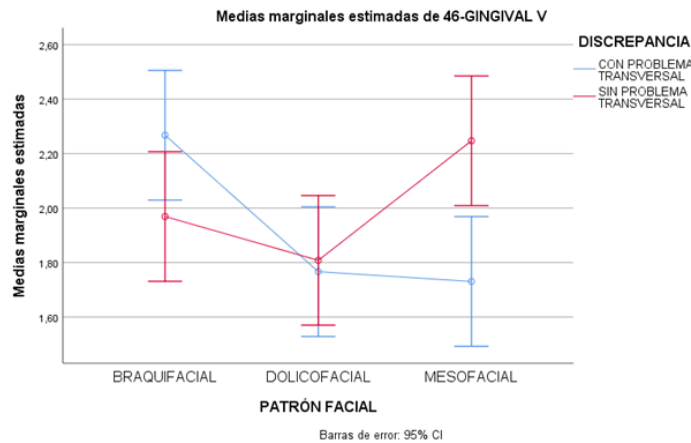


Figura 115. En presencia de discrepancia transversal ósea, la media para la distancia de la raíz mesiovestibular a punto de mayor prominencia gingival en el primer molar inferior derecho (46-GINGIVAL V) fue mayor en los patrones braquifaciales, igual en dolicofaciales y menor en mesofaciales.

Se encontró también relación entre el patrón y la distancia 46-ÓSEA L ($p=0,045$) de tal forma que la media en braquifacial fue mayor que en dolicofacial. No se encontraron diferencias según presencia o no de discrepancia ni la combinación patrón-discrepancia.

Tabla 14. Valores medios (mm) de las distancias óseas y gingivales para las piezas 3.6 y 3.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.

		PATRON			p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	DISCREPANCIA		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	BRAQUIFACIAL		DOLICOFACIAL		MESOFACIAL		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	
		To tal	BRAQUIF ACIAL	DOLICOF ACIAL		MESOF ACIAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL		SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL		SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL
36- ÓSEA V	N	12 0	40	40	40	0,563	60	60	0,739	20	20	20	20	20	20	0,188
	Me dia	0,9 8	1,02	0,91	1,00		0,96	0,99		1,05	0,98	0,96	0,86	0,87	1,13	
	SD	0,4 9	0,47	0,41	0,57		0,45	0,53		0,48	0,47	0,51	0,29	0,35	0,72	
	IC9 5% inf	0,8 9	0,87	0,78	0,82		0,84	0,85		0,82	0,76	0,72	0,72	0,71	0,80	
	IC9 5% sup	1,0 6	1,17	1,04	1,19		1,08	1,13		1,28	1,20	1,20	0,99	1,03	1,47	
36- GINGI VAL V	N	12 0	40	40	40	0,619	60	60	0,138	20	20	20	20	20	20	0,052
	Me dia	1,9 8	2,01	2,02	1,91		1,91	2,05		2,04	1,97	2,01	2,04	1,68	2,15	
	SD	0,5 3	0,51	0,50	0,60		0,56	0,50		0,58	0,43	0,57	0,44	0,46	0,63	
	IC9 5% inf	1,8 8	1,84	1,86	1,72		1,76	1,92		1,77	1,77	1,74	1,83	1,46	1,85	
	IC9 5% sup	2,0 8	2,17	2,18	2,10		2,05	2,18		2,31	2,17	2,27	2,24	1,89	2,44	

CAPÍTULO V – RESULTADOS

36- ÓSEA L	N	120	40	40	40	0,021	60	60	0,651	20	20	20	20	20	20	0,353
	Me dia	2,49	2,80	2,21	2,45		2,45	2,53		2,75	2,86	2,02	2,40	2,57	2,33	
	SD	0,97	1,02	0,69	1,08		1,03	0,92		1,10	0,97	0,57	0,77	1,20	0,96	
	IC9 5% inf	2,31	2,48	1,99	2,10		2,18	2,29		2,24	2,40	1,76	2,04	2,00	1,88	
	IC9 5% sup	2,66	3,13	2,43	2,79		2,71	2,76		3,27	3,31	2,29	2,76	3,13	2,78	
36- GINGI VAL L	N	120	40	40	40	0,031	60	60	0,933	20	20	20	20	20	20	0,165
	Me dia	3,47	3,72	3,16	3,52		3,47	3,46		3,71	3,73	2,98	3,35	3,73	3,30	
	SD	0,96	1,05	0,64	1,06		1,01	0,91		1,05	1,07	0,56	0,69	1,17	0,90	
	IC9 5% inf	3,29	3,38	2,96	3,18		3,21	3,22		3,21	3,23	2,72	3,02	3,18	2,88	
	IC9 5% sup	3,64	4,05	3,37	3,86		3,73	3,69		4,20	4,23	3,24	3,67	4,28	3,72	
37- ÓSEA V	N	120	40	40	40	0,86 (ANO VA)	60	60	0,528 (ANO VA)	20	20	20	20	20	20	0,03 (ANO VA)
	Me dia	2,97	3,04	2,83	3,03		3,08	2,86		3,70	2,38	2,37	3,29	3,16	2,90	
	SD	1,88	1,90	2,08	1,69		1,90	1,88		2,20	1,30	1,75	2,33	1,55	1,84	
	IC9 5% inf	2,63	2,43	2,17	2,49		2,58	2,37		2,67	1,77	1,55	2,20	2,44	2,04	

	IC9 5% sup	3,3 1	3,65	3,50	3,57		3,57	3,34		4,72	2,99	3,19	4,38	3,89	3,76	
	N	12 0	40	40	40	0,776 (ANO VA)	60	60	0,63 (ANO VA)	20	20	20	20	20	20	0,316 (ANO VA)
	Me dia	2,7 5	2,83	2,73	2,69		2,71	2,79		2,77	2,89	2,54	2,91	2,81	2,56	
	SD	0,9 1	1,04	0,87	0,84		0,81	1,01		0,97	1,13	0,68	1,01	0,78	0,89	
37- ÓSEA L	IC9 5% inf	2,5 8	2,50	2,45	2,42		2,50	2,53		2,31	2,36	2,23	2,44	2,45	2,14	
	IC9 5% sup	2,9 1	3,16	3,00	2,95		2,92	3,05		3,22	3,42	2,86	3,38	3,18	2,98	

V (Vestibular); L (Lingual); IC (Intervalo de confianza); SD (Desviación estándar).

Tabla 15. Valores medios de las distancias óseas y gingivales para las piezas 4.6 y 4.7 y su relación con el patrón facial, la discrepancia transversal y la combinación patrón-discrepancia.

	PATRON				p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	DISCREPANCIA		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	BRAQUIFACIAL		DOLICOFACIAL		MESOFACIAL		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	
	To tal	BRAQUIF ACIAL	DOLICOF ACIAL	MESOF ACIAL		CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL		CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL		
46- ÓSEA V	N	12 0	40	40	40	0,074	60	60	0,191	20	20	20	20	20	20	0,016
	Me dia	1,0 5	1,19	0,92	1,06		0,99	1,12		1,31	1,06	0,79	1,04	0,87	1,25	
	SD	0,5 3	0,64	0,35	0,54		0,57	0,49		0,78	0,45	0,35	0,30	0,32	0,64	
	IC9 5% inf	0,9 6	0,98	0,80	0,89		0,84	0,99		0,94	0,85	0,63	0,90	0,72	0,95	
	IC9 5% sup	1,1 5	1,39	1,03	1,23		1,14	1,24		1,68	1,27	0,96	1,18	1,02	1,55	
46- GINGI VAL V	N	12 0	40	40	40	0,031	60	60	0,409	20	20	20	20	20	20	0,004
	Me dia	1,9 6	2,12	1,79	1,99		1,92	2,01		2,27	1,97	1,77	1,81	1,73	2,25	
	SD	0,5 7	0,67	0,45	0,54		0,61	0,53		0,77	0,51	0,47	0,43	0,39	0,56	
	IC9 5% inf	1,8 6	1,91	1,64	1,82		1,76	1,87		1,90	1,73	1,55	1,61	1,55	1,99	

	IC9 5% inf	3,0 0	2,72	2,52	2,92		3,16	2,54		3,06	2,00	2,18	2,17	2,96	2,36	
	IC9 5% sup	3,7 2	4,01	3,96	4,03		4,24	3,50		5,25	3,16	4,14	4,46	4,61	3,95	
	N	12 0	40	40	40	0,221 (ANO VA)	60	60	0,564 (ANO VA)	20	20	20	20	20	20	0,256 (ANO VA)
	Me dia	2,8 9	3,10	2,80	2,76		2,94	2,84		3,02	3,18	2,78	2,82	3,01	2,51	
	SD	0,9 5	1,10	0,89	0,83		0,90	1,01		1,12	1,10	0,76	1,03	0,80	0,81	
47- ÓSEA L	IC9 5% inf	2,7 1	2,75	2,51	2,50		2,70	2,57		2,50	2,66	2,42	2,33	2,64	2,13	
	IC9 5% sup	3,0 6	3,45	3,08	3,03		3,17	3,10		3,55	3,69	3,13	3,30	3,39	2,89	

V (Vestibular); L (Lingual); IC (Intervalo de confianza); SD (Desviación estándar)

5.6. RELACIÓN ENTRE LAS MEDICIONES TRANSVERSALES Y LOS PATRONES Y LA DISCREPANCIA

Como los parámetros maxilar (Mx), mandíbula (Md) y maxilar-mandíbula (Mx-Md) estaban positiva y altamente correlacionados (>0.4 , correlación de Pearson), se aplicó un MANOVA con los 3 parámetros como dependientes (Tabla 16).

En general, no apareció relación entre los parámetros Mx, Md y Mx-Md ni para el patrón facial (Figura 116) ni para la combinación patrón y discrepancia. Sí se encontró relación entre los valores de Mx, Md y Mx-MD y la discrepancia (p-valor Lambda 0.000) (Figura 117) de manera que:

- Para Mx, los valores medios son menores con problema transversal
- Para Md, los valores medios son mayores con problema transversal

Tabla 16. Valores medios (mm) con su SD del maxilar, mandíbula y diferencia maxilar-mandíbula según patrón facial, presencia de discrepancia transversal y combinación patrón-discrepancia transversal.

		PATRON			p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	DISCREPANCIA		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	BRAQUIFACIAL		DOLICOFACIAL		MESOFACIAL		p-valor MAN OVA (Lamb da de Wilks)	
		To tal	BRAQUIF ACIAL	DOLICOF ACIAL		MESOF ACIAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL		SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL	CON PROBLE MA TRANSV ERSAL	SIN PROBLE MA TRANSV ERSAL			
Maxil ar	N	12 0	40	40	40	0,602	60	60	0,000	20	20	20	20	20	20	0,399
	Me dia	58, 10	58,52	57,96	57,82		56,42	59,78		56,36	60,67	56,41	59,52	56,49	59,16	
	SD	3,2 3	3,55	3,32	2,84		2,87	2,67		2,80	2,87	3,13	2,78	2,80	2,21	
	IC9 5% inf	57, 52	57,38	56,90	56,92		55,68	59,09		55,05	59,33	54,94	58,22	55,17	58,13	
	IC9 5% sup	58, 68	59,65	59,02	58,73		57,16	60,47		57,67	62,01	57,87	60,82	57,80	60,19	
Mandí bula	N	12 0	40	40	40	0,425	60	60	0,000	20	20	20	20	20	20	0,560
	Me dia	54, 20	54,48	54,41	53,72		55,14	53,26		55,04	53,91	55,56	53,26	54,82	52,62	
	SD	2,8 5	2,95	2,87	2,72		2,92	2,45		3,20	2,64	2,72	2,60	2,94	2,00	
	IC9 5% inf	53, 69	53,53	53,49	52,85		54,39	52,63		53,54	52,68	54,29	52,04	53,45	51,68	

	IC9 5% sup	54, 72	55,42	55,33	54,59		55,90	53,90		56,54	55,15	56,83	54,48	56,20	53,56	
	N	12 0	40	40	40	0,692	60	60	0,000	20	20	20	20	20	20	0,714
	Me dia	3,9 0	4,04	3,55	4,10		1,28	6,52		1,32	6,76	0,84	6,26	1,66	6,54	
	SD	3,1 3	3,27	3,26	2,90		1,68	1,72		1,40	2,10	1,96	1,58	1,63	1,45	
MX- Md	IC9 5% inf	3,3 3	2,99	2,51	3,17		0,84	6,08		0,67	5,77	-0,07	5,52	0,90	5,86	
	IC9 5% sup	4,4 6	5,08	4,59	5,03		1,71	6,96		1,98	7,74	1,76	7,00	2,42	7,22	

IC (Intervalo de confianza); SD (Desviación estándar).

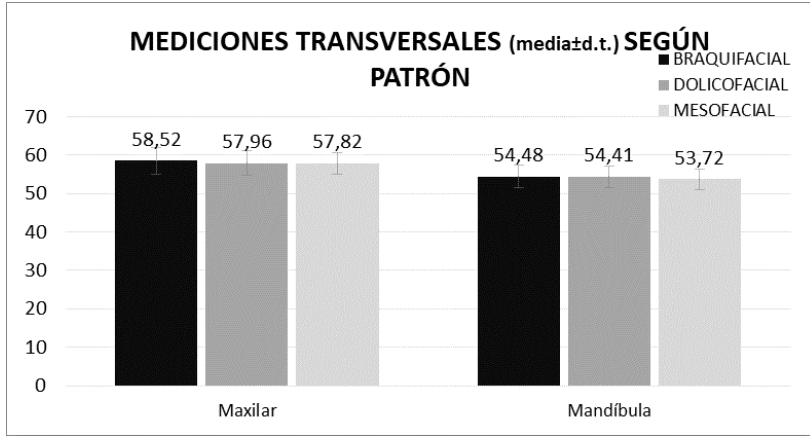


Figura 116. Valores medios para el maxilar y la mandíbula en los diferentes patrones faciales.

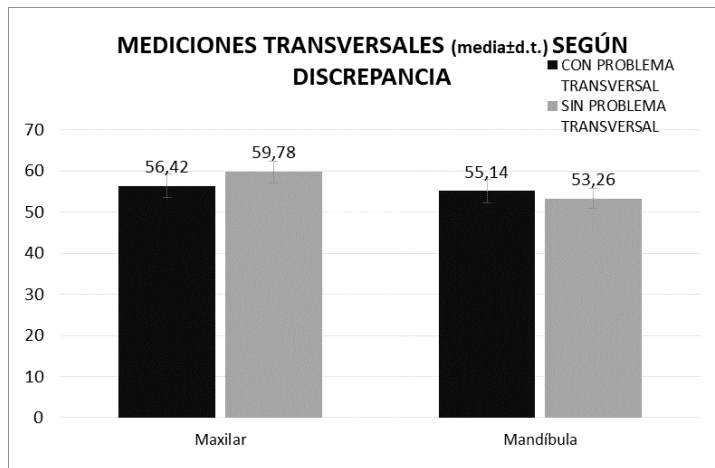


Figura 117. Valores medios para el maxilar y la mandíbula en presencia y ausencia de discrepancia transversal.

VI – DISCUSIÓN

VI -DISCUSIÓN

Durante muchos años, el diagnóstico y el plan de tratamiento ortodóncico se basaba en la inclinación del incisivo inferior. Con el paso de los años la tendencia fue variando hacia una posición de incisivo superior en una adecuada relación incisiva, pero también estética. Por ello, actualmente, el incisivo superior determinará la relación sagital, transversal y vertical de la oclusión. De este modo sería interesante conocer qué es lo que ocurre en relación a la inclinación axial de los molares posteriores previamente a la decisión del plan de tratamiento ya que un diagnóstico basado exclusivamente en la posición de los incisivos puede llegar a generar un problema oclusal y funcional en los sectores posteriores.

Estas inclinaciones de la curva de Wilson pueden estar aumentadas o disminuidas, lo cual puede implicar mayores o menores distancias de la estructura radicular a la cortical ósea, lo cual limite nuestras opciones de tratamiento.

Para el análisis de la posición del incisivo superior en relación a su base ósea es suficiente con una radiografía lateral de cráneo, sin embargo, para el estudio de estas inclinaciones axiales posteriores no es suficiente. Con el uso del CBCT es posible realizar estas mediciones a través de cortes transversales, visualizando los ejes mayores de los molares y llevando a cabo mediciones angulares. En los mismos cortes, también es posible realizar mediciones lineales desde la estructura radicular a las corticales óseas, vestibulares y linguales.

Con el desarrollo de los escáneres intraorales y extraorales es posible obtener modelos digitales de las arcadas del paciente que, al combinarlo con el CBCT, permite obtener una reconstrucción completa de las estructuras dentales, óseas e incluso gingivales del paciente, lo que permite llevar a cabo mediciones lineales que no solo terminen en la estructura ósea, si no que pueden llegar a la porción gingival, tanto vestibular como lingual.

6.1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LA INCLINACIÓN AXIAL, DISCREPANCIA TRANSVERSAL, DISTANCIAS ÓSEAS Y GINGIVALES

El diseño de este estudio está basado en el análisis angular de los molares mediante un método modificado de Barrera et al.¹⁴, donde para la medición de la inclinación bucolingual molar utiliza una línea que une los puntos WALA óseos, no los puntos WALA originales de Andrews⁵⁰. Se llevó a cabo una superposición del modelo digital de la dentición del paciente (archivo STL) con el CBCT (archivo DICOM), el cual favorece la precisión, ya que permite la eliminación de “ruido” procedente de restauraciones de amalgama, coronas metal-cerámicas o incluso de la mayor radiopacidad del esmalte^{172,173}.

Para la medición angular de los molares se han publicado diferentes métodos basados en los cortes trasversales del CBCT. El método de medición angular de los molares utilizado en nuestro estudio es similar al publicado por Rola Alkhatib⁸⁸, el cual también utilizó una línea vertical, que es perpendicular a una horizontal de referencia para la medición angular de los molares. Hwang et al.³¹ solo utilizó la horizontal de Frankfort para el maxilar y una horizontal que une los bordes inferiores mandibulares para las mediciones de los molares inferiores, similar al estudio de Yang y chung¹². Otros autores^{8,26,80}, sin embargo, utilizaron el plano oclusal como línea de referencia para las mediciones angulares. Los estudios de Janson et al.⁷, Bhavendrasinh¹³ y Ross et al.²⁷ también utilizaron el plano oclusal como referencia, pero estos estudios no fueron basados en CBCT, si no que las mediciones angulares se llevaron a cabo sobre modelos de escayola.

La realización de las mediciones sobre la línea perpendicular a la horizontal WALA-WALA nos permite obtener unos resultados reproducibles y poco influenciados por apertura y disoclusión del paciente durante la realización de CBCT. Además, la mayor o menor extrusión de algún molar no implicaría variaciones en los resultados, algo que sí podría llegar a ocurrir en el caso de utilizar el plano oclusal como referencia.

Uno de los criterios de inclusión de nuestro estudio fue la presencia de primeros y segundos molares en boca, lo disminuye el riesgo de sesgo en nuestros resultados.

Para realizar las mediciones lineales desde la superficie radicular a las corticales óseas y gingivales, tanto vestibular como palatina/lingual, se utilizó como

referencia la línea WALA-WALA, con el objetivo de que las mediciones fueran fiables y reproducibles. Esta línea horizontal de referencia nos permitió llevar a cabo la medición lineal desde el punto WALA óseo, WALA (gingival) a la superficie radicular de cada una de las raíces analizadas, sin sufrir desviaciones por inclinación durante la medición. Sobre la misma línea se llevaron a cabo las mediciones de las distancias para la raíz palatina/lingual a la cortical ósea y gingival.

En la literatura son varios los estudios basados en CBCT que llevan a cabo un análisis de la morfología alveolar, mediante mediciones lineales desde diferentes puntos de la estructura radicular a las corticales óseas. Sadek et al.¹²⁷ realizó un estudio sobre la estructura alveolar y la relación con el patrón facial vertical. Se han llevado a cabo diversos estudios^{125,128} similares buscando la relación entre las mediciones lineales de espesor óseo y la relación con el patrón facial vertical.

Otros autores^{9,94,174}, además de la relación con el patrón facial vertical, han buscado la correlación existente entre las inclinaciones bucolinguales de los dientes y el espesor óseo a diferentes niveles. El estudio de Glass et al.⁸⁰ trató de encontrar la ubicación del centro de resistencia de los molares inferiores, su inclinación bucolingual, en relación al WALA ridge, llevando a cabo mediciones en el CBCT y sobre modelos de escayola.

Tras el tratamiento ortodóncico también se han hecho análisis de la morfología alveolar en función de la mayor o menor inclinación axial final¹⁷⁵. En nuestro estudio se analizó la relación entre las mediciones lineales, con el patrón facial, con las inclinaciones bucolinguales y con la presencia o no de discrepancia transversal ósea.

Nuestra muestra se compuso de 120 pacientes esqueléticamente maduros, con una edad comprendida entre los 18 y los 49 años, clasificados en los distintos patrones faciales verticales a los cuales se les realizó un análisis de la discrepancia transversal ósea siguiendo la metodología de la Universidad de Pensilvania⁷⁰. Como referencia para el ancho esquelético maxilar este análisis toma el punto jugal (punto MX) derecho e izquierdo, evitando así cualquier exostosis de hueso presente a lo largo de la porción vestibular del alveolo. A nivel mandibular, como la porción apical a la cresta WALA es dimensionalmente estable durante los movimientos dentales, esta zona puede utilizarse como referencia del ancho mandibular y de la arcada del paciente. El análisis de la discrepancia transversal una vez tomadas las

dimensiones del ancho del maxilar superior e inferior se obtendría restando al ancho mandibular el ancho maxilar. Una discrepancia transversal óptima entre el maxilar y la mandíbula es de 5 mm en pacientes esqueléticamente maduros por ello se estableció que diferencias maxilo-mandibulares ≥ 5 mm fueran consideradas como “no discrepancia transversal ósea”, a pesar de que los autores afirman sentirse cómodos camuflando dentalmente diferencias esqueléticas de 2 a 5 mm, siempre y cuando no existan mordidas cruzadas simultáneamente⁸². Para la determinación del patrón facial vertical, se utilizó el índice Vert⁶⁵ ya que permite la utilización de cinco factores para su determinación, a diferencia de otros autores^{174,176} que utilizaron el ángulo del plano mandibular-Frankfort.

6.2. RELACIÓN ENTRE LA INCLINACIÓN AXIAL DE MOLARES Y PATRÓN FACIAL VERTICAL

Es bastante lógico poder pensar que, si nos encontramos ante un patrón braquifacial, con una musculatura fuerte, la presión ejercida sobre los dientes posteriores hacia lingual será mayor que la ejercida hacia vestibular. En los patrones dolicofaciales podríamos pensar lo contrario, al existir una musculatura vestibular más débil, las fuerzas que se ejerzan en sentido vestibular sobre los dientes posteriores serán de mayor magnitud que las contrarias.

Estas circunstancias nos harían plantearnos que las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores en braquifaciales, mesofaciales y dolicofaciales deberían ser diferentes, siendo más positivas (más a vestibular) en los dolicofaciales que en los braquifaciales. Se ha demostrado en la literatura que, con la edad, las inclinaciones bucolinguales pasan a ser más negativas o lingualizadas^{24,25}.

La fuerza máxima que ejercen los sectores posteriores al ocluir varía en los distintos patrones. La fuerza media que se ejerce en los sectores posteriores en los patrones braquifaciales es de mayor intensidad que en los mesofaciales, y del doble de intensidad que en los dolicofaciales. Esto es debido a que los patrones braquifaciales tienen una musculatura más potente que patrones mesofaciales o dolicofaciales^{4,5}.

Elham et al.⁵ llevaron a cabo un estudio en la población jordana y al realizar las mediciones en los distintos patrones faciales en hombres y mujeres encontraron

que los hombres ejercían mayores fuerzas oclusales que las mujeres. En cuanto al patrón facial, encontraron que los que mayor fuerza oclusal generaban eran los braquifaciales, seguido de los mesofaciales y por último los dolicofaciales.

Estas consideraciones conllevan a que diferentes autores^{7-9,26-28} hayan analizado las inclinaciones bucolinguales de los dientes posteriores en los diferentes patrones faciales verticales, con el objetivo de determinar si la existencia de un patrón dolicofacial, con una potencia muscular vestibular menor, conllevaría a unos valores mayores de inclinación vestibular posterior en los molares superiores y menores en los molares inferiores. Los resultados de nuestro estudio reflejaron que no hubo diferencias significativas en las inclinaciones bucolinguales de los primeros y segundos molares superiores e inferiores en los diferentes patrones faciales, siendo los valores muy similares en los tres grupos.

A pesar de no encontrar diferencias significativas, en los molares superiores, las inclinaciones bucolinguales para la suma de los primeros fue mayor en los patrones dolicofaciales (16,89°) que en los mesofaciales (14,45°) y braquifaciales (13,79°). En los segundos molares la suma de los valores de inclinación del molar derecho e izquierdo también reflejó una mayor inclinación de los dolicofaciales (29,02°) frente a los braquifaciales (25,02°), siendo similar a los patrones mesofaciales (29,62°).

Respecto a los molares inferiores, para la suma de los primeros se observó unos valores más lingualizados en los patrones dolicofaciales (-31,45°) que en mesofaciales (-30,64°) y braquifaciales (-29,08°). Sin embargo, en los segundos molares inferiores se encontraron valores de lingualización similares, siendo más negativos para braquifaciales (-37,52°) seguido de dolicofaciales (-35,98°) y mesofaciales (-33,89°).

Aunque a nivel numérico nuestros resultados no fueron comparables con otros estudios por la diferente metodología en la medición angular, se observó que fueron similares a los de otros autores^{8,26,28}, los cuales encontraron una tendencia a una inclinación bucolingual más vestibular de los molares superiores en los patrones dolicofaciales, pero sin encontrar diferencias significativas, al igual que nuestro estudio. Sin embargo, Janson et al.⁷ sí encontró diferencias significativas respecto a una mayor inclinación bucolingual en dientes posteriores superiores (primeros molares) en patrones dolicofaciales. Mitra²⁸ sugirió que los segundos

molares superiores tienen una inclinación más vestibular en patrones dolicofaciales que en patrones braquifaciales.

Respecto a los molares inferiores Grosso et al.²⁶ reveló un aumento de la inclinación lingual en sujetos dolicofaciales al igual que Masumoto et al.¹⁷⁴, el cual encontró que los segundos molares inferiores del grupo hiperdivergente estaban más inclinados hacia lingual. Sin embargo, en otro estudio realizado por Tsunori et al.¹⁷⁶, el grupo hipodivergente tenía molares más inclinados hacia lingual. Ross et al.²⁷ y Janson et al.⁷ no encontraron diferencias en los valores de inclinación de los molares inferiores, respaldando nuestros resultados. Estas discrepancias entre los estudios pueden explicarse por la inclusión de diferentes patrones sagitales de Clase I, Clase II y clase III, los cuales pueden influir en los resultados^{30,78}, por una musculatura débil de los pacientes braquifaciales y/o por falta de descripción de las relaciones transversales, pudiendo estas últimas haber jugado un papel importante en dichos resultados.

6.3. INCLINACIÓN AXIAL DE MOLARES EN LOS DIFERENTES PATRONES FACIALES VERTICALES Y LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL ÓSEA

En nuestro estudio se analizó la relación esquelética transversal maxilo-mandibular medida en CBCT. Se consideró como hipótesis que la existencia de una discrepancia transversal ósea desfavorable para el maxilar superior implicaría unas mayores inclinaciones bucolinguales de los molares superiores, con el objetivo de compensar dentoalveolarmente la discrepancia, sin dar lugar a una mordida cruzada posterior. Nuestros resultados mostraron una mayor inclinación a vestibular para la suma de los primeros molares superiores (20,21° vs 9,88°) y segundos molares (31,99° vs 23,83°) y una inclinación más negativa para los primeros (-33,77° vs -27,01°) y los segundos molares inferiores (-39,50° vs -32,10°) en los sujetos con discrepancia transversal ósea maxilo-mandibular respecto a los que no presentaban discrepancia transversal maxilo-mandibular respectivamente ($p < 0,05$).

Cuando se analizó la presencia o no de discrepancia transversal ósea en los diferentes patrones faciales verticales en relación a las inclinaciones bucolinguales no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, pero sí una mayor inclinación a vestibular de los molares superiores en presencia de déficit

transversal óseo maxilo-mandibular en los tres biotipos faciales (Tabla 9). No obstante, para la suma de los primeros molares superiores los resultados fueron cercanos a la significatividad ($p=0,096$) siendo las inclinaciones en los patrones dolicofaciales 14° más a vestibular en presencia de discrepancia transversal frente a un incremento de 7° y 9° para los mesofaciales y braquifaciales respectivamente. Respecto a la suma de los segundos molares, para los dolicofaciales el incremento fue de $10,66^\circ$ frente a los $6,18^\circ$ y $7,63^\circ$ que sufrieron los mesofaciales y braquifaciales respectivamente en presencia de discrepancia transversal.

En los molares inferiores, los tres biotipos faciales presentaron incrementos similares de la inclinación a lingual de los molares en presencia de discrepancia transversal (Tabla 9), siendo los valores medios de inclinación para la suma de los primeros molares inferiores $5,87^\circ$ más lingualizados en dolicofaciales, $6,54^\circ$ en mesofaciales y $7,87^\circ$ en braquifaciales. Para los segundos molares inferiores, en presencia de discrepancia transversal la suma de los valores medios fue 8° más lingualizados para los patrones dolicofaciales, 9° para los mesofaciales y $5,3^\circ$ para los braquifaciales.

Estos resultados sugieren que en los pacientes dolicofaciales la presencia de discrepancia transversal ósea supone unas mayores compensaciones dentarias de los molares superiores respecto al resto de biotipos faciales, siendo las compensaciones dentarias en los molares inferiores similares en los tres biotipos faciales.

Nuestros hallazgos son similares a los de Miner et al.⁶³ donde analizaron 241 CBCT para analizar la dimensión transversal maxilar y mandibular, relacionándola con la inclinación de los primeros molares y la existencia o no de una mordida cruzada. Obtuvieron que, en los grupos sin mordida cruzada se mostraban compensaciones dentarias de convergencia superior o convergencia inferior, determinando que, los pacientes sin mordida cruzada pueden tener una discrepancia transversal importante que justifique un tratamiento ortodóncico.

Lorente P⁷², ya en 2002 determinó que, en las maloclusiones transversales encontramos compensaciones dentoalveolares a nivel del plano frontal. Según este autor y como también menciona Mcnamara⁷¹ debemos descompensar todas aquellas compensaciones dentoalveolares que se han producido antes de iniciar un tratamiento que genere un cambio esquelético transversal.

Estos resultados implican unas consideraciones clínicas de la curva de Wilson. Cuando existe una discrepancia oseodentaria leve o moderada, la cual es susceptible de solventar sin exodoncias, podemos utilizar la expansión dentaria como método coadyuvante. Sin embargo, si existe una inclinación a vestibular aumentada en los molares superiores previa al tratamiento, este procedimiento podría potenciar una futura recidiva. En cambio, en pacientes con inclinaciones más linguales, estaría más indicada la expansión dentoalveolar.

Como hemos comprobado en nuestros resultados, la presencia o no de discrepancia transversal ósea medida en el CBCT implica cambios significativos en las inclinaciones bucolinguales de los molares, no siendo relevante el diferente patrón facial existente. Por ello, se debería siempre considerar un análisis esquelético óseo transversal del paciente previamente a la decisión de expansión ósea o dentoalveolar si queremos obtener una adecuada funcionabilidad de la curva de Wilson al finalizar nuestro tratamiento.

Coskun İ¹²⁹ en 2019 en su estudio sobre la relación de las inclinaciones dentales con la presencia de dehiscencias y fenestraciones óseas ya indicó que “los ortodoncistas debemos considerar los posibles defectos alveolares ocultos en nuestra planificación ortodóncica para evitar riesgos de recesión gingival o movilidad dental”.

El riesgo de pérdida de hueso a nivel horizontal y vertical también se ha analizado en la literatura. Morais et al.¹⁰⁷ determinó una pérdida de hueso a nivel horizontal y vertical sobre la raíz mesio-vestibular de los primeros molares cuando se producían movimientos de expansión con inclinación corono-vestibular.

Además, al aumentar la curva de Wilson tras un tratamiento de expansión maxilar, podemos generar un mayor trauma oclusal donde las fuerzas oclusales no se transmitan verticalmente a lo largo del eje longitudinal del diente (Figura 45 y 47), afectando en la salud periodontal. Incluso, se pueden generar interferencias en el lado de no trabajo durante los movimientos excéntricos (Figura 46) aumentando el riesgo.

Es por tanto de especial importancia, quizás más que la utilización de un dispositivo u otro para llevar a cabo nuestra mecánica, el análisis exhaustivo de la situación previa del paciente mediante un registro de CBCT, donde podamos

visualizar los posibles efectos óseos derivados de nuestros movimientos ortodóncicos planificados.

6.4. INCLINACIÓN AXIAL DE MOLARES Y DISTANCIAS ÓSEAS-GINGIVALES EN LOS DIFERENTES PATRONES FACIALES VERTICALES CON Y SIN DISCREPANCIA TRANSVERSAL ÓSEA

En los objetivos de nuestro se trató de relacionar las mediciones lineales llevadas a cabo desde la estructura radicular sobre la línea WALA-WALA con las inclinaciones bucolinguales. Partíamos del supuesto de que, ante una mayor inclinación a vestibular de los molares, las distancias al WALA óseo vestibular debían ser menores y a nivel palatino/lingual mayores respectivamente.

Para los molares superiores sólo se encontraron correlacionadas de una manera significativa y negativa la distancia desde la raíz palatina a la cortical ósea para el segundo molar superior derecho e izquierdo (27 ósea P y 17 ósea P), de tal forma que ante una mayor inclinación a vestibular la distancia de la raíz a la cortical ósea fue menor (Tabla 10).

En relación a los molares inferiores se encontraron correlaciones significativas y negativas para los segundos molares entre la inclinación bucolingual y la distancia desde la raíz mesiovestibular a la cortical ósea (Tabla 11). A medida que la inclinación bucolingual en mayor, y por tanto el molar está más enderezado, la distancia desde la estructura radicular vestibular y la cortical ósea se vio disminuida.

Estos hallazgos son relevantes y se pueden enlazar con la presencia de discrepancia transversal ósea, donde los valores de inclinación de los molares superiores eran mayores y en los molares inferiores menores. Por tanto, ante un paciente con déficit transversal óseo podemos inferir que las inclinaciones bucolinguales de los molares superiores serán mayores y por tanto la proximidad de la raíz palatina a la cortical ósea a nivel de los segundos molares estará disminuida. Esto podría suponer un mayor riesgo de reabsorción radicular y dehiscencias óseas en el supuesto de que se decidiera llevar a cabo una expansión dentoalveolar para solucionar un problema de discrepancia oseodentaria en un paciente sin mordida cruzada posterior.

A nivel de los molares inferiores, la ausencia de discrepancia transversal ósea conllevó valores de inclinación bucolingual más positivos, con mayor enderezamiento molar a vestibular, por lo que, en los segundos molares inferiores si llevásemos a cabo un movimiento de expansión tendríamos también riesgos de recesiones gingivales por pérdida de cortical vestibular y dehiscencias óseas.

También se buscó la relación entre las mediciones lineales desde la estructura radicular con el patrón facial, con el problema transversal y con la combinación patrón facial-problema transversal. Nuestra hipótesis suponía que, ante un patrón dolicofacial, con unas mayores inclinaciones bucolinguales superiores y menores inferiores tendrían unas menores distancias vestibulares superiores y mayores inferiores. Como se ha comprobado en nuestros resultados no hubo diferencias significativas entre las inclinaciones bucolinguales y los diferentes patrones faciales, pero sí en presencia de discrepancia transversal ósea.

En los molares del primer cuadrante (piezas 1.6 y 1.7) sólo se encontraron diferencias significativas para la distancia desde la raíz palatina del primer molar superior derecho a la cortical ósea siendo la media en los braquifaciales (1,27 mm) mayor que en dolicofaciales (1,06 mm) y mesofaciales (1,03 mm). Los valores de inclinación bucolingual de primer molar superior derecho, a pesar no encontrar diferencias significativas, fueron menores para los patrones braquifaciales ($6,79^\circ$) frente a los $7,91^\circ$ y los $6,82^\circ$ de los dolicofaciales y mesofaciales respectivamente. Estos valores de inclinación podrían justificar que, en los braquifaciales con un primer molar superior derecho más enderezado en su base ósea, tuviesen una mayor distancia desde la estructura radicular palatina a la cortical ósea.

En los molares del segundo cuadrante (piezas 2.6 y 2.7), se encontró diferencias significativas para la distancia del primer molar superior izquierdo desde la estructura radicular de la raíz mesio-vestibular a la cortical ósea (26-ÓSEA MV) de manera que las medias en los patrones mesofacial y braquifacial son algo mayores si hay discrepancia transversal, no ocurriendo esto en los patrones dolicofaciales, donde la media en presencia de problema transversal fue de 1,82 mm y en ausencia de problema transversal fue de 2,12mm. Puesto que las medias para los diferentes patrones fueron similares 2,03mm para los braquifaciales, 1,97 mm para los dolicofaciales y 1,83 mm para los mesofaciales debemos tener en cuenta estos resultados que nos indicarían que el factor "discrepancia transversal" afectó negativamente en los patrones dolicofaciales, ya que reduce la distancia de

la raíz mesiovestibular del segundo molar superior izquierdo a la cortical ósea, aumentando el riesgo periodontal.

Si analizamos los valores de inclinación bucolingual para estos molares (2.6 y 2.7) se observó que fueron mayores en los patrones dolicofaciales, seguidos de los mesofaciales y braquifaciales. Para la pieza 2.6 se encontró una media de 8,98° en dolicofaciales, 7,63° en mesofaciales y 7° en braquifaciales. Para el segundo molar, pieza 2.7, los valores de inclinación bucolingual fueron de 15,05° en dolicofaciales, 14,94° en mesofaciales y 12,97° en braquifaciales. Lo anteriormente expuesto nos indica la relevancia del análisis transversal como determinante de la influencia en la mayor o menor proximidad de las raíces a corticales óseas, algo que no ocurre con el factor patrón facial vertical exclusivamente.

Respecto a las distancias de la raíz palatina del primer molar superior izquierdo a la cortical ósea y gingival (26-ÓSEA P y 26-GINGIVAL P) no se encontraron diferencias significativas en los diferentes patrones faciales, pero sí con la presencia o no de discrepancia transversal ósea de manera que tanto la media de 26-ÓSEA P (2,62 mm vs 1,72 mm) como la de 26-GINGIVAL P (4,99 mm vs 3,75 mm) fueron mayores si había problema transversal. También se encontraron diferencias en la combinación discrepancia-patrón facial para la distancia 26-ÓSEA P, donde las medias en los patrones mesofaciales (2,99 mm vs 1,43 mm) y braquifacial (2,67 mm vs 1,29 mm) son mayores con problema transversal, no ocurriendo lo mismo con los dolicofaciales, en los que la media en presencia de problema transversal fue menor 2,21 mm frente a 2,44 mm en ausencia de problema transversal. Esto comporta que, en los pacientes dolicofaciales con problema transversal tenemos mayor proximidad de la raíz palatina del segundo molar superior izquierdo a la cortical ósea, siendo perjudicial para las necesidades de expansión dentoalveolar. Esta situación fue contraria para los pacientes mesofaciales y braquifaciales, donde la presencia de discrepancia transversal no implicó menores distancias para esta raíz, incluso se obtuvieron valores mayores, por lo que la capacidad de compensación dentoalveolar en estos patrones se vería favorecida. Los menores valores de inclinación bucolingual que presentaron los patrones mesofaciales y braquifaciales para la pieza 2.6 respaldarían estas apreciaciones.

Ya que todos los valores de medición lineal respecto a la raíz distovestibular de la pieza 1.6 y 2.6 fueron mayores que los de la raíz mesiovestibular (Tablas 12 y

13) habría que prestar especial atención en estas medidas (raíz mesiovestibular) por su proximidad al WALA óseo, estableciendo un límite de movimiento a vestibular.

Si analizamos los valores en detalle, sin diferencias estadísticamente significativas, las medidas lineales al WALA óseo para la raíz mesiovestibular de la pieza 1.6 las distancias eran menores en los patrones dolicofaciales (1,36 mm) que en braquifaciales (1,57 mm) y mesofaciales (1,53 mm) y esta distancia se vio poco influenciada por la presencia del problema transversal de tal forma que en los dolicofaciales con problema transversal los valores lineales fueron 1,03 mm frente a 1,09 mm sin problema transversal. No obstante, para la pieza 2.6 si hubo una mayor influencia del problema transversal obteniendo unas medidas de 1,82mm cuando existía problema transversal en los dolicofaciales frente a 2,12 mm de media cuando no había problema transversal. Debemos tener en consideración que los valores de inclinación vestibular podrían influir en estos datos, ya que se observó cómo los valores de inclinación para el patrón dolicofacial son más elevados que en el resto de patrones en presencia de discrepancia transversal (Figura 99).

Respecto a la pieza 1.7, también se obtuvieron valores inferiores en dolicofaciales para la raíz MV (2,38 mm) frente a 2,44 mm y 2,54 mm de braquifaciales y mesofaciales respectivamente, no ocurriendo esto para el 2.7 donde los valores más disminuidos se encontraron en mesofaciales (2,23 mm) frente a 2,3 mm de braquifaciales y 2,34 mm de dolicofaciales. Analizando la discrepancia transversal entre patrones para esta raíz se observó que en dolicofaciales tanto en 1.7 y 2.7 con presencia de discrepancia los valores fueron menores (2,34 y 2,25mm) frente a 2,43 mm y 2,43 mm en ausencia de discrepancia. Esto, junto a lo obtenido para 1.6 y 2.6, sugiere que en los patrones dolicofaciales donde las distancias estarían reducidas con el consiguiente riesgo periodontal, debemos tener especial atención a la existencia o no de discrepancia transversal ya que podría reducir todavía más nuestro "margen" de expansión o cambio rotacional.

Los valores de proximidad de la raíz mesiovestibular al WALA óseo se pueden ver influenciado no solo por la posición vestibular-lingual del molar sino también por la rotación molar existente. Si un molar presentase una mayor rotación mesiovestibular podría suponer una menor distancia de la raíz MV al WALA óseo, pero si por el contrario la rotación del molar fuese mesiopalatina esta distancia sería mayor, independientemente de su posición más o menos vestibular. Con el objetivo

de limitar este efecto en nuestro estudio se estableció como criterio de exclusión sujetos que hubiesen tenido un tratamiento ortodóncico previo.

En los molares del tercer cuadrante se encontró una relación estadísticamente significativa entre las mediaciones lineales desde la porción radicular lingual de la raíz mesial del primer molar inferior izquierdo a la cortical ósea y gingival (36-ÓSEA L y 36-GINGIVAL L) y el patrón facial, de tal modo que la media en braquifacial fue mayor que en dolicofacial (la media en mesofacial fue estadísticamente igual a la media en dolicofacial y en braquifacial). La media para la distancia 36-ÓSEA L en braquifaciales fue de 2,8 mm frente a los 2,45 mm de mesofaciales y 2,21 mm de dolicofaciales. Al analizar los valores de inclinación bucolingual se obtuvieron unos valores medios de $-17,04^\circ$ en dolicofaciales frente a $-16,06^\circ$ en braquifaciales y $-15,65^\circ$ en mesofaciales. Los valores de inclinación no reflejaron diferencias estadísticamente significativas, pero sí mostraron que la pieza 3.6 se mostró más inclinada a lingual en patrones dolicofaciales, frente a un mayor enderezamiento o inclinación a vestibular en braquifaciales y mesofaciales respectivamente. Resulta lógico pensar que esa mayor inclinación a lingual en los patrones dolicofaciales implicase una menor distancia desde la superficie radicular a la cortical ósea lingual y gingival. No se encontró diferencias respecto a estas medidas en presencia o no de discrepancia transversal ni para la combinación patrón-discrepancia.

Para el segundo molar inferior izquierdo (pieza 3.7), se encontraron diferencias significativas para la distancia lineal desde la porción radicular vestibular de la raíz mesial del segundo molar inferior izquierdo a la cortical ósea (37-ÓSEA V) y la combinación “patrón facial-discrepancia transversal” de manera que, las medias de 37-ÓSEA V fueron mayores si había discrepancia para braquifacial (3,7 mm vs 2,38 mm), menores para dolicofacial (2,37 mm vs 3,29 mm) e iguales para mesofacial (3,16 mm vs 2,9 mm). Estos resultados nos indicarían que, en presencia de una discrepancia transversal ósea sin mordida cruzada posterior, para la pieza 3.7 en los patrones braquifaciales tendríamos mayor capacidad de “descompensación” o inclinación a vestibular que en los patrones dolicofaciales donde la distancia estaría más reducida. Esto junto con la reducida distancia de la distancia 26-ÓSEA MV en patrones dolicofaciales con discrepancia transversal pone de manifiesto la escasa tolerabilidad a la expansión dentoalveolar en estos pacientes.

En el primer molar inferior derecho, la medida lineal desde la porción radicular de la raíz mesial a la porción gingival (46-GINGIVAL V) dio una media mayor en los braquifaciales (2,12 mm) que en dolicofaciales (1,79 mm) ($p=0,03$). En la combinación “patrón facial-discrepancia transversal” también se encontraron diferencias significativas para la distancia lineal desde la porción radicular de la raíz mesial a la porción ósea (46-ÓSEA V) ($p=0,016$), donde las medias fueron menores si había discrepancia en dolicofaciales (0,79 mm vs 1,04 mm) y mesofaciales (0,87 mm vs 1,25 mm) mientras que para braquifaciales fueron mayores si había discrepancia transversal (1,31 mm vs 1,06 mm). Los valores de inclinación bucolingual de la pieza 4.6 mostraron unos resultados muy similares en los tres patrones, $-14,98^\circ$ para mesofaciales, $-14,40^\circ$ en dolicofaciales y $-13,02^\circ$ en braquifaciales. Estos valores de distancias reducidas a la cortical vestibular en dolicofaciales y aumentadas en braquifaciales cuando existe un problema transversal serían beneficiosas para estos últimos ya que en muchas ocasiones, en presencia de discrepancia oseodentaria negativa o corredores bucales negros, derivados de la discrepancia transversal ósea, se llevan a cabo tratamientos de expansión superior con torques más positivos, lo que conllevaría a un enderezamiento con volcamiento a vestibular de molares inferiores. Al presentar los pacientes braquifaciales un mayor “margen” óseo deberíamos plantearnos la influencia de ambos factores patrón-discrepancia en nuestro diagnóstico previo.

Se encontró también relación entre el patrón y la distancia lineal desde la porción radicular de la raíz mesial a la porción ósea lingual para el primer molar inferior derecho (46-ÓSEA L). La media en braquifacial fue mayor que en dolicofacial, 2,83 mm frente a 2,28 mm ($p=0,045$). Al encontrarnos con valores de inclinación bucolingual de $-14,40^\circ$ en dolicofaciales y $-13,02^\circ$ en braquifaciales para la pieza 4.6 podemos pensar que, aunque las diferencias son muy reducidas, el mayor grado de enderezamiento molar en los braquifaciales podría indicar los valores aumentados respecto a las mediciones lineales en la porción lingual (46-ÓSEA L). Para este molar nuestros resultados no mostraron diferencias significativas según presencia o no de discrepancia ni la combinación patrón-discrepancia.

En relación al segundo molar inferior derecho (pieza 4.7) las distancias lineales vestibulares y linguales fueron similares entre los patrones faciales. Los valores medios para la distancia desde la porción radicular de la raíz mesial a la

porción ósea vestibular (47-ÓSEA V) fueron 3,47 mm para mesofaciales, 3,37 mm para braquifaciales y 3,24 mm para dolicofaciales. Para las distancias a la porción lingual (47-ÓSEA L) los valores medios fueron 2,76 mm en mesofaciales, 2,8 mm en dolicofaciales y 3,1 mm en braquifaciales. Estas distancias similares tanto en vestibular como en lingual son consistentes a los valores de inclinación bucolingual, que también resultaron semejantes $-16,18^\circ$ para mesofaciales, $-16,35^\circ$ para dolicofaciales y $-17,13^\circ$ para braquifaciales.

Cuando se analizan los valores medios de las mediciones lineales en los molares inferiores (Tablas 14 y 15) se observó, sin diferencias significativas, como la distancia de la raíz mesial al WALA óseo vestibular para patrones dolicofaciales fueron menores tanto para 3.6 como 4.6 respecto a los demás patrones. Para 3.6 fue de 0,91 mm frente a 1,02 mm de braquifaciales y 1 mm en mesofaciales; y para 4.6 fue de 0,92 mm frente a 1,19 mm y 1,06 mm respectivamente.

Como anteriormente, también se comprobó su relación con el problema transversal, y se observaron también pequeñas variaciones en su presencia. Así pues, en dolicofaciales sin problema transversal la distancia todavía fue menor 0,86 mm frente a 0,96 mm en la pieza 3.6 y 0,79 mm frente a 1,04 mm en la 4.6.

En los pacientes braquifaciales también se encontraron resultados disminuidos en ausencia de discrepancia transversal para ambos molares, no ocurriendo esto en mesofaciales. Estos datos podrían explicarse con la mayor o menor inclinación de los molares inferiores en presencia de discrepancia. Para dolicofaciales y braquifaciales en ausencia de discrepancia transversal se encontraron valores de inclinación molar más enderezados (Figura 100) que podría explicar una menor distancia al WALA óseo de esta raíz, algo que no ocurrió en mesofaciales.

A nivel de las raíces linguales, podríamos pensar que, ante un problema transversal donde las inclinaciones bucolinguales de los molares inferiores se vuelven más negativas (Figura 100), las distancias lineales desde la superficie radicular a nivel óseo sobre la línea WALA-WALA debería ser menores. Esto solo ocurrió en la pieza 3.6 para los patrones braquifaciales y dolicofaciales, y para el 4.6 en braquifaciales y mesofaciales.

Para el segundo molar inferior, tanto 3.7 como 4.7, todos los valores fueron mayores que para el primer molar, por lo que se extrae que pueden albergar mayor

capacidad de compensación dentaria con menos efectos deletéreos. Sin embargo, también ocurrió lo mismo que para el primer molar, se observó como la distancia de la raíz mesial al WALA óseo vestibular en patrones dolicofaciales fueron menores tanto para 3.7 como 4.7 respecto a los demás patrones. En 3.7 fue de 2,83 mm en dolicofaciales frente a 3,03 mm en braquifaciales y 3,04 mm en mesofaciales; para el 4.7 fue de 3,24 mm frente a 3,37 mm y 3,47 mm en braquifaciales y mesofaciales respectivamente.

Si ahondamos en el problema transversal por patrones, para 3.7 y 4.7 los braquifaciales y mesofaciales en presencia de discrepancia transversal obtuvieron unos valores vestibulares a WALA óseo mayores que en ausencia de problema transversal, no ocurriendo esto en dolicofaciales. Se esperaría que para unos valores mayores en vestibular se encontrasen unos valores disminuidos en lingual, algo que solo ocurrió para los braquifaciales. Cuando se describieron los datos de inclinación bucolingual de 3.7 y 4.7 se encontraron valores más lingualizados o más negativos en presencia de discrepancia transversal, por lo que esto podría relacionarse con lo ocurrido respecto a las distancias vestibulares de braquifaciales y mesofaciales.

Sendyk et al.⁹⁴ realizó en 2017 un estudio sobre CBCT buscando la relación entre la inclinación bucolingual de los dientes con un mayor o menor espesor óseo, comparando sujetos clase III con sujetos con oclusión normal sin tratamiento ortodóncico previo. Llevó a cabo mediciones lineales del espesor óseo a diferentes niveles desde la unión amelocementaria (3, 6 y 8 mm en dirección apical). Encontró que, a los 3 mm, todos los espesores promedio fueron estadísticamente menores en los pacientes clase III, y a los 8 mm la mayoría de los espesores presentaron unos valores inferiores en los pacientes clase III. Respecto a la correlación entre las inclinaciones bucolinguales y el grosor alveolar se encontraron débiles correlaciones en ambos grupos, indicando que existe un proceso natural de desarrollo compensatorio donde el grosor de hueso alveolar se adapta a las inclinaciones bucolinguales, incluso cuando estas son muy marcadas.

Se encontraron pocas correlaciones estadísticamente significativas entre los espesores alveolares y las inclinaciones dentarias en los sujetos clase III, siendo la mayoría en los dientes de la arcada mandibular⁹⁴.

Estos resultados no corroboran los encontrados por Yamada et al.¹⁷⁷ y Yu et al.¹⁷⁸ en la región incisiva, los cuales sugirieron que la morfología del hueso alveolar

se vio influenciada por la inclinación de los dientes. Sin embargo, Lee et al.¹⁷⁹ no indicaron una correlación estadísticamente significativa entre la inclinación de los incisivos inferiores y el cambio del hueso alveolar.

La mayor o menor efectividad biológica que experimenta el hueso alveolar en relación a su capacidad de remodelado se basa en la necesidad del ligamento periodontal de mantener su anchura sin sufrir cambios.

Maspero et al.¹⁷⁵ analizaron, en sujetos clase I de Angle, la correlación existente entre los cambios bucolinguales y el remodelado óseo alveolar después del tratamiento ortodóncico. Sus resultados mostraron que la remodelación ósea más relevante se produjo en la región anterior mandibular. También encontraron una correlación significativa entre los cambios bucolinguales y el espesor óseo para los incisivos superiores e inferiores y los caninos maxilares después del tratamiento con ortodoncia fija. Al igual que Zhou et al.¹⁸⁰, determinó que existía una correlación significativa entre el cambio de torque y el espesor de hueso vestibular a nivel del ápice de las raíces de los dientes anteriores. Sin embargo, la reabsorción ósea fue limitada cuando los cambios de torque eran de poca magnitud, de unos $\pm 5^\circ$, siendo más pronunciada cuando los cambios angulares fueron mayores a $+ 5$ o $- 5^\circ$.

En un estudio CBCT a nivel de los incisivos superiores, Tian et al.¹⁸¹ midió el grosor del hueso alveolar alrededor de los incisivos superiores. Dividió su muestra de 45 sujetos en 3 grupos, según la inclinación de los incisivos superiores (lingualizado, normal o proinclinado respecto al plano palatino). Encontró que los incisivos centrales superiores con inclinación lingual tenían un menor espesor óseo a nivel del ápice de la raíz y una mayor frecuencia de defectos óseos alveolares que los incisivos centrales superiores con inclinación normal. Además, determinó que la cortical ósea a nivel marginal era muy delgada en estos incisivos.

Gaffuri et al.¹⁸² analizando los espesores óseos (vestibulares y platinos/linguales) a nivel de los incisivos superiores e inferiores manifestó que los sujetos hiperdivergentes presentaban hueso alveolar más delgado en el maxilar anterior y en casi todos los sitios de la mandíbula y que los odontólogos y en general los ortodoncistas debíamos ser conscientes de la posibilidad de corticales óseas delgadas en pacientes hiperdivergentes, lo que reduce los movimientos anteroposteriores si queremos evitar la fenestración y la dehiscencia.

Masumoto et al.¹⁷⁴ realizaron un estudio sobre cráneos secos de hombres japoneses “modernos” del Museo de la Universidad de Tokio. Fueron sujetos con oclusión normal, una discrepancia oseodentaria mínima y sin mordida cruzada ni asimetría facial. Evaluaron las relaciones entre diferentes tipos faciales, la inclinación molar bucolingual y el grosor del hueso cortical a nivel mandibular. Encontraron que el grosor del hueso cortical de las secciones del primer molar (M1) y (M2) (M1 y M2 se definieron pasando por el punto medio del ancho de la corona mesiodistal, y el punto medio entre ambos puntos medios a un tercio de la distancia desde el ápice de la raíz de las raíces mesial y distal), (Figura 118) fue mayor en sujetos de cara corta que en sujetos de cara media y larga, los cuales además presentaron inclinaciones bucolinguales más negativas o lingualizadas.

Los resultados de este estudio aportan evidencia de que el grosor del hueso cortical bucal estaría asociado con el biotipo facial. Un hueso cortical vestibular más grueso se asocia con un ángulo gonial y un ángulo del plano mandibular más pequeños.

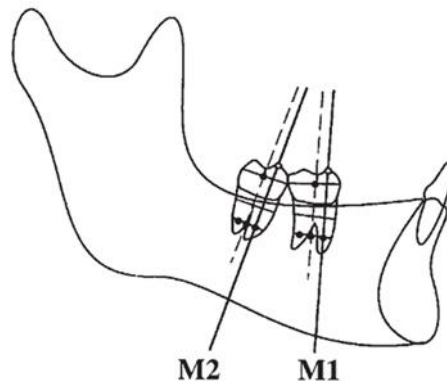


Figura 118. Determinación de M1 y M2. Fuente: Masumoto et al.¹⁷⁴.

En la literatura se ha analizado el espesor de las corticales óseas en los diferentes patrones faciales, relacionándolo con el riesgo de fenestraciones, dehiscencias e incluso el éxito o fracaso de los microtornillos. Ozdemir et al.¹²⁵ realizó sobre 155 pacientes adultos (20-45 años) un estudio basado en CBCT, donde midió el grosor de las corticales vestibulares del maxilar superior e inferior y palatinas del maxilar superior. Encontraron que, los pacientes dolicofaciales tenían valores de espesor significativamente más bajos que los pacientes braquifaciales, tanto maxilares como mandibulares. Las medidas de espesor cortical vestibular, tanto maxilar como mandibular, mostraron un patrón similar; los valores más bajos

fueron para el grupo dolicofacial, seguido del grupo mesofacial; los valores más altos se midieron en los pacientes braquifaciales.

Sadek et al.¹²⁷ también analizó las dimensiones alveolares y esqueléticas entre sujetos con diferentes biotipos faciales verticales utilizando CBCT. Realizaron mediciones de la altura y el grosor alveolar en toda la región de soporte alveolar de los dientes. Indicaron que el grupo dolicofacial tuvo una mayor altura dentoalveolar anterior sin diferencias significativas en la altura alveolar posterior, tanto en el maxilar como en la mandíbula. Además, el grupo dolicofacial, respecto al espesor óseo, presentó alvéolos más delgados en la región anterior del maxilar y en casi todos los lugares de la mandíbula.

Igualmente, Eraydin et al.¹²⁸ en su estudio sobre incisivos mandibulares comparó el espesor de hueso alveolar a tres niveles en los diferentes patrones verticales y los relacionó con el patrón sagital. Encontró que en los sujetos clase I el espesor óseo no se veía influenciado por el patrón vertical, a excepción de la porción apical. En los pacientes clase II esquelética dolicofaciales se encontró un escaso espesor óseo a nivel lingual, que limita la proinclinación de incisivos. Además, determinaron que el grosor óseo era deficiente también en vestibular en los sujetos clase II, independientemente del patrón vertical.

Otros estudios¹²⁶, que también relacionaron el espesor y la altura alveolar anterior de los incisivos inferiores, con el patrón sagital y vertical, determinaron que la relación esquelética sagital no mostró influencia en el espesor o altura alveolar, aún en presencia de compensación dentaria. Respecto a la influencia del patrón vertical, los individuos hiperdivergentes mostraron espesores y alturas alveolares menores que los individuos hipodivergentes.

Horner et al.⁹⁵ midieron el grosor del hueso cortical vestibular y lingual en dieciséis sitios interradiculares del maxilar y la mandíbula (Figura 119). Los pacientes hipodivergentes tenían corticales vestibulares significativamente más gruesas. Además, la cortical lingual del maxilar también era significativamente más gruesa en los sujetos hipodivergentes que en los hiperdivergentes. El espesor de la cresta alveolar fue significativamente mayor en todos los sitios de la mandíbula, y en los 2 sitios anteriores del maxilar, en los pacientes hipodivergentes. El grosor medular fue significativamente mayor solo a nivel mandibular en hipodivergentes entre los primeros molares y los segundos premolares, y entre los primeros y segundos premolares. El hueso cortical vestibular fue significativamente más

grueso que el hueso cortical lingual en la mandíbula, y el hueso lingual resultó significativamente más grueso en el maxilar.

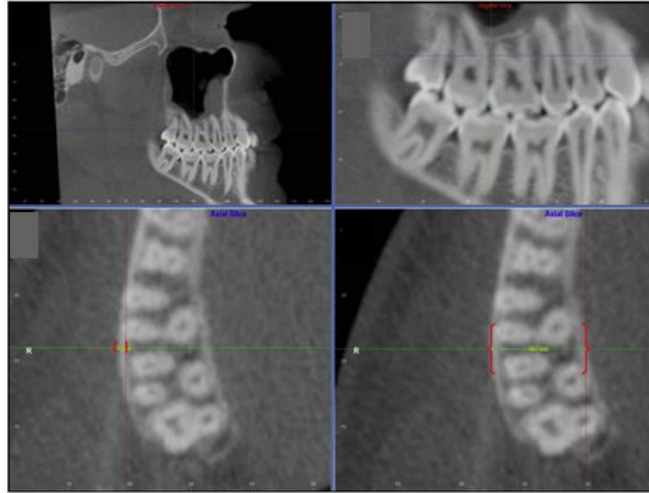


Figura 119. Medición de espesor medular y cortical. Fuente: Horner et al.⁹⁵.

La relación de espesor óseo y corticales se ha comparado entre sexos y edades. Schneider et al.¹⁸³, analizó el grosor y densidad en cuatro áreas interdentes diferentes desde la región distal del canino hasta la región mesial del segundo molar en el maxilar y la mandíbula, comparando los resultados entre sexo, estado de crecimiento y biotipo facial. En cada zona, se midió el grosor y la densidad ósea a distancias de 2, 6 y 10 mm de la cresta alveolar. No encontraron diferencias significativas en la comparación por sexos, aunque la densidad ósea cortical bucal fue mayor en mujeres que en hombres. Respecto a los sujetos sin crecimiento, la densidad ósea fue mayor que los que estaban en crecimiento activo. Para los biotipos faciales los parámetros óseos fueron similares.

6.5. INCLINACIÓN AXIAL DE MOLARES Y DISTANCIAS GINGIVALES EN LOS DIFERENTES PATRONES FACIALES VERTICALES CON Y SIN DISCREPANCIA TRANSVERSAL ÓSEA

La superposición del CBCT al STL nos permitió hacer mediciones hasta la porción gingival vestibular y palatina/lingual. Utilizando exclusivamente el CBCT Germana et al.¹⁸⁴ desarrolló un método para determinar el espesor gingival y la distancia a la cresta alveolar. El método de superposición CBCT-STL ya ha sido

utilizado en la literatura para hacer mediciones del espesor óseo y gingival¹⁸⁵ (Figura 120).

Las mediciones obtenidas en nuestro estudio se compararon entre los diferentes patrones faciales con y sin discrepancia. Como se ha expuesto anteriormente no se encontraron diferencias significativas salvo para 36-GINGIVAL L y el patrón facial, de tal modo que la media en braquifacial fue mayor que en dolicofacial (la media en mesofacial fue estadísticamente igual a la media en dolicofacial y en braquifacial). En 46-GINGIVAL V dio una media mayor en los braquifaciales que en dolicofaciales ($p=0,03$).

Existen muy pocos estudios que analicen el fenotipo gingival con el biotipo facial. Moussa Assiri et al.¹⁸⁶ en 2019 realizaron esta investigación, buscando la asociación entre los diferentes fenotipos gingivales (fino y grueso) con los patrones faciales (mesofacial, dolicofacial y braquifacial). Encontraron una relación significativa entre la presencia de un biotipo gingival delgado y el patrón mesofacial, concluyendo que los pacientes mesofaciales tendrían mayor probabilidad de tener un biotipo gingival delgado. En nuestro estudio no se encontraron asociaciones significativas entre la mayor o menor distancia al tenido gingival entre los diferentes patrones faciales.

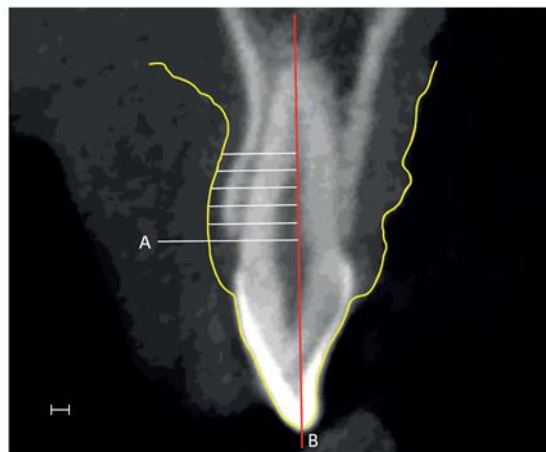


Figura 120. Mediciones de espesor gingival utilizando superposición CBCT y modelo digital (STL). Fuente: Kim et al.¹⁸⁵.

La mayor o menor inclinación vestibular de los dientes también se podría relacionar con el biotipo gingival o el espesor gingival. Zawawi et al.¹⁸⁷ encontraron que los incisivos mandibulares proinclinados y protruidos se asociaban a un

biotipo gingival fino. En nuestro estudio, se encontró una mayor inclinación a vestibular de los molares superiores en presencia de discrepancia transversal ósea, tanto individualmente como al analizarlo en los diferentes patrones faciales. Sin embargo, esto no supuso unas menores distancias a la porción gingival. A nivel de los molares inferiores, las compensaciones dentarias de mayor inclinación lingual tampoco implicaron diferencias significativas respecto a estas medidas.

VII – CONCLUSIONES

VII - CONCLUSIONES

1. No existen diferencias significativas entre las inclinaciones bucolinguales de los molares superiores e inferiores y los diferentes patrones faciales verticales.
2. Los molares superiores tienden a inclinarse, con diferencias significativas, más a vestibular y los inferiores más a lingual en presencia de discrepancia transversal ósea maxilo-mandibular.
3. La presencia de discrepancia transversal en los diferentes patrones faciales implica, sin diferencias significativas, molares superiores más inclinados a vestibular e inferiores más a lingual siendo especialmente notorio en los morales superiores para los pacientes dolicofaciales.
4. Una mayor inclinación a vestibular de los segundos molares superiores implica una menor distancia de la raíz palatina a la cortical ósea.
5. En los segundos molares inferiores, un mayor enderezamiento del molar (inclinación bucolingual más positiva), supone una menor distancia a la cortical ósea vestibular a nivel de la raíz mesial.
6. En los pacientes braquifaciales existe mayor distancia desde la raíz palatina a la cortical ósea para primer y segundo molar superior derecho (1.6 y 1.7), para el primer molar inferior izquierdo (3.6) a nivel de la porción radicular lingual.
7. En los pacientes dolicofaciales con problema transversal las distancias a las corticales óseas de la raíz mesiovestibular y palatina de primer molar superior derecho (2.6), junto con las raíces vestibulares de primer molar inferior derecho (4.6) y segundo molar inferior izquierdo (3.7) fueron menores que en el resto de patrones verticales.

8. No se encontraron diferencias significativas entre las distancias al tejido gingival vestibular y platino/lingual entre los diferentes patrones faciales y la presencia/ausencia de discrepancia transversal ósea, salvo para 36-gingial L y 46-gingival V donde fue mayor en braquifaciales que en dolicofaciales.

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de este estudio fueron varias:

- ✓ Hay factores que no se han tenido en cuenta como la relación sagital ósea y dental (clase I, Clase II y Clase III) y la presencia o no de apiñamiento moderado- severo.
- ✓ No se ha llevado a cabo un estudio de validación del método previamente, comparando los resultados con métodos de análisis con CBCT exclusivamente.
- ✓ La usencia de análisis del error interexaminador
- ✓ Uso de las imágenes del CBCT tomadas mediante el programa de adquisición de los archivos DICOM “estándar” y no con el de “alta definición”, que mejoraría la visualización de estructuras, pero irradiando más al paciente.
- ✓ El tamaño muestral no definido por sexos y edades previamente que tuvieron que ser ajustados a posteriori en los Manova.

Sería aconsejable para futuras líneas de investigación la realización de estudios prospectivos en adultos con mayores tamaños muestrales, con homogeneidad muestral en las maloclusiones dentarias y considerando las características sagitales, transversales y verticales por separado. Además de estudios de validación de la metodología comparando los resultados con análisis de CBCT exclusivamente.

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**Bibliografía**

1. Bravo LA. Manual de Ortodoncia. Madrid. Ed Síntesis; 2003.
2. Angle EH. Classification of malocclusion. Dent Cosmos 1899; 41: 248-264, 350-357.
3. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 1972;62(3):296–309.
4. Custodio W, Gomes SG, Faot F, Garcia RC, Del Bel Cury AA. Occlusal force, electromyographic activity of masticatory muscles and mandibular flexure of subjects with different facial types. J Appl Oral Sci 2011;19(4):343-9.
5. Abu Alhajja ES, Al Zo'ubi IA, Al Rousan ME, Hammad MM. Maximum occlusal bite forces in Jordanian individuals with different dentofacial vertical skeletal patterns. Eur J Orthod 2010; 32(1):71-7.
6. Jeffrey P. Okeson. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. 7a ed. Barcelona: Elsevier Mosby; 2013.
7. Janson G, Bombonatti R, Cruz KS, Hassunuma CY, Del Santo M. Buccolingual inclinations of posterior teeth in subjects with different facial patterns. Am J Orthod Dentofac Orthop 2004;125(3):316–22.
8. Eraydin F, Cakan DG, Tozlu M, Ozdemir F. Evaluation of buccolingual molar inclinations among different vertical facial types. Korean J Orthod 2018;48(5):333–8.

9. Ferreira MC, Freitas KMS De, Herrera-Sanches FS, et al. Evaluation of Mandibular First Molars' Axial Inclination and Alveolar Morphology in Different Facial Patterns: A CBCT Study. *Eur J Dent* 2020;14(2):250–9.
10. Badiie M, Ebadifar A, Sajedi S. Mesiodistal angulation of posterior teeth in orthodontic patients with different facial growth patterns. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2019;13(4):267-273.
11. Spee FG: *Prosthetic Dentistry*. Ed 4. Chicago; 1928: 49-54.
12. Yang B, Chung CH. Buccolingual inclination of molars in untreated children and adults: A cone beam computed tomography study. *Angle Orthod* 2019;89(1):87–92.
13. Sayania B, Merchant M, Josephs P, Chung CH. Changes in the buccolingual inclination of first molars with growth in untreated subjects: A longitudinal study. *Angle Orthod* 2017;87(5):681–7.
14. Barrera JM, Llamas JM, Espinar E, Sáenz-Ramírez C, Paredes V, Pérez-Varela JC. Wilson maxillary curve analyzed by CBCT. A study on normocclusion and malocclusion individuals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013;18(3):547-52.
15. GH W. *A manual of Dental Prosthetics*. Philadelphia: Lea & Febi; 1911.
16. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Serrao G, Colombo A. Three-dimensional dental arch curvature in human adolescents and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115(4):401–5.
17. Bonwill WGA: *Geometrical and mechanical laws of articulators: anatomical articulation*. *Trans Odontol Soc Pennsylvania* 1885:119-133.
18. Monson GS: *Applied mechanics to the theory of mandibular movements*. *Dent Cosmos* 1932; 74:1039-1053.

19. Kanavakis G, Mehta N. The role of occlusal curvatures and maxillary arch dimensions in patients with signs and symptoms of temporomandibular disorders. *Angle Orthod* 2014;84(1):96–101.
20. Marshall SD, Caspersen M, Hardinger RR, Franciscus RG, Aquilino SA, Southard TE. Development of the curve of Spee. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008;134(3):344–52.
21. Shannon KR, Nanda RS. Changes in the curve of Spee with treatment and at 2 years posttreatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;125(5):589–96.
22. Osborn JW. Orientation of the masseter muscle and the curve of Spee in relation to crushing forces on the molar teeth of primates. *Am J Phys Anthropol* 1993; 92: 99- 106.
23. American Board of Orthodontics. Grading system for dental casts and panoramic radiographs.
24. Marshall S, Dawson D, Southard KA, Lee AN, Casco JS, Southard TE. Transverse molar movements during growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124(6):615–24.
25. Ferrario VF, Sforza C, Colombo A, Ciusa V, Serrao G. Three-dimensional inclination of the dental axes in healthy permanent dentitions--A cross-sectional study in a normal population. *Angle Orthod* 2001;71(4):257–64.
26. Grosso DLE, Rutledge M, Rinchuse DJ, Smith D, Zullo T. Grosso LE, Rutledge M, Rinchuse DJ, Smith D, Zullo T. Buccolingual inclinations of maxillary and mandibular first molars in relation to facial pattern. *Orthod Pract* 2012;5 (2):43-8.
27. Ross VA, Isaacson RJ, Germane N, Rubenstein LK. Influence of vertical growth pattern on faciolingual inclinations and treatment mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98(5):422–9.

28. Mitra S, Ravi MS. Evaluation of buccolingual inclination of posterior teeth in different facial patterns using computed tomography. *Indian J Dent Res* 2011;22(3):376–80.
29. Kasai K, Kawamura A. Correlation between buccolingual inclination and wear of mandibular teeth in ancient and modern Japanese. *Arch Oral Biol* 2001;46(3):269–73.
30. Shu R, Han X, Wang Y, et al. Comparison of arch width, alveolar width and buccolingual inclination of teeth between Class II division 1 malocclusion and Class I occlusion. *Angle Orthod* 2013;83(2):246–52.
31. Hwang S, Choi YJ, Jung S, Kim S, Chung CJ, Kim KH. Posterior dental compensation and occlusal function in adults with different sagittal skeletal malocclusions. *Korean J Orthod* 2020;50(2):98–107.
32. Golshah A, Rezaei N, Heshmati S. Buccolingual Inclination of Canine and First and Second Molar Teeth and the Curve of Wilson in Different Sagittal Skeletal Patterns of Adults Using Cone-Beam Computed Tomography. *Int J Dent* 2020; 2020.
33. Seligman DA, Pullinger AG. The role of intercuspatal occlusal relationships in temporomandibular disorders: a review. *J Craniomandib Disord* 1991;5(2):96-106.
34. Ito H, Okimoto K, Mizumori T, Terada Y, Maruyama T. A clinical study of the relationship between occlusal curvature and craniomandibular disorders. *Int J Prosthodont* 1997;10(1):78-82.
35. William R. Proffit, Henry W. Fields DMS. Bases biológicas del tratamiento ortodóncico. En: *Ortodoncia Contemporánea* 4a ed. Barcelona: Elsevier Mosby; 2008:331–58.
36. Chan HJ, Woods M, Stella D. Mandibular muscle morphology in children with different vertical facial patterns: A 3-dimensional computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133(1):10. e1-13.

37. Farella M, Bakke M, Michelotti A, Rapuano A, Martina R. Masseter thickness, endurance and exercise-induced pain in subjects with different vertical craniofacial morphology. *Eur J Oral Sci* 2003;111(3):183–8.
38. Pepicelli A, Woods M, Briggs C. The mandibular muscles and their importance in orthodontics: A contemporary review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2005;128(6):774–80.
39. Gregoret J. Ortodoncia y cirugía ortognática, diagnóstico y planificación. 1st ed. Barcelona: Espaxs; 1997.
40. Proffit WR, Fields HW, Nixon WL. Occlusal forces in normal- and long-face adults. *Journal of Dental Research* 1983; 62: 566 – 570.
41. Ronay V, Miner RM, Will LA, Arai K. Mandibular arch form: The relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008;134(3):430–8.
42. Angle EH. Bone-growing. *Dent Cosmos* 1910; 52:261-267.
43. William R. Proffit, Henry W. Fields DMS. Ortodoncia Contemporánea 4a ed. Barcelona: Elsevier Mosby; 2008:331–58.
44. Axel F. Lundström. Malocclusion of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base. *Inter J Orthod* 1925; 11: 1022-1042.
45. Tweed CH. Clinical orthodontics. Vol. 1. St Louis: Mosby; 1966.
46. Begg PR. Begg orthodontic theory and technique. Philadelphia: Saunders; 1965.
47. Little RM. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: University of Washington studies. *Semin Orthod* 1999;5(3):191–204.

48. Damon DH. Treatment of the face with biocompatible orthodontics. In: Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KW. *Orthodontics: current principles and techniques*. 4th ed. St Louis: Elsevier-Mosby; 2005: 753-832.
49. Ackerman JL, Proffit WR. Soft tissue limitations in orthodontics: Treatment planning guidelines. *Angle Orthod* 1997;67(5):327-336.
50. Andrews LF, Andrews WA. The six elements of orofacial harmony. *Andrews J* 2000; 1:13-22.
51. Andrews LF. The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015;148(6):883-7.
52. Ball RL, Miner RM, Will LA, Arai K. Comparison of dental and apical base arch forms in Class II Division 1 and Class I malocclusions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010;138(1):41-50.
53. Triviño T, Siqueira DF, Andrews WA. Evaluation of distances between the mandibular teeth and the alveolar process in Brazilians with normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(3): 308.e1-4; discussion 308-9.
54. Lee SJ, Lee S, Lim J, Park HJ, Wheeler TT. Method to classify dental arch forms. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;140(1):87-96.
55. Zou W, Wu JQ, Jiang JH, Xu TM, Li CY. Archform comparisons between skeletal class II and III malocclusions. *PLoS One* 2014;9(6):1-7.
56. Howes AE. A polygon portrayal of coronal and basal arch dimensions in the horizontal plane. *Am J Orthod* 1954;40(11):811-31.
57. Tweed CH. A philosophy of orthodontic treatment. *Am J Orthod Oral Surg.* 1945;31(2):74-103.

58. Oda Y, Takada K, Sakuda M. Description of mandibular apical base form and tooth arrangement by means of spline functions. *Nihon Kyosei Shika Gakkai Zasshi* 1987;46(4):751-8.
59. Gupta D, Miner RM, Arai K, Will LA. Comparison of the mandibular dental and basal arch forms in adults and children with Class I and Class II malocclusions. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010; 138(1):10. e1-8; discussion 10-1.
60. Lombardo L, Fattori L, Molinari C, Mirabella D, Siciliani G. Dental and alveolar arch forms in a Caucasian population compared with commercially available arch wires. *International Orthodontics* 2013; 11: 389-421.
61. Mandava Prasad, Senny Thomas Kannampallil, Ashok Kumar Talapaneni, Suja Ani George SKS. Evaluation of arch width variations among different skeletal patterns in South Indian population. *J Nat Sci Biol Med* 2013;4(1):94–102.
62. Lee RT. Arch width and form: a review. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop* 1999;115(3):305–13.
63. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2012;142(3):300–7.
64. Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics: the first fifty years. *Angle Orthod* 1981; 51:115-50.
65. Ricketts RM. Cephalometric analysis and synthesis. *Angle Orthod* 1961; 21:141- 156.
66. Vanarsdall RL. Transverse dimension and long-term stability. *Semin Orthod* 1999;5(3):171–80.
67. Chung CH. Diagnosis of transverse problems. *Semin Orthod* 2019;25(1):16–23.

68. Cortella S, Shofer FS, Ghafari J. Transverse development of the jaws: norms for the posteroanterior cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112(5):519–22.
69. Lee KM, Hwang HS, Cho JH. Comparison of transverse analysis between posteroanterior cephalogram and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod* 2014;84(4):715–9.
70. Tamburrino RK, Boucher DMDNS, Vanarsdall DDSRL, Secchi A. The Transverse Dimension: Diagnosis and Relevance to Functional Occlusion. *RWISO J* 2010; 2:13–22.
71. James A. Mcnamara JWL. *Tratamiento Ortodóncico y Ortopédico en la dentición Mixta*. Needham.Press; 1995.
72. Lorente P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. *Ortodoncia Española* 2002;42(4):179-223.
73. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. *Korean J Orthod* 2016;46(5):331–42.
74. Arboleda-Ariza N, Schilling J, Arriola-Guillén LE, Ruíz-Mora GA, Rodríguez-Cárdenas YA, Aliaga-Del Castillo A. Maxillary transverse dimensions in subjects with and without impacted canines: A comparative cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2018;154(4):495–503.
75. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analyses. Part 2: Measures of performance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015;148(2):253–63.
76. Hwang S, Song J, Lee J, Choi YJ, Chung CJ, Kim KH. Three-dimensional evaluation of dentofacial transverse widths in adults with different sagittal facial patterns. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2018;154(3):365–74.

77. Hwang S, Jeong S, Choi YJ, Chung CJ, Lee HS, Kim KH. Three-dimensional evaluation of dentofacial transverse widths of adults with various vertical facial patterns. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2018;153(5):692–700.
78. Ahn J, Kim SJ, Lee JY, Chung CJ, Kim KH. Transverse dental compensation in relation to sagittal and transverse skeletal discrepancies in skeletal Class III patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2017;151(1):148–56.
79. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117(5):567–70.
80. Glass TR, Tremont T, Martin CA, Ngan PW. A CBCT evaluation of root position in bone, long axis inclination and relationship to the WALA Ridge. *Semin Orthod* 2019;25(1):24–35.
81. Simontacchi-Gbologah MS, Tamburrino RK, Boucher NS, Vanarsdall RL, Secchi AG. Comparison of Three Methods to Analyze the Skeletal Transverse Dimension in Orthodontic Diagnosis [thesis]. University of Pennsylvania; 2010.
82. Shah SR, Fishel D, Tamburrino R. Periodontal rationale for transverse skeletal normalization. *Orthod Pract* 2014; 5: 50-53.
83. Kessel SP. Smile analysis [1]. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;124(6):11–2.
84. Sarver DM, Ackerman MB. Dynamic smile visualization and quantification: Part 2. Smile analysis and treatment strategies. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;124(2):116–27.
85. Porto OCL, Silva BS de F, Silva JA, et al. CBCT assessment of bone thickness in maxillary and mandibular teeth: An anatomic study. *J Appl Oral Sci* 2020;28.

86. Timock AM, Cook V, McDonald T, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;140(5):734–44.
87. Ohiomoba H, Sonis A, Yansane A, Friedland B. Quantitative evaluation of maxillary alveolar cortical bone thickness and density using computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2017;151(1):82–91.
88. Alkhatib R, Chung CH. Buccolingual inclination of first molars in untreated adults: A CBCT study. *Angle Orthod* 2017;87(4):598–602.
89. Lee JY, Han SH, Ryu HS, Lee HM, Kim SC. Cone-beam computed tomography analysis of transverse dental compensation in patients with skeletal class III malocclusion and facial asymmetry. *Korean J Orthod* 2018;48(6):357–66.
90. Peck JL, Sameshima GT, Miller A, Worth P, Hatcher DC. Mesiodistal root angulation using panoramic and cone beam CT. *Angle Orthod* 2007;77(2):206–13.
91. Khumsarn N, Patanaporn V, Janhom A, Jotikasthira D. Comparison of interradicular distances and cortical bone thickness in Thai patients with class I and class II skeletal patterns using cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent* 2016;46(2):117–25.
92. Schneidera S, Gandhib V, Upadhyayb M, Allareddyc V, Tadinadad A, Yadavb S. Sex-, growth pattern-, and growth status-related variability in maxillary and mandibular buccal cortical thickness and density. *Korean J Orthod* 2020;50(2):108-119.
93. Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Three-dimensional mapping of cortical bone thickness in subjects with different vertical facial dimensions. *Prog Orthod* 2016;17(1).
94. Sendyk M, de Paiva JB, Abrão J, Rino Neto J. Correlation between buccolingual tooth inclination and alveolar bone thickness in subjects with

- Class III dentofacial deformities. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2017;152(1):66–79.
95. Horner KA, Behrents RG, Kim KB, Buschang PH. Cortical bone and ridge thickness of hyperdivergent and hypodivergent adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2012;142(2):170–8.
96. Hu X, Huang X, Gu Y. Assessment of buccal and lingual alveolar bone thickness and buccolingual inclination of maxillary posterior teeth in patients with severe skeletal Class III malocclusion with mandibular asymmetry. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2020;157(4):503–15.
97. Tyan S, Park HS, Janchivdorj M, Han SH, Kim SJ, Ahn HW. Three-dimensional analysis of molar compensation in patients with facial asymmetry and mandibular prognathism. *Angle Orthod* 2016;86(3):421–30.
98. Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KW. *Orthodontics: current principles and techniques*. 5th ed. St Louis: Elsevier-Mosby; 2005.
99. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008;134(1):8.e1-8.e11.
100. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: A cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010;137(4):79–85.
101. Kartalian A, Gohl E, Adamian M, Enciso R. Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010;138(4):486–92.
102. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara JA. Midpalatal suture maturation: Classification method for

- individual assessment before rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013;144(5):759–69.
103. Grünheid T, Larson CE, Larson BE. Midpalatal suture density ratio: A novel predictor of skeletal response to rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2017;151(2):267–76.
104. Ladewig V de M, Capelozza-Filho L, Almeida-Pedrin RR, Guedes FP, de Almeida Cardoso M, de Castro Ferreira Conti AC. Tomographic evaluation of the maturation stage of the midpalatal suture in postadolescents. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2018;153(6):818–24.
105. Angelieri F, Franchi L, Cevidanes LHS, Bueno-Silva B, McNamara JA. Prediction of rapid maxillary expansion by assessing the maturation of the midpalatal suture on cone beam CT. *Dental Press J Orthod* 2016;21(6):115–25.
106. Betts NJ, Vanarsdall RL, Barber HD, Higgins-Barber K, Fonseca RP. Diagnosis and treatment of transverse maxillary deficiency. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1995; 10:75-96.
107. Morais JF, Melsen B, De Freitas KMS, Branco NC, Garib DG, Cattaneo PM. Evaluation of maxillary buccal alveolar bone before and after orthodontic alignment without extractions: A cone beam computed tomographic study. *Angle Orthod* 2018;88(6):748–56.
108. Sendyk M, Linhares DS, Pannuti CM, de Paiva JB, Neto JR. Effect of orthodontic treatment on alveolar bone thickness in adults: A systematic review. *Dental Press J Orthod* 2019;24(4):34–45.
109. Paredes N, Colak O, Sfogliano L, Elkenawy I, Fijany L, Fraser A, Zhang B, Moon W. Differential assessment of skeletal, alveolar, and dental components induced by microimplant-supported midfacial skeletal expander (MSE), utilizing novel angular measurements from the fulcrum. *Prog Orthod* 2020 Jul 13;21(1):18.

110. Ngan P, Wilmes B, Drescher D, Martin C, Weaver B, Gunel E. Comparison of two maxillary protraction protocols: tooth-borne versus bone-anchored protraction facemask treatment. *Prog Orthod* 2015; 16:26.
111. Benedict Wilmes, Manuel Nienkemper, Dieter Drescher. Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybrid hyrax. *World J Orthod* 2010;11(4):323-30.
112. Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, Moon W. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using microimplant-assisted rapid palatal expansion (MARPE). *Dental Press J Orthod* 2017;22(1):110–25.
113. Suzuki SS, Braga LFS, Fujii DN, Moon W, Suzuki H. Corticopuncture facilitated microimplant-assisted rapid palatal expansion. *Case Rep Dent* 2018;2018.
114. Lagravère MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2010;137(3):304.e1-304.e12.
115. Lin L, Ahn HW, Kim SJ, Moon SC, Kim SH, Nelson G. Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *Angle Orthod* 2015;85(2):253–62.
116. Mosleh MI, Kaddah MA, Abd Elsayed FA, Elsayed HS. Comparison of transverse changes during maxillary expansion with 4-point bone-borne and tooth-borne maxillary expanders. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2015;148(4):599–607.
117. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Moschik C, et al. Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2018;154(3):337–45.

118. Park JJ, Park YC, Lee KJ, Cha JY, Tahk JH, Choi YJ. Skeletal and dentoalveolar changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: A cone-beam computed tomography study. *Korean J Orthod* 2017;47(2):77–86.
119. Vanarsdall RL Jr, Blasi I Jr, Secchi AG. Periodontal-Orthodontic Interrelationship. In: Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2017: 621-668.
120. Renkema AM, Fudalej PS, Renkema AAP, Abbas F, Bronkhorst E, Katsaros C. Gingival labial recessions in orthodontically treated and untreated individuals: A case - Control study. *J Clin Periodontol* 2013;40(6):631–7.
121. Renkema AM, Fudalej PS, Renkema A, Kiekens R, Katsaros C. Development of labial gingival recessions in orthodontically treated patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013;143(2):206–12.
122. Anzilotti CL, Vanarsdall RL and Blakrishnam M. Expansion and evaluation of post retention gingival recession. University of Pennsylvania, department of Orthodontics, unpublished thesis 2002.
123. Linde, Jan, Lang, Niklaus P, Karring, Thorkild. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 5th Edition. Blackwell Munksgaard; 2008: 69-85.
124. Coskun I, Kaya B. Appraisal of the relationship between tooth inclination, dehiscence, fenestration, and sagittal skeletal pattern with cone beam computed tomography. *Angle Orthod* 2019;89(4):544–51.
125. Ozdemir F, Tozlu M, Germec-Cakan D. Cortical bone thickness of the alveolar process measured with cone-beam computed tomography in patients with different facial types. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013;143(2):190–6.
126. Casanova-Sarmiento JA, Arriola-Guillén LE, Ruíz-Mora GA, Rodríguez-Cárdenas YA, Aliaga-Del Castillo A. Comparison of anterior mandibular

- alveolar thickness and height in young adults with different sagittal and vertical skeletal relationships: A CBCT Study. *Int Orthod* 2020;18(1):79–88.
127. Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Alveolar bone mapping in subjects with different vertical facial dimensions. *Eur J Orthod* 2014;37(2):194–201.
128. Eraydin F, Germec-Cakan D, Tozlu M, Ozdemir F. Three-dimensional evaluation of alveolar bone thickness of mandibular anterior teeth in different dentofacial types. *Niger J Clin Pract* 2018;21(4):519–24.
129. Coşkun İ, Kaya B. Relationship between alveolar bone thickness, tooth root morphology, and sagittal skeletal pattern: A cone beam computed tomography study. *J Orofac Orthop* 2019;80(3):144–58.
130. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006;129(6):749–58.
131. Venkatesh E, Elluru SV. CBCT: Basics and Applications in Dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2017; 51:102–21.
132. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8(9):1558–64.
133. Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28(4):245-248.
134. Molen AD. Comparing Cone Beam Computed Tomography Systems from an Orthodontic Perspective. *Semin Orthod* 2011;17(1):34–8.
135. Baba R, Ueda K, Okabe M: Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2004; 5:285-290.

136. Baumrind S. The Road to Three-Dimensional Imaging in Orthodontics. *Semin Orthod* 2011;17(1):2–12.
137. Zamora Martínez N, Paredes Gallardo V, María Cibrián Ortiz De Anda R, et al. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología. ¿Qué debemos saber? *Rev Española Ortod* 2011:31–7.
138. Cattaneo PM, Melsen B. The use of cone-beam computed tomography in an orthodontic department in between research and daily clinic. *World J Orthod* 2008;9(3): 269-282.
139. Ludlow JB, Davies-Ludlow LL, Mol A. Dosimetry of recently introduced cbct units for oral and maxillofacial radiology. *Proceedings of the 16th International Congress of Dentomaxillofacial Radiology. Beijing* 2007;97: 26-30.
140. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 cbct devices for oral and maxillofacial radiology: Cb mercuray, newtom 3g and i-cat. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35(4):219-226.
141. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33(2):83-86.
142. Wiegert J, Bertram M, Schafer D, et al. Soft-tissue contrast resolution within the head of human cadaver by means of flat-detector-based cone-beam CT. *Proc SPIE 5368, Medical Imaging 2004: Physics of Medical Imaging*.
143. Abdelkarim A. Cone-beam computed tomography in orthodontics. *Dent J* 2019;7(3).
144. Weiss R 2nd, Read-Fuller A. Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review. *Dent J (Basel)* 2019;7(2):52.

145. Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ. Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Implant Res* 2010. 21: 718–725.
146. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009; 38: 609-25.
147. Dindaroglu F, Yetkiner E. Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics. *Turkish J Orthod* 2016;29(1):16–21.
148. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of cone-beam computed tomography in dentistry: an advisory statement from the American Dental Association Council on Scientific Affairs. *J Am Dent Assoc* 2012;143(8):899-902.
149. Jaju PP, Jaju SP. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Sci Dent* 2015;45(4):263-5.
150. De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, Jacobs R. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 2019 ;41(4):381-389.
151. Jiang T, Lee SM, Hou Y, Chang X, Hwang HS. Evaluation of digital dental models obtained from dental cone-beam computed tomography scan of alginate impressions. *Korean J Orthod* 2016;46(3):129–36.
152. Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013 Jan;143(1):140-7.

153. White AJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137(4): 456.e1-9; discussion 456-7.
154. Mangano F, Gandolfi A, Luongo G, Logozzo S. Intraoral scanners in dentistry: A review of the current literature. *BMC Oral Health* 2017;17(1):1-11.
155. Flügge T V., Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013;144(3):471-8.
156. Anh JW, Park JM, Chun YS, Kim M, Kim M. A comparison of the precision of three-dimensional images acquired by 2 digital intraoral scanners: Effects of tooth irregularity and scanning direction. *Korean J Orthod* 2016;46(1):3-12.
157. Aly P, Mohsen C. Comparison of the Accuracy of Three-Dimensional Printed Casts, Digital, and Conventional Casts: An in Vitro Study. *Eur J Dent* 2020;14(2):189-93.
158. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40(5):265-73.
159. Baan F, Bruggink R, Nijsink J, Maal TJJ, Ongkosuwito EM. Fusion of intra-oral scans in cone-beam computed tomography scans. *Clin Oral Investig* 2020:77-85.
160. Viñas Pinedo M, Belarra Arenas C, Pie de Hierro V. Guía quirúrgica CAD-CAM para posicionar microtornillos. *Ortod Esp* 2019; 57 (1); 77-85.
161. Savoldelli C, Vandersteen C, Dassonville O, Santini J. Dental occlusal-surface-supported titanium guide to assist cutting and drilling in

- mandibular bilateral sagittal split osteotomy. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg* 2018; 119(1):75–78.
162. Oliveira NS, Gribel BF, Neves LS, Lages EMB, Macari S, Pretti H. Comparison of the accuracy of virtual and direct bonding of orthodontic accessories. *Dental Press J Orthod* 2019;24(4):46-53.
163. Baan F, de Waard O, Bruggink R, Xi T, Ongkosuwito EM, Maal TJJ. Virtual setup in orthodontics: planning and evaluation. *Clin Oral Investig* 2020;24(7):2385–93.
164. Swennen GR, Mollemans W, De Clercq C, Abeloos J, Lamoral P, Lippens F, Neyt N, Casselman J, Schutyser F. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg* 2009;20(2):297-307.
165. Gateno J, Xia J, Teichgraeber JF, Rosen A. A new technique for the creation of a computerized composite skull model. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61(2):222–7.
166. Swennen GRJ, Mommaerts MY, Abeloos J, et al. A cone-beam CT based technique to augment the 3D virtual skull model with a detailed dental surface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38(1):48–57.
167. Uechi J, Okayama M, Shibata T, et al. A novel method for the 3-dimensional simulation of orthognathic surgery by using a multimodal image-fusion technique. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2006;130(6):786–98.
168. Park JH, Hwang CJ, Choi YJ, et al. Registration of digital dental models and cone-beam computed tomography images using 3-dimensional planning software: Comparison of the accuracy according to scanning methods and software. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2020;157(6):843–51.

169. Swennen GRJ, Barth EL, Eulzer C, Schutyser F. The use of a new 3D splint and double CT scan procedure to obtain an accurate anatomic virtual augmented model of the skull. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2007;36(2):146–52.
170. Lin X, Chen T, Liu J, Jiang T, Yu D, Shen SGF. Point-based superimposition of a digital dental model on to a three-dimensional computed tomographic skull: An accuracy study in vitro. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2015;53(1):28–33.
171. Lin HH, Chiang WC, Lo LJ, Wang CH. A new method for the integration of digital dental models and cone-beam computed tomography images. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2013;2013:2328–31.
172. Noh H, Nabha W, Cho JH, Hwang HS. Registration accuracy in the integration of laser-scanned dental images into maxillofacial cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2011;140(4):585–91.
173. De Waard O, Baan F, Verhamme L, Breuning H, Kuijpers-Jagtman AM, Maal T. A novel method for fusion of intra-oral scans and cone-beam computed tomography scans for orthognathic surgery planning. *J Cranio-Maxillofacial Surg* 2016;44(2):160–6.
174. Masumoto T, Hayashi I, Kawamura A, Tanaka K, Kasai K. Relationships among facial type, buccolingual molar inclination, and cortical bone thickness of the mandible. *Eur J Orthod* 2001;23(1):15–23.
175. Maspero C, Gaffuri F, Castro IO, Lanteri V, Ugolini A, Farronato M. Correlation between Dental Vestibular-Palatal Inclination and Alveolar Bone Remodeling after Orthodontic Treatment: A CBCT Analysis. *Materials (Basel)* 2019;12(24):4225.
176. Tsunori M, Mashita M, Kasai K. Relationship between facial types and tooth and bone characteristics of the mandible obtained by CT scanning. *Angle Orthod* 1998;68(6):557–562.

177. Yamada C, Kitai N, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S, Takada K. Spatial Relationships between the Mandibular Central Incisor and Associated Alveolar Bone in Adults with Mandibular Prognathism. *Angle Orthod* 2007;77(5):766.
178. Yu Q, Pan XG, Ji GP, Shen G. The association between lower incisal inclination and morphology of the supporting alveolar bone--a cone-beam CT study. *Int J Oral Sci* 2009;1(4):217-23.
179. Lee K-M, Kim Y-I, Park S-B, Son W-S. Alveolar bone loss around lower incisors during surgical orthodontic treatment in mandibular prognathism. *Angle Orthod* 2012; 82:637-644.
180. Zhou Z, Chen W, Shen M, Sun C, Li J, Chen N. Cone beam computed tomographic analyses of alveolar bone anatomy at the maxillary anterior region in Chinese adults. *J Biomed Res* 2014;28(6):498–505.
181. Tian YL, Liu F, Sun HJ, Lv P, Cao YM, Yu M, Yue Y. Alveolar bone thickness around maxillary central incisors of different inclination assessed with cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod* 2015;45(5):245-52.
182. Gaffuri F, Cossellu G, Maspero C, Lanteri V, Ugolini A, Rasperini G, Castro IO, Farronato M. Correlation between facial growth patterns and cortical bone thickness assessed with cone-beam computed tomography in young adult untreated patients. *Saudi Dent J* 2021;33(3):161-167.
183. Schneider S, Gandhi V, Upadhyay M, Allareddy V, Tadinada A, Yadav S. Sex-, growth pattern-, and growth status-related variability in maxillary and mandibular buccal cortical thickness and density. *Korean J Orthod* 2020 Mar;50(2):108-119.
184. Borges GJ, Ruiz LF, de Alencar AH, Porto OC, Estrela C. Cone-beam computed tomography as a diagnostic method for determination of gingival thickness and distance between gingival margin and bone crest. *ScientificWorldJournal* 2015; 2015:142108.

185. Kim YJ, Park JM, Kim S, et al. New method of assessing the relationship between buccal bone thickness and gingival thickness. *J Periodontal Implant Sci* 2016;46(6):372–81.
186. Assiri M, Shafik S, Tawfig A. Association between gingival tissue biotype and different facial phenotypes. *Saudi Dent J* 2019;31(4):476–80.
187. Zawawi KH, Al-Zahrani MS. Gingival biotype in relation to incisors' inclination and position. *Saudi Med J* 2014;35(11):1378-83.

X – ANEXOS

X - ANEXOS

Anexo 1. Dictamen del comité de ética de la Universidad Católica de Murcia

COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

DATOS DEL PROYECTO

Título:	"Inclinación dentaria axial en el plano frontal fusionando modelos digitales y CBCT"	
Investigador Principal	Nombre	Correo-e
Dr.	Raúl Ferrando Cascales	rferrando@ucam.edu

INFORME DEL COMITÉ

Fecha	31/01/2020	Código	CE012006
--------------	------------	---------------	----------

Tipo de Experimentación

Investigación experimental clínica con seres humanos	
Utilización de tejidos humanos procedentes de pacientes, tejidos embrionarios o fetales	
Utilización de tejidos humanos, tejidos embrionarios o fetales procedentes de bancos de muestras o tejidos	
Investigación observacional con seres humanos, psicológica o comportamental en humanos	X
Uso de datos personales, información genética, etc.	X
Experimentación animal	
Utilización de agentes biológicos de riesgo para la salud humana, animal o las plantas	
Uso de organismos modificados genéticamente (OMGs)	

Comentarios Respecto al Tipo de Experimentación

Nada Obsta

Comentarios Respecto a la Metodología de Experimentación

Nada Obsta





COMITÉ DE ÉTICA DE LA UCAM

Sugerencias al Investigador

A la vista de la solicitud de informe adjunto por el Investigador y de las recomendaciones anteriormente expuestas el dictamen del Comité es:

Emitir Informe Favorable	<input checked="" type="checkbox"/>
Emitir Informe Desfavorable	<input type="checkbox"/>
Emitir Informe Favorable condicionado a Subsanación	<input type="checkbox"/>

MOTIVACIÓN

Incrementará conocimientos en su área

Vº Bº El Presidente,

Fdo.: José Alberto Cánovas Sánchez



El Secretario,

Fdo.: José Alarcón Teruel

