



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Facultad de odontología

Departamento de Estomatología

**EFICACIA Y PREDICTIBILIDAD DE LA
EXPANSIÓN MAXILAR Y MANDIBULAR
CON EL SISTEMA INVISALIGN®.**

Material SmartTrack®

Memoria que presenta
MARIA LUISA VIDAL BERNÁRDEZ
Para optar al título de Doctor por la Universidad de Sevilla

Directores:

Enrique Solano Reina

Beatriz Solano Mendoza

Sevilla, 2022



Facultad de Odontología

Dpto. de Estomatología

C/ Avicena s/n 41009 Sevilla

Don ENRIQUE SOLANO REINA, Catedrático del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, y Doña BEATRIZ SOLANO MENDOZA, Profesora Sustituta Interina del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla,

CERTIFICAN: Que la Tesis Doctoral titulada “**EFICACIA Y PREDICTIBILIDAD DE LA EXPANSIÓN MAXILAR Y MANDIBULAR CON EL SISTEMA INVISALIGN®. Material SmartTracI®**”, ha sido realizada por Doña MARIA LUISA VIDAL BERNÁRDEZ en el Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla, bajo su dirección y que reúne, a su juicio, las condiciones requeridas para optar a la mención de Doctor.

Y para que así conste, firmamos el presente en Sevilla a 22 de Diciembre de 2021.

Dr. Enrique Solano Reina

Dr. Beatriz Solano Mendoza

Agradecimientos:

A mi director de tesis, a el Dr. Enrique Solano, por la excelente y completa formación recibida durante años y por darme la oportunidad de hacerme ortodoncista en casa.

A mi co-directora, la Dra. Beatriz Solano Mendoza, por permitirme aprender de ella, por su dedicación y apoyo tanto profesional como personal.

Al Prof. Ángel Viches Arenas, por su paciencia, constancia y dedicación en todo. Gracias por querer hacer de mí una persona hábil con los números.

Al Dr. Espinar y al Dr. Barrera, por su ayuda desinteresada durante todos estos años.

A todos mis profesores y a los que han pasado por el máster, por ser mi fuente de inspiración, mi ejemplo a seguir y por esas palabras tan empáticas cuando más las necesitaba; en especial a Teresa Baena, Nuria Nieto, Belén Solano, Saúl González, Inma Mazo, Mabel Marmesat, Fran Pastor, Juan Carlos Rodríguez y Rocio Briones.

A mis compañeras y compañeros; a Ana y a Paula, por ese mano a mano continuo y porque esta tesis tiene tanto de mi como de ellas, y a Maru, por aportarme energía en el empujón final y a Luis, mi partner, con el que hemos ido andado pasito a pasito.

A mi familia y a la familia de Ignacio, en especial a los pequeños de la casa, por demostrarme que la felicidad está en las pequeñas sonrisas.

A esas amistades incondicionales, por estar desde siempre y donde siempre.

A papá, por la complicidad que nos une; a mamá, por saber el cómo y darme la sensatez que a veces me falta; a José por esta forma tan bonita de querernos, en la distancia, y a Chispa.

A Ignacio, por su incansable presencia, por estar conmigo siempre, celebrando cuando había que celebrar, pero sobretodo por ser el impulso hacia arriba cuando más abajo estaba.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 APIÑAMIENTO Y EXPANSIÓN	12
1.2 PROBLEMA TRANSVERSAL.....	14
1.2.1 <i>Expansión dentoalveolar</i>	16
1.3 SISTEMA INVISALIGN®	22
1.3.1 <i>Expansión con Invisalign®</i>	23
1.3.2 <i>Biomecánica del plástico</i>	25
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	38
2.1 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	38
2.1.1 <i>Objetivo general</i>	38
2.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	38
2.2 HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	39
2.2.1 <i>Hipótesis 1</i>	39
2.2.2 <i>Hipótesis 2</i>	39
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	44
3.1 TIPO DE ESTUDIO	44
3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO	44
3.3 PERIODO DE ESTUDIO	44
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.	44
3.5 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	44
3.5.1 <i>Criterios de inclusión</i>	44
3.5.2 <i>Criterios de exclusión</i>	45
3.6 TAMAÑO MUESTRAL	46

3.7	FUENTE DE INFORMACIÓN	46
3.8	ASPECTOS ÉTICOS	46
3.9	INTERVENCIÓN	47
3.9.1	<i>Creación de los modelos digitales y creación de la simulación en ClinCheck®</i>	<i>48</i>
3.9.2	<i>Procesado y cuantificación de los modelos STL (ModT1, ModT2)®</i>	<i>49</i>
3.10	VARIABLES DEL ESTUDIO	54
3.10.1	<i>Variables del información de la muestra</i>	<i>54</i>
3.10.2	<i>Puntos anatómicos dentición</i>	<i>55</i>
3.10.3	<i>Medidas lineales y angulares</i>	<i>56</i>
3.11	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	63
4.	ANÁLISIS DE DATOS	68
4.1	ANÁLISIS DE DATOS	68
4.1.1	<i>Concordancia intra-observador</i>	<i>68</i>
4.1.2	<i>Análisis exploratorio</i>	<i>69</i>
4.1.3	<i>Análisis descriptivo</i>	<i>69</i>
4.1.4	<i>Análisis inferencial bivalente.....</i>	<i>70</i>
5.	RESULTADOS	74
5.1	CONCORDANCIA INTRA-OBSERVADOR	74
5.2	ARCADA SUPERIOR.....	82
5.3	ARCADA INFERIOR	106
6.	DISCUSIÓN	128
7.	CONCLUSIONES	156
8.	BIBLIOGRAFÍA	160
9.	ANEXOS	178

9.1	ANEXO I - ABREVIATURAS.....	178
9.2	ANEXO II – PROYECTO DE APROBACIÓN BIOETICA JUNTA DE ANDALUCIA	180
9.3	ANEXO III. - ARTÍCULO	182

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Apiñamiento y expansión

El apiñamiento dental es una de las principales razones por las cuales los pacientes buscan tratamiento de ortodoncia. Son diversas las formas de conseguir espacio en la arcada para solventar el apiñamiento existente, como puede ser mediante extracciones de premolares, molares o incisivos; mediante aumento de longitud de la arcada por cambio en la inclinación del incisivo, aumentando la profundidad del arco dental mediante el distalamiento o realizando un aumento del perímetro del arco mediante la expansión, con el consiguiente aumento de la anchura intercuspídea, interpremolar y/o intermolar, proporcionando así más espacio para la alineación de los dientes. (1,2)

En la década de los 60, la tendencia hacia el tratamiento sin extracciones ganó popularidad, optando por técnicas más expansivas y menos extraccionistas. De éste modo, la expansión del arco, tanto superior como inferior, a veces acompañado del stripping, se ha convertido en un enfoque para aumentar el perímetro del arco dental sin la necesidad de extracciones en casos de apiñamiento de leve a moderado (3-6). El aumento del perímetro del arco sin extracciones da como resultado una expansión transversal y la proinclinación de incisivos. Pero hay que tener en cuenta que autores como Fleming, promulgan que tanto la expansión a nivel intercanino (hasta 25 mm) como la proinclinación de los incisivos ($+95^\circ$ según el IMPA de Tweed) dan resultados inestables después del tratamiento. (7-13)

Es importante determinar cuánta proinclinación produce un aparato de ortodoncia individual (14-16) ya que una proinclinación excesiva de los incisivos puede causar una estética pobre, recesión gingival y resultados inestables, sin embargo, el efecto de los alineadores transparentes en la proclínación del incisivo aún no se ha descrito.

La expansión dentoalveolar, es una opción para tratar la deficiencia transversal y / o apiñamiento cuando es leve o moderado, pudiendo así mejorar la dimensión transversal de la sonrisa o corregir mordidas cruzadas posteriores siempre que sean de origen dentoalveolar; ya que cuando se acompañan de otros problemas que son graves o de base ósea, tenemos que recurrir a otras técnicas. Esta expansión, se puede lograr mediante diferentes aparatos de ortodoncia que contienen alambres, elásticos o dispositivos para inclinar bucalmente la corona de los dientes posteriores. (17)

Ricketts calculó que, por cada 1 mm de movimiento de los incisivos, se pueden crear 2 mm de espacio adicional en el perímetro del arco dental. La expansión de 1 mm del ancho intercanino crea un espacio adicional de 1 mm en el perímetro del arco dental. Asimismo, la misma cantidad de expansión a nivel molar agrega 0.25 mm al perímetro del arco. (18-23)

Los cambios en el ancho y la forma del arco también tienen un impacto en las relaciones de los corredores bucales. Los cuales se han definido como el espacio entre las superficies bucales de los dientes maxilares y las comisuras de la boca durante la sonrisa. Un aumento en el ancho del arco en el área premolar ayuda reducir el espacio del corredor bucal. Son diversos estudios los que confirman que las sonrisas, tanto para mujeres como varones, son más estéticas cuando los corredores bucales son mínimos. (24,32)

1.2 Problema transversal

El problema transversal es una de las alteraciones que con mayor frecuencia se presenta en la clínica ortodóncica y, por consiguiente, ha sido muy estudiado en la literatura. (33,37)

Este problema puede acontecer a cualquier edad (38) tanto en dentición temporal como permanente; la incidencia en dentición mixta varía según los autores, pudiendo ir desde 12% por Hanson et al (39), el 8% por Kutin y Hawes (40) y hasta el 2,7% reflejado por M Sandikçioğlu y S Hazar (41) en sus estudios sobre los cambios esqueléticos y dentales producidos después de la expansión maxilar en dentición mixta.

Los factores etiológicos que originan los problemas transversales, si bien suelen tener un alto componente genético, en muchas circunstancias se deben a hábitos adquiridos como la respiración oral, de la que es característica el paladar ojival; pérdidas tempranas de dientes temporales y contactos prematuros.

Este tipo de problemas no sólo implica un concepto de mordida cruzada posterior, sino que abarca un aspecto mucho más amplio que engloba desde una anomalía a nivel de los huesos basales, tanto maxilar como mandibular, hasta una mordida cruzada uni ó bilateral de origen dentario. (41-44)

Cuando el origen es esquelético, existe una afectación en la base ósea, encontrándose disminuida y los dientes pueden encontrarse en una posición correcta o con una inclinación coronovestibular compensando el problema. Para solventar dichos problemas, tendremos que acudir a una disyunción de la base ósea, corrigiendo el problema dentario previamente en el caso de que sea necesario. Cuando ésta es de origen dentario, existe una buena dimensión transversal de las bases óseas y lo que se encuentra alterado es la posición dentaria, observándose una inclinación coronolingual de los

dientes implicados en la mordida cruzada en la que con una corrección de torque de estos dientes corregiremos el problema (Figura 1). (45)

Son varias las técnicas que pueden emplearse para el aumento del perímetro de arcada mandibular y maxilar, en función de donde se encuentre el problema a tratar, dependiendo si es a nivel óseo o dentario, teniendo ambos como objetivo corregir el problema transversal (maxilar o mandibular) o resolver el apiñamiento dental.

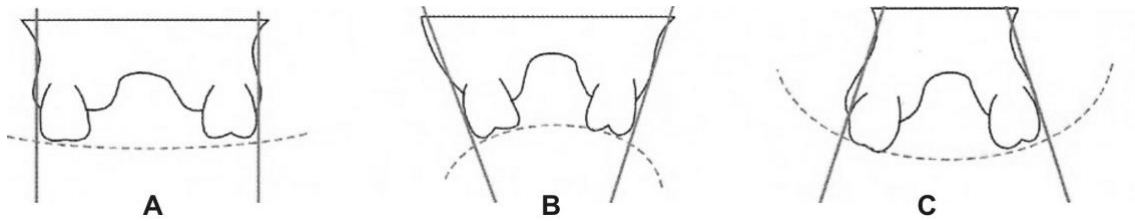


Figura 1: Representación gráfica de cortes transversales de diferentes situaciones clínicas en las que se puede apreciar diversos problemas transversales. Estos podrán ser de origen esquelético con una base ósea disminuida y dientes en posición correcta (A), de origen dentario presentando una base ósea correcta y dientes con una inclinación coronolingual (B) y de origen esquelético con una base ósea disminuida y dientes con inclinación coronovestibular (C).

1.2.1 Expansión dentoalveolar

1.2.1.1 *Placas activas*

Las placas activas son unas láminas o planchas de acrílico que se adaptan a la mucosa y a los dientes ejerciendo una fuerza que provoca el movimiento dentario mediante un tornillo de expansión. El aparato puede ser retirado fácilmente por el propio paciente, y está firmemente sujeto a las piezas de anclaje mediante unos resortes. (46,47) El tornillo en arcada superior puede colocarse a lo largo de toda la línea media en función de la zona que se desee expandir, siendo la zona más frecuente a nivel premolar. Las placas consiguen una expansión con un movimiento corono-vestibular de los dientes; por tanto, la expansión mediante placas queda contraindicada en aquellos casos donde no haya una posición paralela entre las caras vestibulares de ambas hemiarquadas. (48-51)

La aparatología removible está indicada en pacientes colaboradores y que se encuentran en edad de crecimiento, donde el problema no es esquelético sino alveolodentario y la discrepancia ósea dentaria es < 4 mm. Asimismo se indica como método restrictivo para hábitos parafuncionales, como deglución inmadura o succión digital, aunque hoy día para su corrección es mejor la colaboración con logopedas. (52)

Está contraindicada en casos de pacientes con problemas esqueléticos, con grandes discrepancias oseodentarias, así como para la corrección de rotaciones severas o movimientos que necesiten control radicular. (53)

1.2.1.2 *Aparatología a dos bandas: QuadHelix Y BiHelix*

El QuadHelix es un aparato de expansión fijo que permite a nivel molar un movimiento más controlado de presión, torque y rotación. Esta aparatología a dos bandas es empleada en su mayoría en dentición mixta o permanente joven. El rango de actividad es largo, con múltiples variantes, por lo que produce una expansión lenta que consigue

movimientos fundamentalmente alveolodentarios, diferenciándolo del concepto de disyunción rápida, con movimientos esqueléticos. (54-59)

El QuadHelix fue diseñado en los años 70 por Ricketts a través del diseño del arco Coffin o arco W, al cual le incorporó cuatro hélices, de ahí su nombre (QuadHelix); con el fin de lograr una mayor flexibilidad y elasticidad al aumentar la cantidad de alambre. (60,61)



Figura 2: Aparato Coffin (Izquierda) y QuadHelix de Ricketts (Derecha)

El QuadHelix está indicado cuando la base esquelética es normal y los molares son tendentes a converger a oclusal. Este aparato permite la corrección simultánea de la expansión y desrotación molar, además de no necesitar colaboración por parte del paciente. (62-66)

Está indicado para una expansión del perímetro de arcada de 1-2 mm. Solano y cols describieron en su estudio, un aumento de la distancia intermolar de 4,12 mm; destacando que la expansión interpremolar en dentición mixta fue mayor que en dentición permanente alcanzando valores de 6,08 mm frente a 5,27 mm respectivamente. Concluyendo que el mayor incremento de anchura conseguido fue a nivel premolar. (67)

Ladner y cols en su estudio compararon 60 pacientes de expansión maxilar tratados con disyuntor o QuadHelix (30:30), en él se analizó la inclinación de los molares

superiores y el cambio en el ancho del paladar. Aunque ambos grupos demostraron cantidades similares de expansión dental maxilar, el grupo de disyunción ósea mostró una mayor expansión esquelética, la cual se midió tal y como describe Le Bret en su estudio, donde para obtener una medición de la expansión transversal lo midieron a través del rafe palatino medio, existiendo una relación significativa entre la expansión esquelética y dental. Asimismo, concluyeron que el grupo de disyunción ósea presentó una menor inclinación molar que el grupo en el que la expansión se realizó con QuadHelix, siendo ésta estadísticamente significativa con un valor de $p=0,02$. (68,69)

Por otro lado, el BiHelix es una variante del QuadHelix para la expansión de la arcada inferior, el cual presenta dos hélices a nivel de molares y el resto de la estructura se compone de un arco lingual siempre presente y dos brazos laterales que se extienden hasta los incisivos. Al igual que el QuadHelix se construye con alambre Blue-Elgiloy de 0,8 mm, el cual tiene mucha memoria elástica permitiendo hacer movimientos ligeros. Este tipo de aparatología se encuentra indicada para realizar expansión dentaria en la arcada inferior, enderezar sectores laterales que se encuentran en posición corono-lingual y en casos de compresión bimaxilar con colapso posterior. Cuando la distancia bicanina inferior esté por debajo de 21 mm se debe expandir hasta el límite fisiológico, que se encuentra entre 23-25 mm; ya que si superase los 25 mm es muy probable que se produjesen recidivas en el tratamiento. Cabe añadir que esta expansión debe realizarse en dentición mixta primera fase, antes de la erupción de los caninos permanentes, ya que, sino el índice de recidiva es mayor, generando a su vez un apiñamiento secundario. (70-71)

Además, es importante resaltar que la expansión en la arcada inferior es más limitada que en la arcada superior, ya que la esponjosa es muy estrecha y las corticales externas están muy próximas a las raíces de los dientes, de tal forma que al expandir hay

riesgo de perforación cortical con la consiguiente fenestración y recesión que lo acompañaría, por lo que resulta fundamental determinar la anchura de la cortical vestibular y de la sínfisis. (46) Otro factor a tener en cuenta para la colocación del BiHelix es la posición del incisivo, estando contraindicado en incisivos proinclinados.

Solano y cols describieron en su estudio, que con el uso del BiHelix la distancia bicanina aumentaba, encontrándose la misma dentro de los límites fisiológicos anteriormente descritos (25 mm). Sin embargo, se hallaron dos casos dentro del ensayo en los que sobrepasó esta distancia, llegando a 27,5 y 28 mm, por lo que como se ha descrito anteriormente existe una alta probabilidad de recidiva del tratamiento en los mismos. También los autores indicaron que el incremento en la distancia intercanina inferior en la dentición mixta fue mayor que la en la dentición permanente (5,64 mm). (67)

Maki y cols en el año 2006 desarrollaron un estudio sobre la expansión del arco mandibular utilizando el Bihelix. El ensayo aportó una muestra de 16 pacientes en edad entre 7 a 11 años, los cuales presentaban un apiñamiento en la arcada inferior. Los resultados que obtuvieron fueron de una expansión generalizada de 2,0 mm cada 3 meses. Durante el periodo de recambio de los incisivos se observó el mayor aumento a nivel transversal, no sólo de las dimensiones entre arcadas de los dientes individuales, sino también de la longitud total del arco. El modo de expansión se clasificó de la siguiente manera: Tipo I, aquellos que no mostraron efecto sobre la base apical; Tipo II, aquellos que no mostraron consistencia de las líneas de medición. En este estudio, 6 de 16 casos fueron clasificados como tipo I y 10 casos como tipo II. La expansión continuó durante un período de 1,5 a 3 años. Se concluyó en dicho ensayo que era posible una expansión lateral considerable del arco mandibular utilizando el aparato Bihelix. (72)

1.2.1.3 Aparatología fija

Otra forma de expansión dentoalveolar de los maxilares es mediante el uso de aparatología fija multibracket en dentición permanente excluyendo cualquier tipo de aparatología auxiliar. A finales del S.XX, se desarrolló la técnica de brackets de autoligado pasivo (Damon System), los cuales realizan una expansión transversal que se debe a la baja fricción entre los brackets y la forma y material de los arcos de alta tecnología (Copper – NiTi) empleados en esta técnica. (73-76)

Diversos autores son los que avalan el aumento de la anchura de la arcada con el uso de brackets de autoligado pasivo, sin embargo, otros autores concluyen lo opuesto, por lo que existe una falta de consenso en la literatura en referencia a este sistema. (77-78).

Este sistema está principalmente dirigido al tratamiento de casos con discrepancia oseodentaria moderada en la que estaría indicada la extracción de algunos dientes, sin necesidad de realizar las mismas. Para ello, la “técnica Damon” propone la combinación de sistemas de bracket de baja fricción pasivo en combinación con arcos de alta tecnología sobredimensionados para conseguir aposición ósea vestibular. Las fuerzas aplicadas son muy ligeras para que pueda trabajarse en la biozona (zona de fuerza óptima), en la que los labios y mejillas pueden competir con las fuerzas ortodóncicas generadas y restringir el movimiento vestibular de los dientes, defendiendo este método como expansión por su efecto “lip bumper”, el cual consiste en liberar las fuerzas de la musculatura perioral que permite que las arcadas dentarias se desarrollen en sentido transversal gracias a las fuerzas linguales y los arcos sobredimensionados. (79-81) Aunque existe controversia sobre la naturaleza de la expansión producida, ya que algunos autores avalan que el movimiento conseguido es dentoalveolar dado el punto de aplicación de la fuerza, mientras que otros

defienden que la aplicación de fuerzas muy leves produciendo una expansión pasiva e incluso ortopédica con modificación de base esquelética. (80,81)

Un reciente estudio realizado con CBCT a 7 meses no observó diferencias en el espesor de cortical vestibular en pacientes tratados con aparatología autoligable pasiva y convencional, afirmando que la expansión se producía por inclinación de la corona en ambos sistemas, existiendo una gran variabilidad en cuanto a la formación y pérdida de hueso a nivel vestibular entre los pacientes. (82)

1.3 Sistema Invisalign®

En 1997, Zia Chishti y Kelsey Wirth, dos estudiantes de MBA (Master and Business Administration) de la Universidad de Stanford, fundaron Align Technology (Santa Clara, California). Esta empresa dirigió la demanda existente en la sociedad de un tipo de tratamiento ortodóncico que cumpliera unos parámetros estéticos, desarrollando, por tanto, un nuevo método de ortodoncia invisible. Éste fue denominado Invisalign®.

No fue hasta 1999 cuando este sistema se comercializó para los ortodoncistas y no fue hasta el año 2001 cuando esta técnica llegó a Europa. (83)

El sistema Invisalign® recoge los principios publicados por Kesling HD, a través de los cuales se realizan ligeros movimientos dentales con una serie de alineadores removibles de poliuretano denominados Alineadores Secuenciados Transparentes (AST) a través de un sistema computerizado CAD-CAM (computer-aided design/computer-assisted manufacture). (84)

La técnica de alineadores invisibles Invisalign® ha cambiado el concepto de la ortodoncia. Destacan por el escaneado de alta precisión, la capacidad de manipular unos modelos digitalizados y realizar correcciones virtuales por parte del especialista. El programa informático utilizado por la empresa Align Technology fue denominado ClinCheck®, mediante el cual se ofrece una representación virtual tridimensional del plan de tratamiento desarrollado por el ortodoncista. Este tratamiento puede ser revisado alineador tras alineador siendo posible sus correcciones previo a la validación del resultado deseado. De esta manera, el ortodoncista tiene la oportunidad de visualizar la finalización del tratamiento antes de iniciarlo, y planificar diferentes opciones de tratamiento hasta lograr la más adecuada. (85-87)

1.3.1 Expansión con Invisalign®

Boyd y Vlaskalic en el año 2001, en su estudio sobre el tratamiento de la maloclusión compleja con el sistema Invisalign®, informaron que se podía realizar movimientos de expansión en la arcada dentaria mediante alineadores que ayudasen a reducir el apiñamiento o incluso modificar la forma de la propia arcada. El rango de expansión conseguido en su estudio era de 2 a 4 mm y se planteó que la expansión sería a expensas de una mayor inclinación coronal que de un propio movimiento gresional. (88)

A partir de este planteamiento, otros autores argumentaron que se puede obtener un mayor éxito al planificar la expansión con Invisalign® cuando se tratan arcadas con un apiñamiento moderado, no de causa esquelética, mediante movimientos de inclinación. (89)

Por otro lado, Malik y cols. informaron que la expansión podría ser una indicación adecuada para usar este sistema cuando se tratase de una situación clínica en la que hubiese que resolver de 1 a 5 mm de discrepancia oseodentaria. Además, también indicaron que la expansión de los arcos dentales debía limitarse a 2-3 mm por cuadrante para minimizar el riesgo de recidiva y recesiones gingivales. (90)

En un estudio clínico prospectivo publicado en el año 2009 por Kravitz y cols, se analizó el efecto de la expansión en los dientes anteriores con Invisalign®. Estos autores llegaron a la conclusión de que la expansión conseguida tiene una precisión del 40,1% respecto a lo planificado en el Clincheck®. Mientras que el movimiento de compresión conseguido mediante una reducción de la anchura mesiodistal de los dientes (IPR) obtuvo una precisión del 47,1%. (91)

Por otro lado, Krieger y cols, concluyeron que la corrección del apiñamiento en la parte anterior del arco con Invisalign® parece ser fácil de implementar y predecir cuando se usa la proclinación y la reducción interproximal. (92)

El primer estudio que estudia la expansión a nivel posterior es el de Solano-Mendoza y cols, donde resaltan que la eficacia de la expansión promedio obtenida en dicho estudio fue de 0,94 mm. Referente a la predictibilidad, estudios como el de Houle y cols obtuvieron una media de 62,67% a nivel gingival y 82,92% a nivel cuspideo. Cabe añadir que ambos estudios emplearon el material antiguo: Ex30®. (93,94)

1.3.2 Biomecánica del plástico

En la ortodoncia invisible, la fuerza ejercida por el material plástico del alineador es la resultante clave por la que se produce el desplazamiento de los dientes deseados para tal fin. A diferencia de los sistemas convencionales constituidos por aparatología fija multibrackets, en la que las fuerzas son ejercidas sobre un punto en el diente, los sistemas de ortodoncia mediante alineadores producen un sistema de fuerzas que inciden sobre diferentes puntos de las coronas de los dientes y de esta manera se controla el movimiento que se producen en aquellos dientes en los que se aplica. (95-99)

La biomecánica es aquella rama científica de la biofísica que estudia el comportamiento mecánico cuando son ejercidas determinadas fuerzas en los sistemas biológicos. Es por ello que, como se habla de un sistema biológico, las fuerzas ejercidas, por tanto, deben de poseer una magnitud, intensidad y dirección específicas para no desarrollar una respuesta patológica en los tejidos en los que incide.

Si se habla de movimiento dentario dentro de un tratamiento ortodóncico producido por la incidencia de diferentes fuerzas en aquellos dientes en los que se desea realizar determinados desplazamientos, éstos, por tanto, deberán estar sujetos a una serie de parámetros que induzcan una respuesta celular ausente de patologías. (96)

En base a lo anteriormente comentado, se ha podido observar como durante los últimos 30-40 años, las fuerzas de gran magnitud no producen movimientos más rápidos sino más bien producen reabsorciones radiculares e ionización del hueso. Por otro lado, también se puede observar en la literatura como el empleo de fuerzas leves y constantes producen movimientos dentales ausentes de patología lo que conlleva un adecuado tratamiento de ortodoncia desde el punto de vista de la salud bucodental. (96-100)

1.3.2.1 Material SmartTrack®

Los polímeros termoplásticos son un tipo de material que a temperaturas relativamente altas se vuelven deformables o flexibles, se derriten cuando se calientan y se endurecen (transición vítrea) cuando se enfrían lo suficiente. La mayor parte de los polímeros termoplásticos son de alto peso molecular, pues poseen cadenas (asociadas mediante fuerzas de Van de Waals) débiles, fuertes con interacciones de dipolo-dipolo y enlaces de hidrógeno o incluso anillos aromáticos apilados. (101)

Los polímeros amorfos son aquellos que su estructura molecular se encuentra irregularmente organizada y el empaquetamiento molecular es débil. Por otra parte, hay polímeros que su estructura molecular se encuentra organizada de manera regular y cuya estructura química permite que las cadenas de polímeros se plieguen sobre sí mismas y se empaqueten de manera organizada. Todos los polímeros cristalinos tienen en su estructura, regiones amorfas que conectan regiones cristalinas, por lo que se conocen como polímeros semicristalinos (Figura 3). (101)

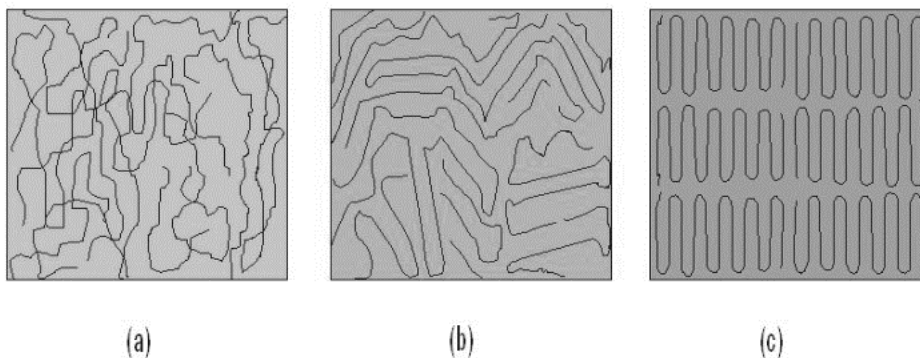


Figura 3: Polímero de estructura amorfa (A), semicristalina (B) y cristalina (C)

Estos polímeros tienen buenas propiedades físicas, químicas y mecánicas, como son: baja rigidez, adecuada deformabilidad, biocompatibilidad y estabilidad dimensional.

El poliéster, el poliuretano y el polipropileno son materiales termoplásticos dominantes en las mezclas de polímeros utilizados para la fabricación de aparatos de ortodoncia transparentes. (102)

El poliuretano es uno de los polímeros termoplásticos más versátiles, con excelentes propiedades físicas como son la resistencia química, la resistencia a la abrasión y la facilidad de procesamiento. Diversos estudios, han concluido que el poliuretano no es un material inerte y se ve afectados ante agentes físicos como el calor y la humedad, así como también por agentes químicos como el contacto prolongado con las enzimas salivales. (102-114)

A principios del siglo XXI aparecieron en el mercado, los primeros alineadores Invisalign® (Align Technology, San José, CA, EE. UU.) los cuales se fabricaban con un material llamado Proceed30® (PC30®), el cual era una mezcla de polímeros que no cumplían con todos los requisitos físico-químicos y clínicos para el movimiento dental de ortodoncia. El grosor del material así como la dureza de los alineadores eran desconocidos. En un inicio surgió el material Ex40® con un grosor de 40”, que fue rápidamente sustituido por el Ex30® con un grosor de 30”, debido a la disoclusión posterior que este ocasionaba a los pacientes una vez finalizado el tratamiento la dureza de dicho material. Bollen y cols junto con la compañía Align Technology, Inc. estudiaron mediante varios ensayos clínicos aleatorizados el comportamiento de ambos materiales, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en ninguno de sus estudios. (88,115,116,117)

El material Ex30® (polimérico Exceed30), es un polímero de grado medio confeccionado por poliuretano-metilen-difenildiisocianato 1,6-hexanodiol, probado para seguridad y biocompatibilidad. El material Ex30® exhibió una elasticidad 1,5 veces mayor que la del material PC30®, por lo que la extracción e inserción de los alineadores

resultó ser más sencilla para los pacientes. A su vez, se observó una diferencia significativa en las curvas de tensión-deformación y una transmisión de la fuerza mayor en el Ex30® puede. (117,118)

Desde el año 2013, el material Ex30® fue reemplazado por un nuevo polímero innovador llamado SmartTrack® (LD30®), un poliuretano / copoliéster termoplástico aromática multicapa. Las características del material proporcionan un mejor rendimiento, incluyendo en ellas una fuerza suave y más constante, una acción a más largo plazo y una adhesión mejorada gracias a la elasticidad del material, así como a la comodidad y facilidad de uso para el paciente.

Esta nueva tecnología, SmartTrack® posee principalmente tres ventajas en comparación con el material anterior Ex30®. En primer lugar, se podría hablar de la reproducción de una serie de fuerzas con característica de mayor suavidad y constancia las cuales como se ha comentado anteriormente producen una menor posibilidad de provocar reabsorción radicular durante el tratamiento. En segundo lugar, una mayor elasticidad por parte del material SmartTrack® frente al Ex30®, lo cual puede resultar interesante desde el punto de vista clínico. Como última ventaja, se destacaría la estabilidad química y un ajuste de alineador aún más preciso y cómodo. (113)

En referencia a la primera ventaja anteriormente citada, para conseguir una fuerza más suave y constante, se necesita una rigidez correcta, que es conocido como relajación de tensión. (119,120)

La rigidez, es una medida cualitativa de la resistencia a las deformaciones elásticas producidas por un material, el cual tiene la capacidad de un elemento estructural para soportar fuerzas sin adquirir grandes deformaciones. La rigidez de un material se compone de dos parámetros que serían el módulo de Young para el material y forma del material. (121,122)

La base del movimiento con este material (SmartTrack®) reside en la generación de las fuerzas producidas por la deformación del alineador al entrar en contacto con el diente. La forma de los dientes es la que realmente genera la fuerza, ya que el material posee una forma corrugada en todos sus aspectos: entre los dientes, sobre la superficie de la oclusión y la superficie oclusal. Estas corrugaciones son las que consiguen esta fuerza, que se necesitan para que se produzcan los movimientos planificados. (120,123)

Otro factor es la relajación de tensión. Un plástico, está compuesto por un polímero formado por moléculas poliméricas de fibras de gran longitud envueltas, unidas y reticuladas, que cuando se estiran, los polímeros comienzan a reorganizar su orientación. En la Figura 4, se puede apreciar como existe un gran sometimiento de fuerzas sobre el material en el primer día y que éstas descienden en un inicio a una gran velocidad reduciéndose la misma durante las primeras 24 horas. Posteriormente puede observarse una reducción de menor magnitud y sostenida en el tiempo produciendo una curva asintótica en la gráfica. Al estar este plástico en un medio acuoso, como es la cavidad oral, absorben el agua y ésta descompone parcialmente las moléculas. (124)

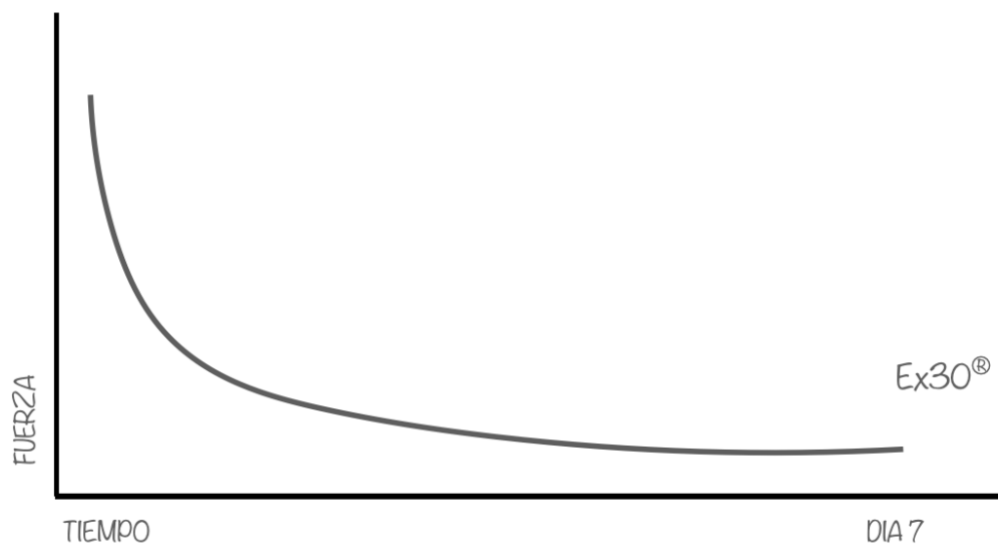


Figura 4: Gráfica que muestra la relajación de tensión con el material (Ex30®).

El plástico en si, se podría decir que conlleva esta degradación de la fuerza, aunque no se haya producido ningún movimiento dental. Por tanto, un objetivo a tener en cuenta a conseguir en un material sería el de poder ejercer una fuerza leve y constante en los dientes, que no cambiase a lo largo del tiempo; de modo que la única vez que cambie sea cuando se mueve el diente y de este modo el alineador obtuviese un estado pasivo, y en ese momento es cuando el paciente tendría que pasar al siguiente alineador.

Por todo ello, se confeccionó un nuevo tipo de material que produjese una fuerza constante consiguiendo que el diente se desplazase a su nueva posición (SmartTrack®). A diferencia de otros tipos de polímeros, la fuerza disminuía gradualmente mientras se producía el movimiento planificado. Se aprecia la diferencia entre ambos materiales que el material Ex30® obtiene una relajación mas acentuada en un corto espacio de tiempo; mientras que el SmarTrack® produce una relajación menos intensificada y mas gradual en el tiempo. (Figura 5).

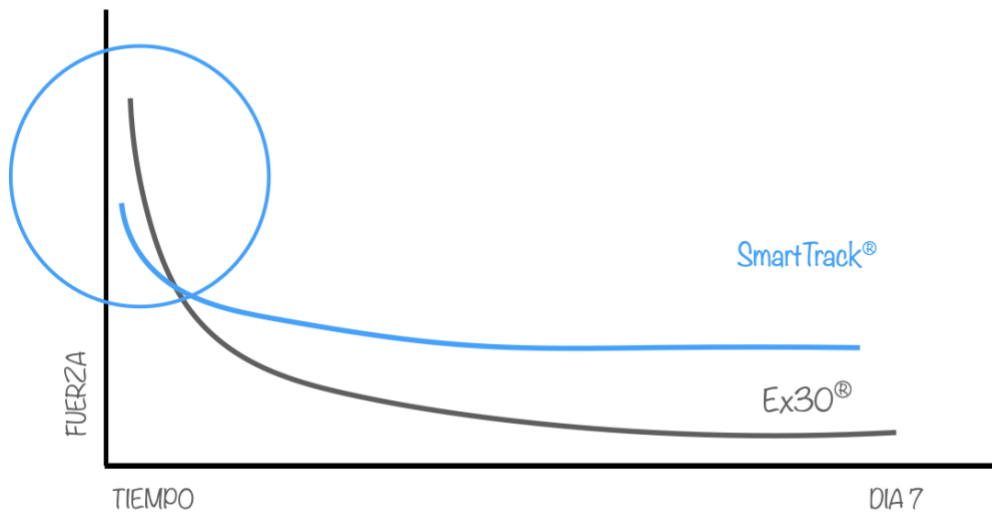


Figura 5: Gráfica que muestra la relajación de tensión con el material Ex30® vs SmarTrack®.

Este efecto explica la reproducción de una fuerza de menor magnitud y constante en el tiempo ya que este material produce una fuerza de inserción menor, siendo así más cómodo para el paciente, no siendo una fuerza intensa como la que se produce con el material Ex30®. Dicho de otro modo, el sistema ideal sería aquel en el que se obtuviese una fuerza constante, es decir, una gráfica con una línea lo más horizontal posible, que ejerciese una fuerza constante prolongada en el tiempo de trabajo (Figura 6). Esto es lo que se consigue en mayor medida con el material SmarTrack® si se compara con el material Ex30®, pues el material SmarTrack® al ser un material mas rígido, produce una fuerza de inserción menor para mayor comodidad del paciente y mantiene una fuerza constante durante todo el tratamiento (zona roja). (125)

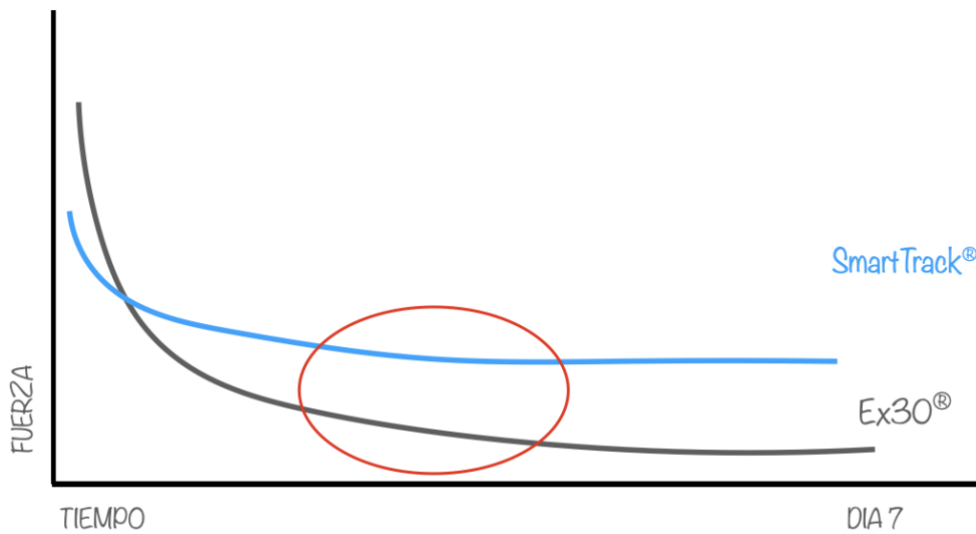


Figura 6: Gráfica que muestra la relajación de tensión con el material Ex30® vs SmartTrack® (fuerza constante).

El término elasticidad designa la propiedad mecánica que tienen ciertos materiales al sufrir deformaciones reversibles cuando se encuentran sujetos a la acción de fuerzas externas, y de recuperar la forma original si estas fuerzas desaparecen.

El material elegido en la ortodoncia mediante alineadores plásticos, debe ser muy elástico, de forma que cuando se estire el aligner y se active insertándolo en la arcada, éste vuelva a su forma programada y recupere su forma original. El material, por tanto, tiene que ser un material lo suficiente elástico para deformarse de manera reversible y por ello vuelva a su forma original, siempre ejerciendo una fuerza lo mas constante posible sobre el diente durante el tratamiento como se comentó anteriormente.

Cuando se ejercen una serie de fuerzas sobre un material determinado, éste sufre un proceso de deformación reversible en primer lugar (módulo elástico), pero si ésta serie de fuerzas alcanzan un determinado límite en magnitud y tiempo pueden verse

representadas en el material como un proceso irreversible (módulo de plasticidad) que si continúan en aumento conllevarían a la fractura de dicho material. (127)

En referencia a esto último, se puede afirmar que en cierta medida ambos materiales, Ex30® y SmarTrack®, sufren un proceso de deformación plástica cuando son utilizados durante el tratamiento de ortodoncia en el paciente. Sin embargo, puede apreciarse como sí existe una diferencia notoria entre la memoria elástica entre ambos materiales, apreciándose una mejor recuperación de su forma original en el material SmarTrack® (Figura 7). (112,128)

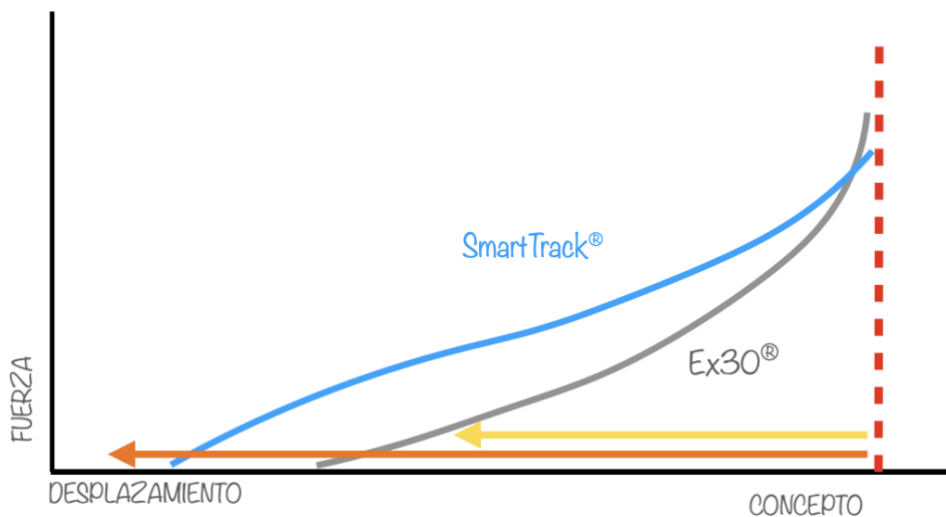


Figura 7: Gráfica que muestra la memoria de elasticidad de los materiales SmarTrack® y Ex30® cuando son sometidos a una misma fuerza.

En la actualidad, el material SmarTrack® es un excelente plástico con el que se pueden controlar sistemas de fuerzas y disponer de un mejor control del tratamiento ortodóncico, sin embargo, no está ausente de una serie de limitaciones que pueden verse superadas en un futuro por un material de características superiores.

Como se ha comentado en apartados anteriores, la ortodoncia mediante alineadores plásticos ha supuesto una revolución en el tratamiento ortodóncico en los últimos años. Sin embargo, cabe mencionar que ésta presenta, en ciertos aspectos, una serie de limitaciones en el movimiento dentario que, como es lógico, evolucionan con el paso de los años y van de la mano del crecimiento de esta rama de conocimiento dentro de la ortodoncia.

Por tanto, se puede decir que, existen diversos estudios que analizan los movimientos dentarios conseguidos con el material Ex30®. Sin embargo, al conseguir un nuevo material que, a priori, muestra mejores propiedades biomecánicas, éste plantea un número elevado de posibilidades de tratamiento en las que, donde antes el anterior material podía verse limitado por sus características físicas ahora pueden verse solventadas con este nuevo cambio.

Asimismo, diversos estudios clínicos retrospectivos han analizado diferentes variables obtenidas con dicho sistema. Uno de los movimientos más estudiados han sido los producidos en el plano transversal, donde el estudio de Solano-Mendoza y cols, resaltó que la eficacia en la expansión promedio obtenida fue de 0,94 mm. En referente a la predictibilidad de este tipo de movimientos, se puede observar estudios como el de Houle y cols que aportaron datos de movimientos conseguidos con una media de 62,67% a nivel gingival y 82,92% a nivel cuspídeo. Cabe añadir que, ambos estudios comentados partían de una muestra en la que el material utilizado era el Ex30®. (93,94)

Por todo lo comentado anteriormente, se nos plantea cuál es la eficacia y predictibilidad en el plano transversal que se puede conseguir con el material actual SmartTrack®, que es lo que se estudiará en nuestro trabajo.

OBJETIVOS

E

HIPÓTESIS

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos generales y específicos.

2.1.1 Objetivo general

Evaluar la eficacia y predictibilidad de la expansión ortodóncica superior e inferior con el sistema de alineadores plásticos removibles (Invisalign[®]) fabricados con el material SmarTrack[®].

2.1.2 Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia de la expansión en función de la arcada a estudiar.
2. Determinar la predictibilidad de la expansión en función de la cantidad de movimiento de planificado según la tabla de movimientos del Clincheck[®].
3. Determinar el comportamiento de la expansión en función de las diferentes formas de planificación del movimiento de expansión (expansión por inclinación de la corona corono-vestibular o expansión en gresión).

2.2 Hipótesis del trabajo

Para alcanzar los objetivos planteados, se desarrolla una metodología investigadora construida para anular o refutar la siguiente hipótesis nula, con el objeto de apoyar hipótesis alternativas en el caso de que las pruebas estadísticas evidencien lo contrario.

2.2.1 Hipótesis 1

Hipótesis nula: no existen diferencias entre la expansión obtenida pre y post-tratamiento a nivel de caninos, premolares u molares, tanto en la arcada superior como la inferior.

Hipótesis alternativa: sí existen diferencias entre la expansión obtenida pre y post-tratamiento a nivel de caninos, premolares u molares, tanto en la arcada superior como la inferior.

2.2.2 Hipótesis 2

Hipótesis nula: no existen diferencias entre la expansión planificada en el Clincheck® y la final conseguida, a nivel de caninos, premolares u molares, tanto en la arcada superior como la inferior.

Hipótesis alternativa: si existen diferencias entre la expansión planificada en el Clincheck® y la final conseguida, a nivel de caninos, premolares u molares, tanto en la arcada superior como la inferior.

MATERIAL

Y

MÉTODO

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio retrospectivo cuasiexperimental antes-después sin grupo control.

3.2 Ámbito de estudio

Pacientes atendidos en una clínica especializada en Ortodoncia en Stuttgart, Alemania.

3.3 Periodo de estudio

Marzo de 2013 hasta el mes Diciembre del año 2018.

3.4 Población y muestra.

Se han estudiado los pacientes que hayan cumplido los siguientes criterios.

3.5 Criterios de inclusión y exclusión

3.5.1 Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Pacientes tratados entre las edades comprendidas entre los 10 a 74 años.
2. Pacientes en dentición permanente con erupción de los primeros molares maxilares.
3. Pacientes sometidos a expansión durante el tratamiento exclusivamente con alineadores removibles (Invisalign®).
4. Todos aquellos modelos, tanto T1 como T2, sin presencia de attachments en los modelos reales digitalizados.
5. Pacientes con tratamiento mínimo de 13 alineadores removibles.

6. Pacientes con un cumplimiento de las normas estrictas de uso de los alineadores.
7. Pacientes con un cumplimiento de todo el número de alineadores planificados (en caso de pacientes con refinamientos) y que no se produjese un cambio a mitad.

3.5.2 Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Pacientes con necesidad de tratamiento con cirugía ortognática.
2. Pacientes con compresión maxilar superior a 12 mm.
3. Pacientes a los que se les sometió a compresión durante el tratamiento de ortodoncia.
4. Todos aquellos modelos, tanto T1 como T2, que tuviesen attachments.
5. Pacientes con falta de registros de modelos T1 y T2.
6. Pacientes con tratamiento de un número menor a 10 alineadores removibles.
7. Pacientes que requirieron uso de aparatologías auxiliares removibles o con bandas para la realización de expansión, así como el uso de elásticos de mordida cruzada.
8. Pacientes afectos de síndromes que alteren la anatomía del maxilar superior o pacientes con fisura labial, palatina o mixta.
9. Pacientes con agenesias dentarias maxilares (sin incluir los terceros molares).

3.6 Tamaño muestral

En una clínica de Stuttgart (Alemania), donde un mismo ortodoncista (B.S) planificó y trató a todos los pacientes que componían la muestra y dado que con los medios actuales es accesible a esa información y es posible cuantificarla, el número de pacientes de los que se disponía para ser incluidos en el estudio era de 167 pacientes, y de ellos, los pacientes que cumplieron los criterios de inclusión fueron 64 pacientes en la arcada superior, y 51 pacientes en la arcada inferior, siendo estos nuestra muestra de estudio.

A su vez, tanto la arcada superior como la inferior se dividió en función de la cantidad de expansión planificada a nivel de los 1º molares. En la arcada superior, de los 64 pacientes, se dividieron en G1=29 (expansión entre 1 y 2 mm), G2=25 (expansión entre 2,1 y 3,5 mm) y G3=10 (expansión entre 3,6 y 5,8 mm). Por otra parte, la arcada inferior, de los 51 pacientes que disponíamos, se dividieron en G1=26 (expansión entre 1 y 1,90 mm), G2=22 (expansión entre 2 y 3 mm) y G3=3 (expansión entre 3,1 y 5,5 mm)

3.7 Fuente de información.

Recursos físicos: modelos de pacientes pre-post tratamiento (STL) y reproducciones virtuales ClinCheck[®] de pacientes tratados y software informático analítico NemosCast[®] (Nemotec, Madrid, España).

Recursos bibliográficos: Búsqueda en la base de datos electrónica MEDLINE (vía PubMed), Scopus y Cochrane.

3.8 Aspectos éticos

Este estudio de investigación se realizó conforme a los principios éticos para las investigaciones médicas con seres humanos, recogidos en la Declaración de Helsinki de

la Asociación Médica Mundial (AMM) actualizada en 2013, la Ley 14/2007, de Investigación Biomédica. (129) Durante la recogida de datos se respetó la confidencialidad y el anonimato, cumpliendo con la normativa estatal de Protección de Datos de carácter personal, Real Decreto 1720/2007 y la normativa europea Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo.

Los datos de carácter personal fueron tratados conforme al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo del 27 de Abril del 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y al uso de estos, por lo que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos), a la Ley Orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de Protección de Datos personales y garantía de los derechos digitales. Además, se tomaron las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los datos personales utilizados.

El proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo fue avalado por el comité coordinador de ética en la investigación Biomédica de Andalucía de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocío, siendo presentado en octubre de 2019, con resolución positiva el marzo de 2020. (Anexo II)

3.9 Intervención

Los pacientes escogidos para el estudio, fueron analizados de forma retrospectiva, recolectando los modelos pre y post tratamiento, una vez finalizado el mismo, para compararlos entre ellos y con lo planificado.

Para demostrar la hipótesis planteada, se diseñó un protocolo en dos fases.

1°. Cuánto es la expansión real obtenida del modelo digital real inicial pre-tratamiento (ModT1) y final post-tratamiento (ModT2), de este modo se estudió la eficacia.

2º. Cuánta era la expansión obtenida del modelo digital final (ModT2) y la simulación virtual (ClinCheck[®]) post-tratamiento (CkT2), de este modo se estudió la predictibilidad.

3.9.1 Creación de los modelos digitales y creación de la simulación en ClinCheck[®]

Para los modelos digitales reales, se tomaron impresiones con alginato (Hydrogum, Zhermarck[®]) y fueron positivadas en escayola tipo IV Fuji Rock[®]. Estos modelos se digitalizaron con el escáner dental DigiScan DSTM[®] (RSI GmbH Oberursel, Germany). Fueron colocados en una plataforma capaz de girar e inclinar, lo que permitió una captura de doble imagen a partir de dos cámaras y un láser. La exploración de alta resolución de cada modelo tomó aproximadamente 2 minutos, para la obtención de imágenes en archivos estereolitográficos (STL) con una precisión de 0,20 micras. Éstas imágenes fueron almacenadas (T1), y una vez finalizado el tratamiento con los alineadores, se volvió a realizar el mismo procedimiento (T2).

Para la creación de la simulación del ClinCheck[®] se escanearon ambas arcadas de los pacientes y registro de oclusión con el escáner intraoral iTero[™] al inicio del tratamiento y estos archivos fueron enviados a la empresa Align Technology, Inc. para la creación del ClinCheck[®].

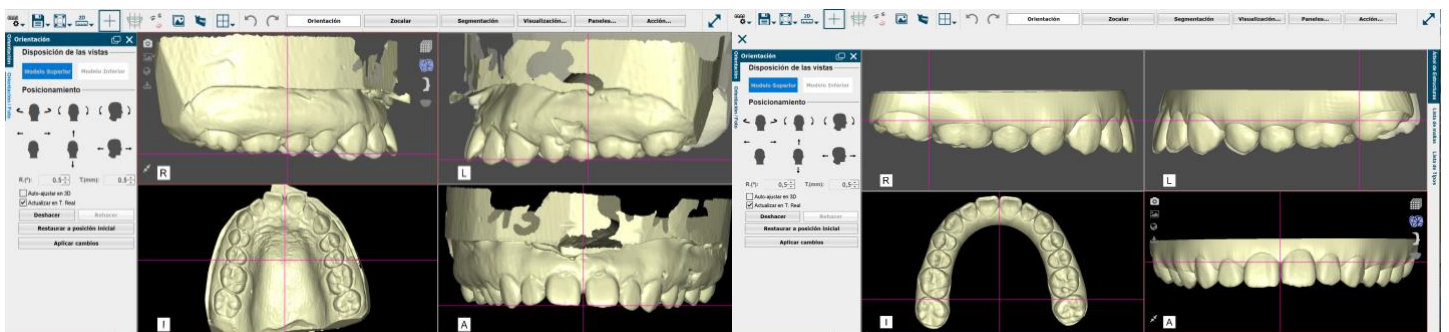
En primer lugar, el técnico virtual de ortodoncia (VOT) realizó cortes sobre los modelos virtuales entre cada diente para moverlos de manera individual. Las indicaciones fueron dadas por un único examinador con experiencia (B.S.). Una vez conseguida la configuración final de cada uno de los modelos virtuales, los movimientos dentales fueron organizados para no existir interferencias oclusales o interproximales. Los datos procesados fueron enviados al ortodoncista por el VOT de manera que pudiese comprobar

el tratamiento propuesto por Invisalign® y pudiese realizar las correcciones oportunas.
(130)

3.9.2 Procesado y cuantificación de los modelos STL (ModT1, ModT2) ®

Los modelos digitales, en formato STL, se denominaron: ModT1 (modelo pre tratamiento) y ModT2 (modelo post tratamiento) así como el STL del Clincheck® final o del primer Clincheck® en caso de refinamiento, exportándolo desde Invisalign®. Estos STL fueron procesados con el software informático analítico NemoCast ® (Nemotec, Madrid, España), para realizar su medición.

En primer lugar, cada modelo fue orientado en los tres planos del espacio, con el rafe palatino y las guías horizontales y verticales (Figura 8).



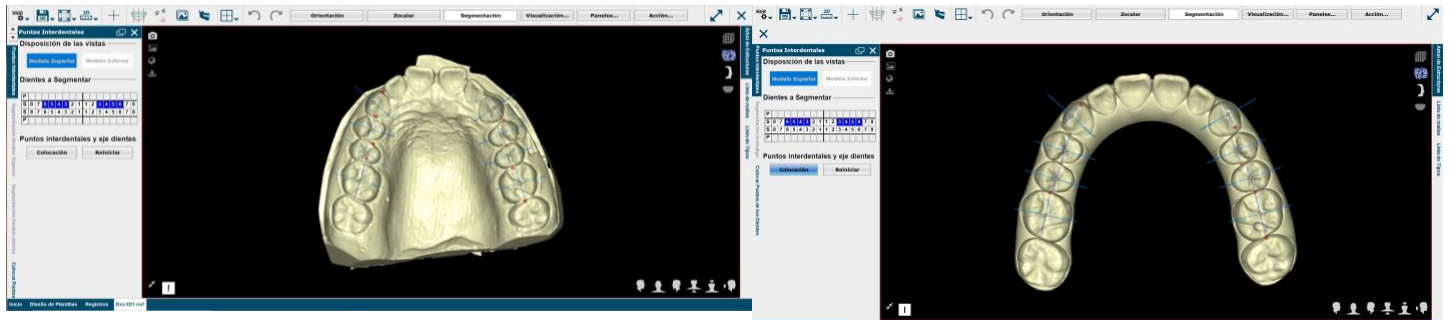
A

B

Figura 8: Orientación del modelo en los 3 planos del espacio en el modelo STL (A) y en el Clincheck® (B)

A continuación, se individualizó cada diente que se midió (16,15,14,13,23,24,25,26) posicionándose los puntos mesial, distal y centroide (Figura 9) en los cuales posteriormente se delimitaron los márgenes y papilas gingivales tanto

vestibulares como palatinos (Figura 10) para producir la segmentación del modelo (Figura 11).



A

B

Figura 9: Colocación de puntos interdetales en el modelo (A) y en el Clincheck® (B)

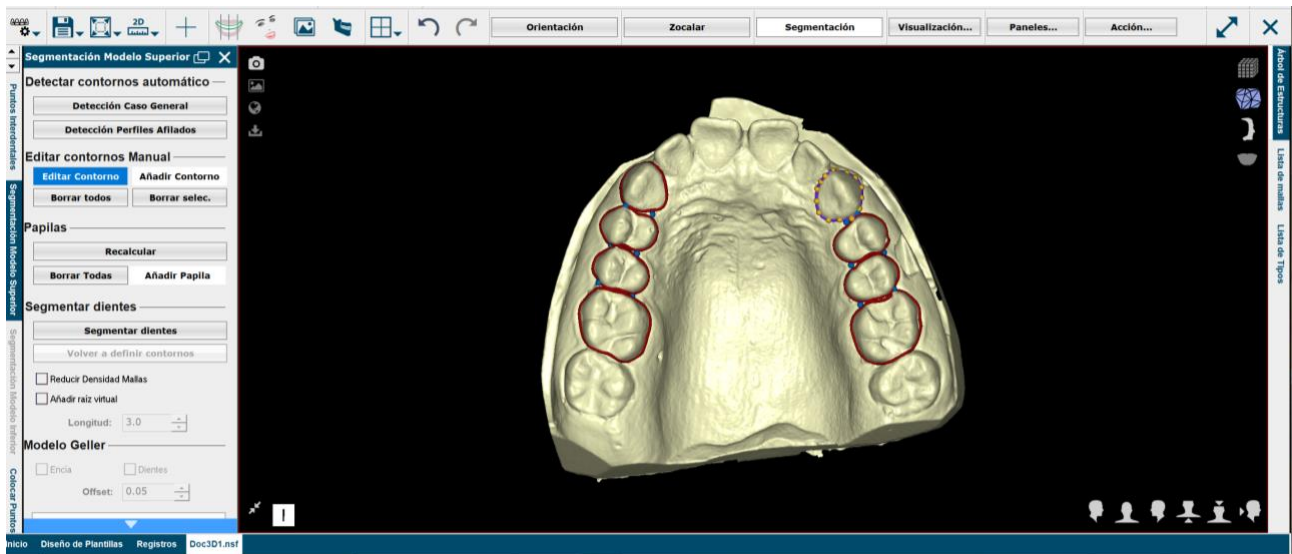
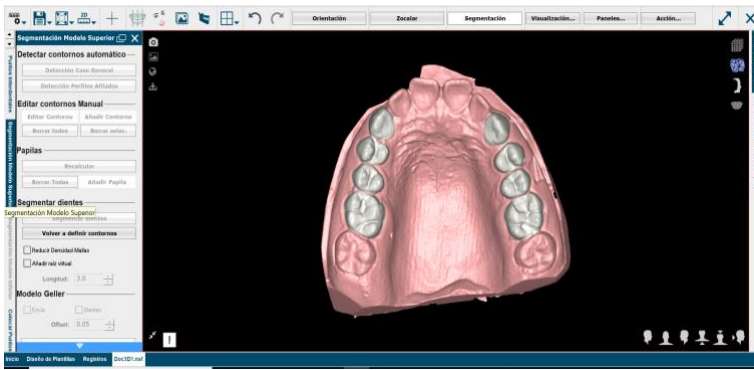
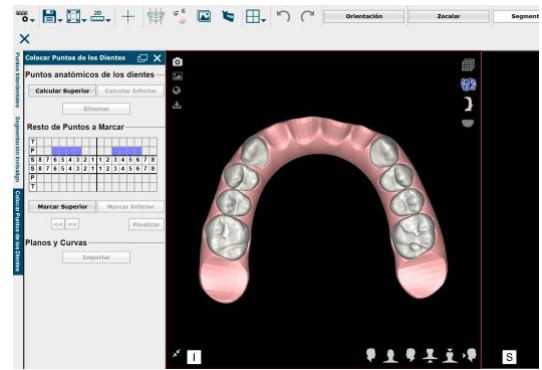


Figura 10: Detección automática y edición de contornos dentales. Colocación de papilas interdetales.



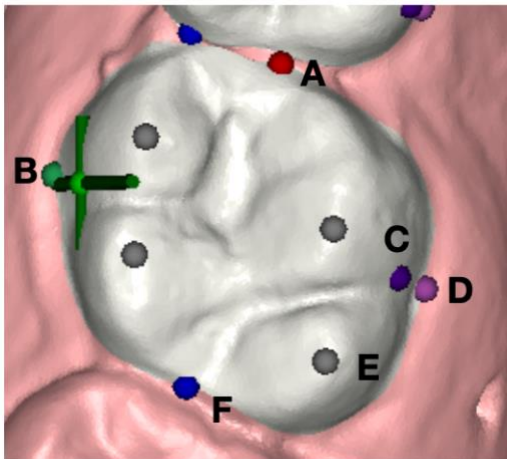
A



B

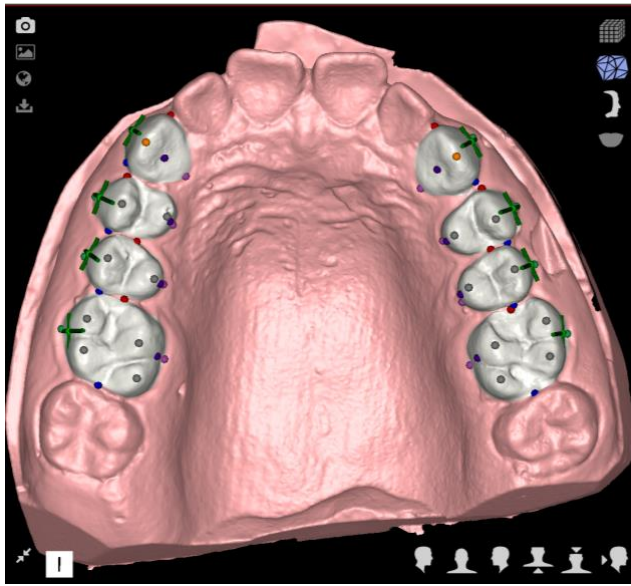
Figura 11: Segmentación de dientes seleccionados en el modelo (A) y en el Clincheck® (B)

Una vez segmentados, se procedió la colocación y ajuste de puntos (Figura 12,13 y 14) y la curva de forma de arcada para definir la core-line y plano oclusal para realizar el calculo de las medidas o variables de interés en la cuantificación de la expansión.

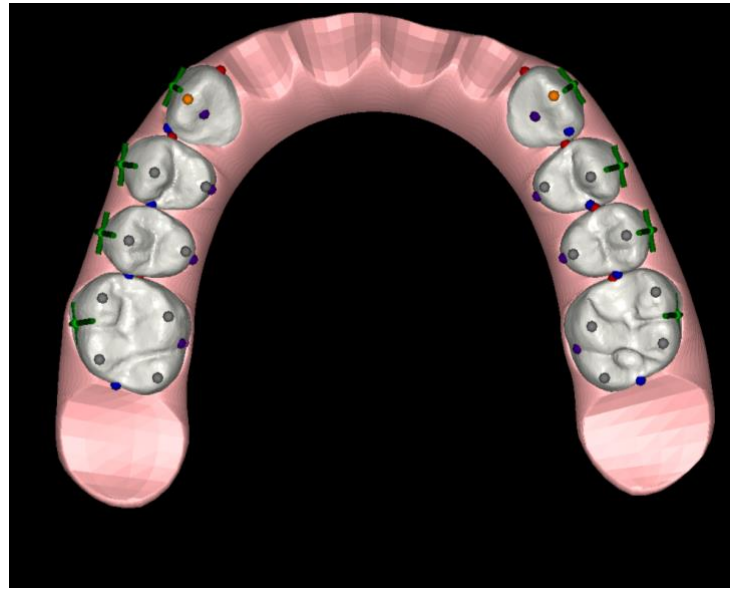


Letra	Localización
A	Punto Mesial
B	Punto Cervico-vestibular
C	Punto Linguo-axial
D	Punto Cervicolingual
E	Punto Mesio/Disto-Vestibular/Lingual
F	Punto Distal

Figura 12: Colocación de puntos

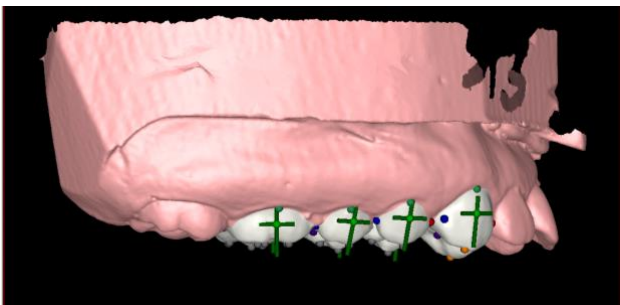


A

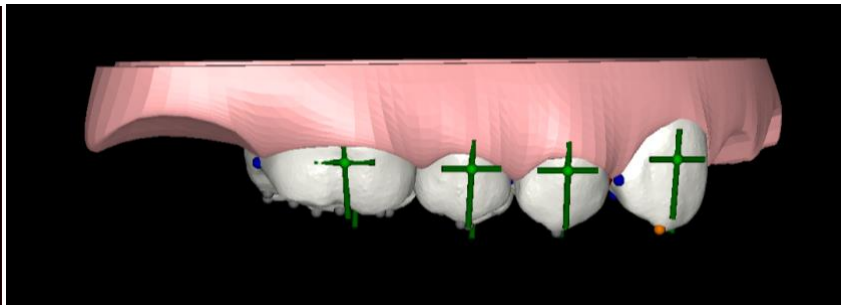


B

Figura 13.a: Colocación de puntos interdientales (vista oclusal) de dientes seleccionados en el modelo (A) y en el Clincheck Cuspídea (B).

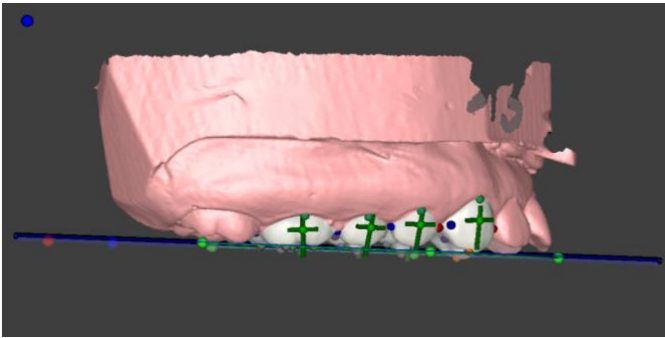


C

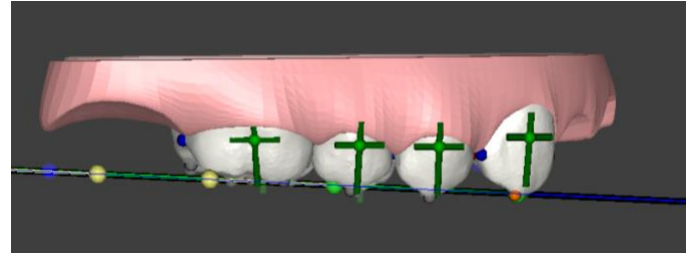


D

Figura 13.b: Colocación de puntos interdientales (vista lateral) de los dientes seleccionados en el modelo (C) y en el Clincheck® (D).



A



B

Figura 14: Colocación del plano oclusal en el modelo (A) y en el Clincheck® (B).

3.10 Variables del estudio

3.10.1 Variables del información de la muestra

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Edad (años)	Edad en el momento de inicio de tratamiento	Cuantitativa continua Edad (años)
Sexo	Sexo biológico del paciente	Cualitativa nominal dicotómica Mujer=1 Hombre=2
Tiempo (días)	Días que el paciente ha seguido el tratamiento	Cuantitativa continua Tiempo (días)
Número de alineadores	Numero de férulas que el paciente ha tenido en el tratamiento	Cuantitativa continua Númerica
Clase Molar	Maloclusión presentada del paciente en el momento que empezó el tratamiento	Cualitativa ordinal I=1 II=2 III=3
Mordida Cruzada	Presencia de Mordida cruzada al inicio del tratamiento	Cualitativa nominal dicotomica No=1 Si=2
Refinamiento	Paciente precisó de un refinamiento (CkT2*) o no (ModT2)	Cualitativa nominal dicotomica No=1 Si=2

Tabla 1: variables de información de la muestra

3.10.2 Puntos anatómicos dentición

ABREVIATURA	DEFINICIÓN CONCEPTUAL
Mesial	Parte mesial del punto de contacto entre dos dientes (M-2PM, 2PM y 1PM o 1PM-C)
Cervico-vestibular	Punto medio de la cara vestibular mas próximo al margen gingival.
Cervicolingual	Punto medio de la cara lingual mas próximo al margen gingival.
Linguo- Axial	Punto medio de la cara lingal
MesioVestibular	Cúspide Mesiovestibular
Distovestibular	Cúspide Distovestibular
MesioLingual	Cúspide Mesiolingual
DistoLingual	Cúspide Distolingual
Distal	Parte distal del punto de contacto entre dos dientes (M-2PM, 2PM y 1PM o 1PM-C)

Tabla 2: Abreviatura, definición conceptual y descripción de los puntos anatómicos sobre los dientes a analizar.

3.10.3 Medidas lineales y angulares

TIPO DE MEDIDA	ABREVIATURA	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
LINEAL	ACG	Anchura canina gingival	Centro de la cara gingival del canino de una hemiarcada a los mismos puntos de la arcada contralateral	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	A PM-G	Anchura primer premolar gingival	Centro de la cara gingival del primer premolar de una hemiarcada a los mismos puntos de la arcada contralateral	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	A 2PM-G	Anchura segundo premolar gingival	Centro de la cara gingival del segundo premolar de una hemiarcada a los mismos puntos de la arcada contralateral	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	A 1M-G	Anchura molar gingival	Centro de la cara gingival del primer molar de una hemiarcada a los mismos puntos de la arcada contralateral	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	A 1PM-V	Anchura primer premolar cuspídea	Cúspide vestibular del primer premolar de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral.	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	A 2PM-V	Anchura segundo premolar cuspídea	Cúspide vestibular del segundo premolar de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral.	Cuantitativa continua Milímetros

LINEAL	ACC	Anchura Canina Cuspídea	Cúspide del canino de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral.	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	ACM	Anchura Cuspídea Molar	Cúspide mesiovestibular del primer molar de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral.	Cuantitativa continua Milímetros
ANGULAR	RMI	Rotación Molar Izquierda	Ángulo anterior formado por la línea que une la cúspide distovestibular y mesiopalatina del primer molar izquierdo, al cortar dicha línea con el rafe palatino	Cuantitativa continua Grados sexagesimales
ANGULAR	RMD	Rotación Molar Derecha	Ángulo anterior formado por la línea que une la cúspide distovestibular y mesiopalatina del primer molar derecho, al cortar dicha línea con el rafe palatino	Cuantitativa continua Grados sexagesimales
LINEAL	PC	Profundidad Canina	Longitud establecida entre la perpendicular que pasa por el punto de contacto en mesial de los incisivos centrales con la línea que conecta las cúspides de ambos caninos.	Cuantitativa continua Milímetros
LINEAL	PA	Profundidad de Arcada	Longitud establecida entre la perpendicular que pasa por el punto de contacto en mesial de los incisivos centrales con la línea que conecta las cúspides mesio-vestibulares de ambos primeros molares	Cuantitativa continua Milímetros

ANGULAR	IM	Inclinación molar	Ángulo formado por la intersección de las líneas que pasan por la cúspide disto-vestibular y mesio-palatina	Cuantitativa continua Grados sexagesimales
----------------	----	-------------------	---	---

Tabla 3. Definición de las variables utilizadas en el estudio.

Anchura canina gingival (ACG), primer premolar gingival (A1oPmG), segundo premolar gingival (A2oPmG) y molar gingival (AMG) (131) (Figura 15): La medición se realizó desde el centro de la cara gingival del canino, primer premolar, segundo premolar y primer molar de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral. La marca se localizó en el centro de la cara palatina en contacto con la mucosa del paladar, y en el primer molar en la unión del surco con la mucosa.

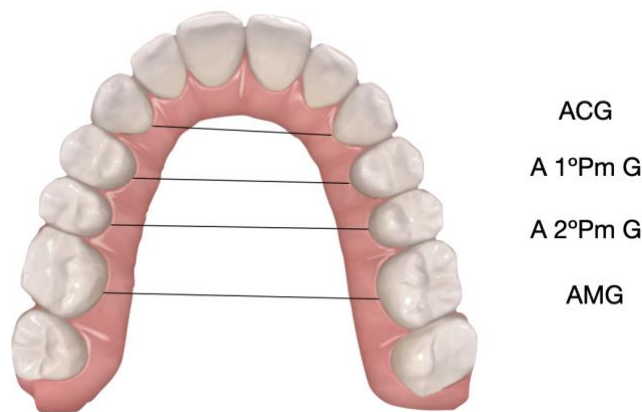


Figura 15: Anchura gingival (ACG), primer premolar gingival (A1oPMG), segundo premolar gingival (A2oPMG) y molar gingival (AMG).

Anchura canina cúspide (ACC), primer y segundo premolar cúspide y molar cúspide (AMC) (132) (Figura 16): La medición se realizó desde la cúspide del canino, cúspide vestibular de primer y segundo premolar y cúspide mesiovestibular del primer molar de una hemiarcada a los mismos puntos de la hemiarcada contralateral.



Figura 16: Anchura canina cúspide (ACC), primer premolar cúspide (A1oPmC), segundo premolar cúspide (A2oPmC) y molar cúspide (AMC).

Rotación molar derecha (RMD) e izquierda (RMI) (133) (Figura 17): La medición consistió en valorar el ángulo anterior formado por la línea que une la cúspide distovestibular y mesiopalatina del primer molar, al cortar dicha línea con el rafe palatino. Cada primer molar de cada hemiacarada se midió de forma individual con el rafe palatino

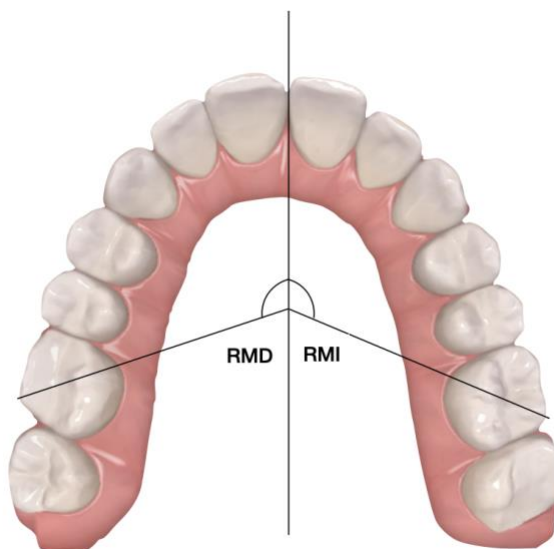


Figura 17: Rotación molar derecha (RMD), rotación molar izquierda (RMI)

Profundidad canina (PC) (134)

(Figura 18): La profundidad canina se calculó a través de la medición de la longitud establecida entre la perpendicular que pasa por el punto de contacto en mesial de los incisivos centrales con la línea que conecta las cúspides de ambos caninos. Profundidad de arcada (PA) (134) (Figura 18): La profundidad de arcada se calculó a través de la medición de la longitud establecida entre la perpendicular que pasa por el punto de contacto en mesial de los incisivos centrales con la línea que conecta las cúspides mesio-vestibulares de ambos primeros molares.

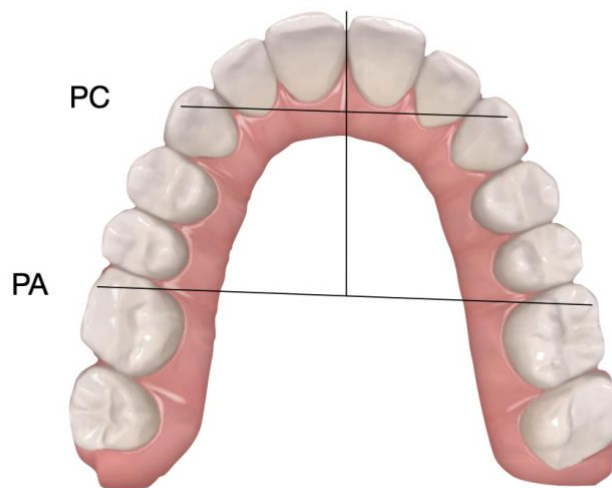


Figura 18: Profundidad canina (PC), Profundidad de arcada (PA).

Inclinación molar (IM) (131) (Figura 19): La angulación de los primeros molares se midió mediante el cálculo del ángulo formado por la intersección de las líneas que pasan por la cúspide disto-vestibular y mesio-palatina.

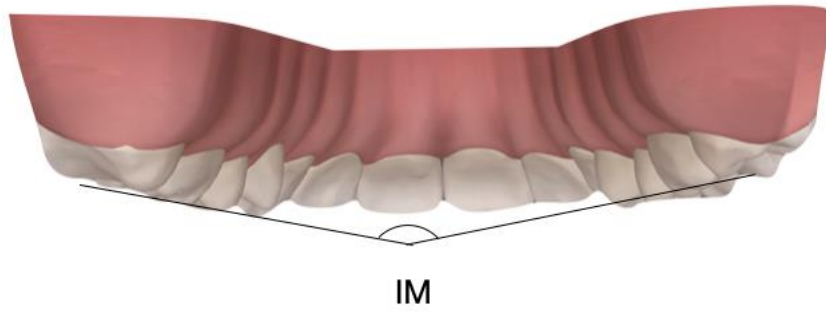


Figura 19: Inclincación Molar (IM)

3.11 Limitaciones del estudio

Desde un punto de vista autocrítico se podría decir que este estudio, al igual que la inmensa mayoría de ensayos publicados en la literatura científica, presenta una serie de limitaciones que puedan cuestionar los resultados obtenidos y por tanto reducir la validez del mismo, así como tratar con cautela las conclusiones las cuales se presentan en este ensayo.

En primer lugar, se podría hacer mención al tipo de diseño del estudio, ya que éste es un ensayo retrospectivo y por tanto presenta una menor relevancia en la escala científica que otros tipos de diseños. Por otro lado, no se analiza un grupo control frente a un grupo prueba, por lo que se pierde referencia en los resultados.

En segundo lugar, cabría hacer incapié en el sistema y metodología de medición realizados. Por un lado, se puede observar que a la hora de realizar las mediciones quedó excluido el segundo molar tanto superior como inferior el cual es un diente terminal y habría sido interesante conocer sus resultados. En otro sentido, también habría que añadir la ausencia de mediciones mediante el uso del CBCT, el cual podría minimizar los sesgos en cuanto a mediciones y profundizar en una posición más exacta del diente con respecto a su base ósea. Cabe añadir, que el utilizar este tipo de radiación con fines meramente científicos puede ser éticamente cuestionable.

En último lugar, cabe destacar las diversas evoluciones que sufren los tratamientos mediante ortodoncia plástica, por las cuales en la actualidad se puede apreciar diferentes modificaciones en el diseño de attaches a colocar en el movimiento de expansión, como son el HBO (attaches biselados oclusal) o (OSE) attaches optimizados de soporte a la expansión junto con otros tipos de técnicas que puedan ayudar en la predictibilidad y eficacia de dicho movimiento. En este estudio, los dientes analizados, no presentaban este

tipo de técnicas auxiliares, por lo que los resultados obtenidos son exclusivamente de la fuerza ejercida por el plástico.

ANÁLISIS

DE

DATOS

4. ANÁLISIS DE DATOS

4.1 Análisis de datos

Con la definición operativa de las variables se creó una base de datos en Excel 2018 que posteriormente se exportó al paquete estadístico SPSS IBM 26 con el que se efectuó el análisis de datos.

4.1.1 Concordancia intra-observador

Todas las mediciones fueron realizadas por un único examinador (M.L.V.B) en relación a la medición de los modelos digitalizados pre y post tratamiento (ModT1 y ModT2), así mismo como las cuantificaciones realizadas sobre las simulaciones virtuales Clincheck[®] (CKT2).

Se llevo a cabo la calibración previa de las imágenes obtenidas mediante simulación y los modelos digitalizados.

Para cuantificar el error de medición intraobservador se realizaron mediciones dobles sobre los registros pretratamiento de 30 pacientes, seleccionados aleatoriamente y separados por un intervalo de 2 semanas. Para valorar la concordancia intra-observador se realizó el coeficiente de correlación intraclass (ICC) y los gráficos de Bland y Altman.

El método de Bland y Altman permite establecer el grado de concordancia entre dos medidas en escala cuantitativa. Se construyen límites de tolerancias a partir de la media de las diferencias de ambas mediciones y la desviación estándar de la media de ambas. La mayoría de las diferencias de seguir una distribución normal se deben situar entre la media y $\pm 1,96$ desviación estándar. Para ello se construye una representación gráfica donde el eje de ordenadas Y es la diferencia de las mediciones y el eje de axisa X es la media de ambas mediciones. Este método permite evaluar la magnitud del desacuerdo entre las mediciones, así como identificar valores extremos. Si la

concordancia fuera perfecta, todos los valores se situarían paralelos al eje de abscisa con un valor de ordenada =0.

El coeficiente de correlación intraclase

= 1 variabilidad observada se explica por las diferencias de los individuos y no por la diferencia de los observadores

= 0 concordancia observada es igual a la que se espera que suceda por el azar

Se considera que es muy buena cuando está por encima de 0,9; buena entre 0,7 y 0,9; moderada entre 0,5 y 0,7; baja entre 0,5, y 0,3.

4.1.2 Análisis exploratorio

Se realizó una exploración de los datos para identificar valores atípicos y o aberrantes. Este análisis se efectuó para la totalidad de la muestra estudiada, así como para los diferentes grupos generados.

4.1.3 Análisis descriptivo

Para describir las variables de tipo cualitativo se realizaron tablas de distribuciones de frecuencias (N) y porcentajes (%). Las variables numéricas se resumen mediante medidas de centralización y dispersión. Para aquellas variables que mostraron una distribución simétrica se utilizó la media y desviación típica (D.E)

En aquellas variables cuya distribución fue simétrica se calculó la media y la desviación típica \bar{x} (DE), mientras que aquellas que presentaron asimetría, se realizó la mediana y el recorrido intercuantílico Me (P₂₅ y P₇₅).

Se obtuvieron estimadores puntuales e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) para promedios y porcentajes.

Para todos los contrastes estadísticos se estableció el nivel de significación estadística para un valor de $p < ,05$ y un intervalo de confianza de un 95%.

4.1.4 Análisis inferencial bivalente

Para comparar una variable numérica en dos momentos se realizó una T de student para datos apareados una vez validados los requisitos de aleatoriedad y normalidad (test de Shapiro Wilks). En caso de no cumplirse este último se realizó el test de Wilcoxon.

Para comparar las medias entre dos grupos independientes se realizó el test de T de student, para datos independientes una vez validados los requisitos de aleatoriedad, normalidad (test de Shapiro Wilks) e igualdad de varianza (t de Levene). En caso de no cumplirse este último se ha realizado la T de student para datos independientes con la corrección de Welch.

En caso de no cumplirse el requisito de normalidad se aplicó el test no paramétrico (U de Mann Whitney) para variables mixtas cuanti-cualitativas.

Para comparar las medias de más de dos grupos se realizó la prueba de ANOVA, para variables cuantitativas; una vez validado los requisitos de aleatoriedad, normalidad (Shapiro Wilks) e igualdad de varianza (test de Levene) caso de no cumplirse este último la igualdad se hace la ANOVA con la corrección de test de Welch.

En caso de no cumplirse el requisito de normalidad es el test de Kruskal-Wallis.

En caso de encontrarse diferencias entre los grupos se realizan pruebas de comparación múltiples de grupos a posteriori.

Estos análisis permitieron la comparativa entre los modelos digitales (ModT1, ModT2), los modelos virtuales (CkT2) y la estimación de la predictibilidad clínica del movimiento de expansión con alineadores, así como la eficacia.

La predictibilidad clínica del software ClinCheck® de Invisalign® tras la finalización del tratamiento (CkT2 y ModT2) se obtuvo gracias al análisis del grado de predictibilidad para las anchuras tanto a nivel gingival como cuspeo, mediante la fórmula de $[(\text{obtenido}/\text{planificado}) * 100]$.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Concordancia intraobservador

ModT1 y ModT1REP	ICC	IC 95%	Nivel de significación (P)
Anchura canina gingival	0,712	0,470; 0,853	0,00005
Anchura primer premolar gingival	0,635	0,363; 0,807	0,00005
Anchura segundo premolar gingival	0,982	0,963; 0,991	0,00005
Anchura molar gingival	0,882	0,767; 0,942	0,00005
Anchura primer premolar cuspídea	0,949	0,896; 0,975	0,00005
Anchura segundo premolar cuspídea	0,942	0,882; 0,972	0,00005
Anchura canina cuspídea	0,966	0,930; 0,984	0,00005
Anchura molar cuspídea	0,976	0,950; 0,988	0,00005
Rotación molar izquierda	0,994	0,989; 0,997	0,00005
Rotación molar derecha	0,953	0,905; 0,977	0,00005
Profundidad canina	0,548	0,116; 0,782	0,0005
Profundidad de arcada	0,825	0,577; 0,923	0,0005
Inclinación molar	0,999	0,997; 0,999	0,0005

Tabla 4: Resultados del cálculo de correlación intraclass o error intraobservador. Mediciones entre los registros pretratamiento de 30 pacientes (ModT1) y (ModT1REP) separados por un intervalo de 2 semanas

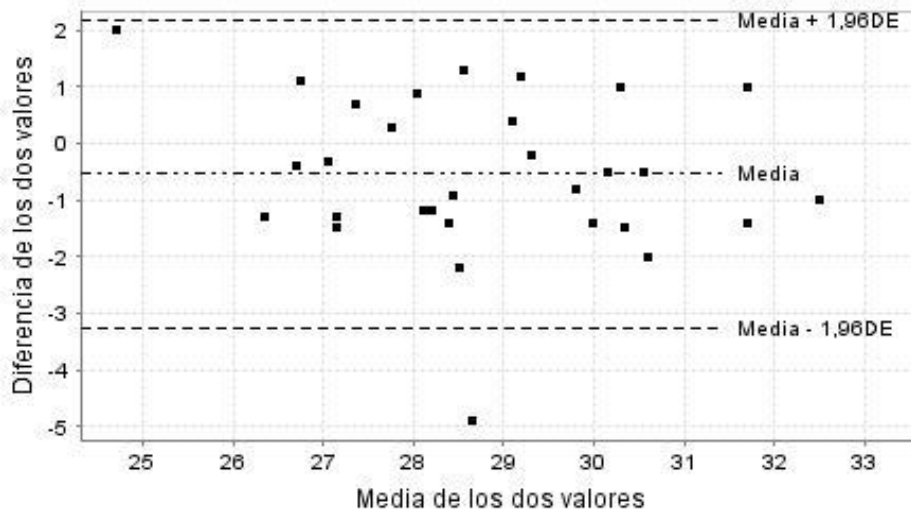


Figura 20: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura canina gingival.

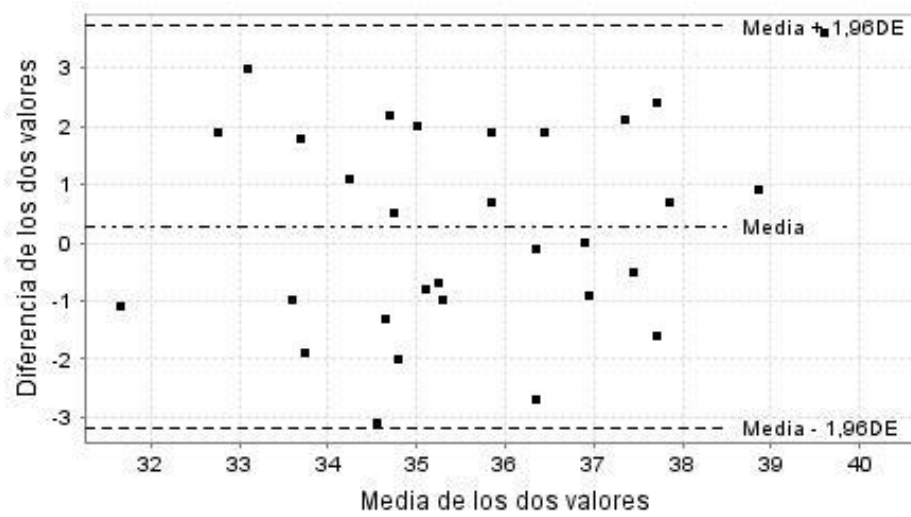


Figura 21: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura primer premolar gingival.

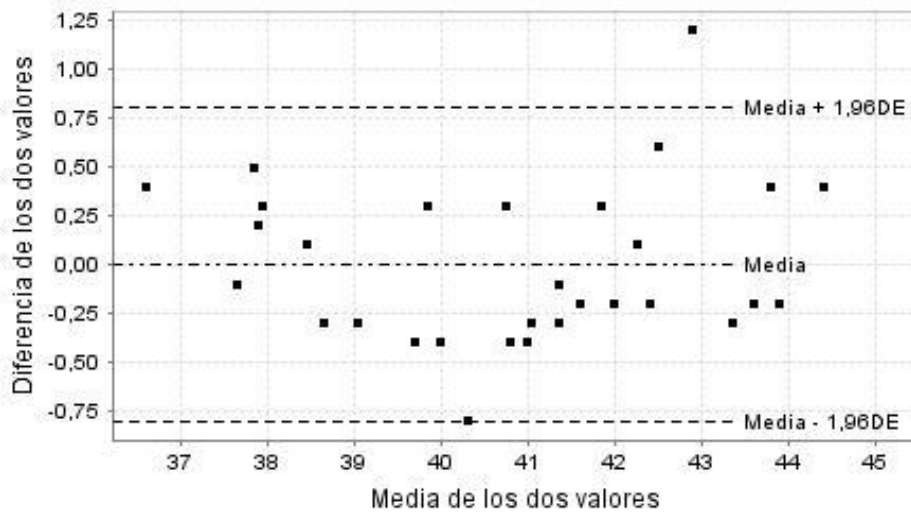


Figura 22: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura segundo premolar gingival.

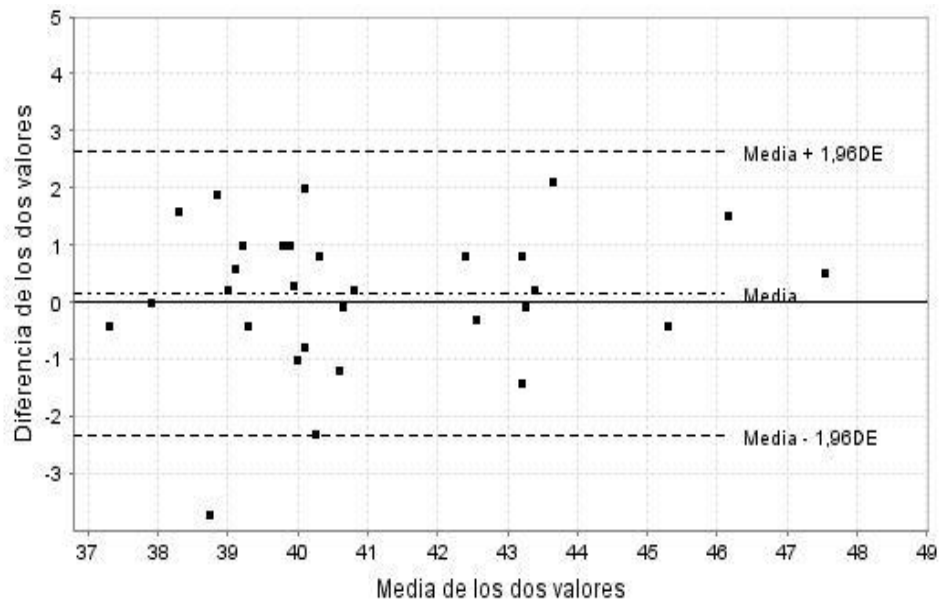


Figura 23: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura primer molar gingival.

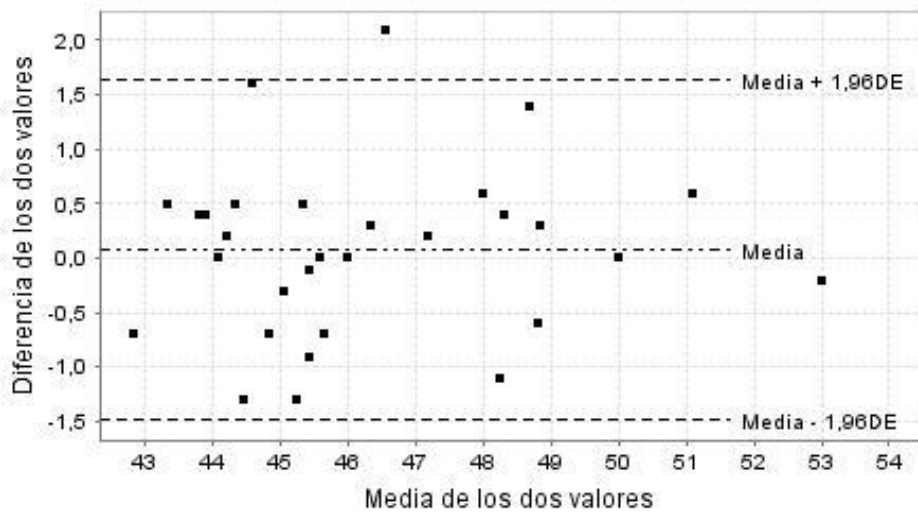


Figura 24: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura primer molar cuspídea.

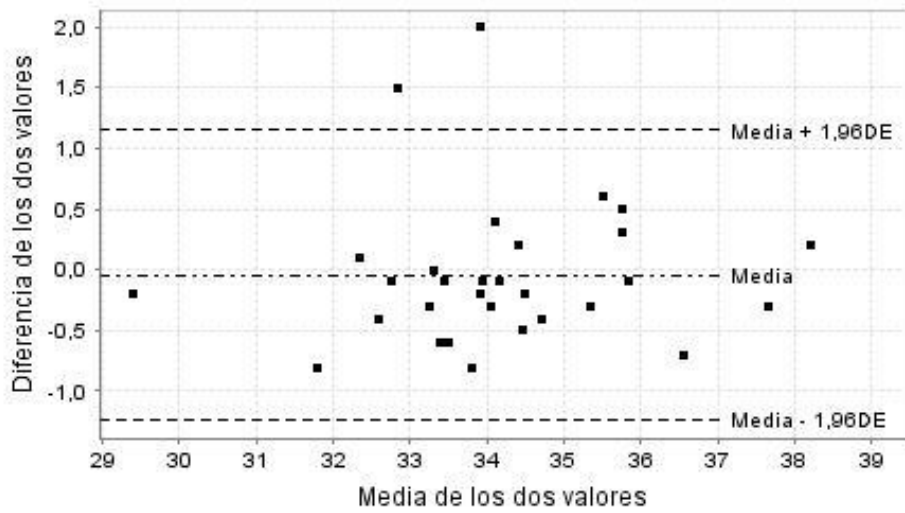


Figura 25: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura segundo premolar cuspídea.

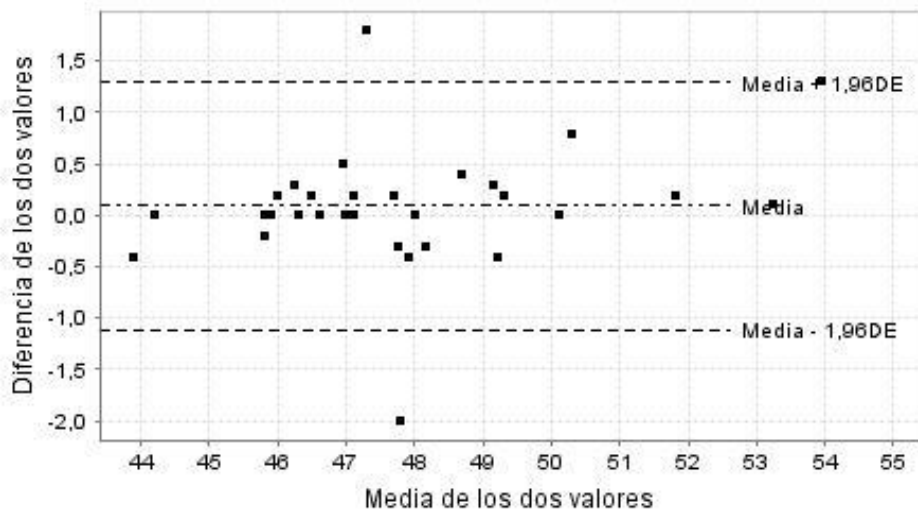


Figura 26: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura canina cuspídea.

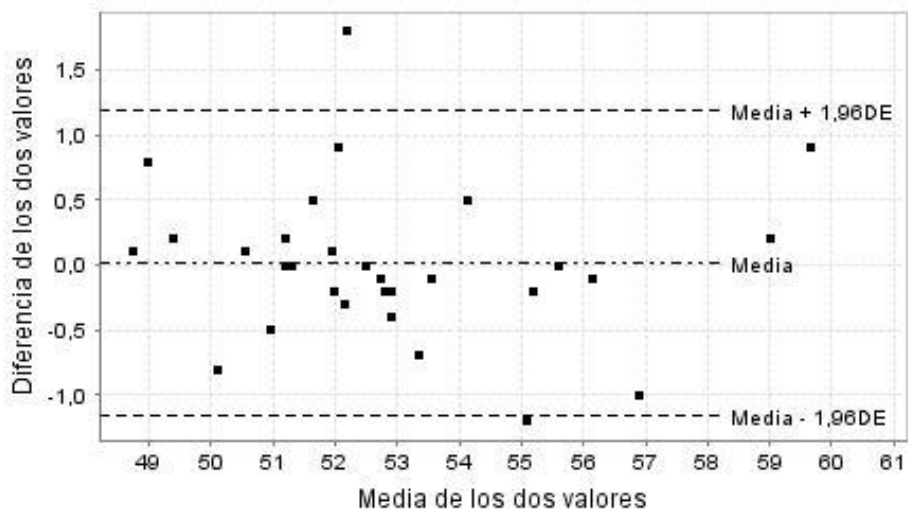


Figura 27: Gráfico Bland y Altman a nivel de la anchura molar cuspídea.

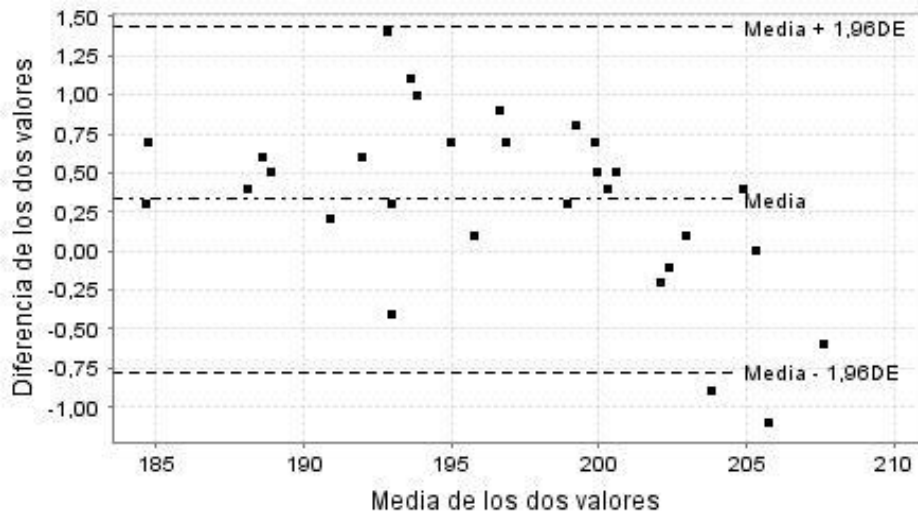


Figura 28: Gráfico Bland y Altman de la rotación molar izquierda.

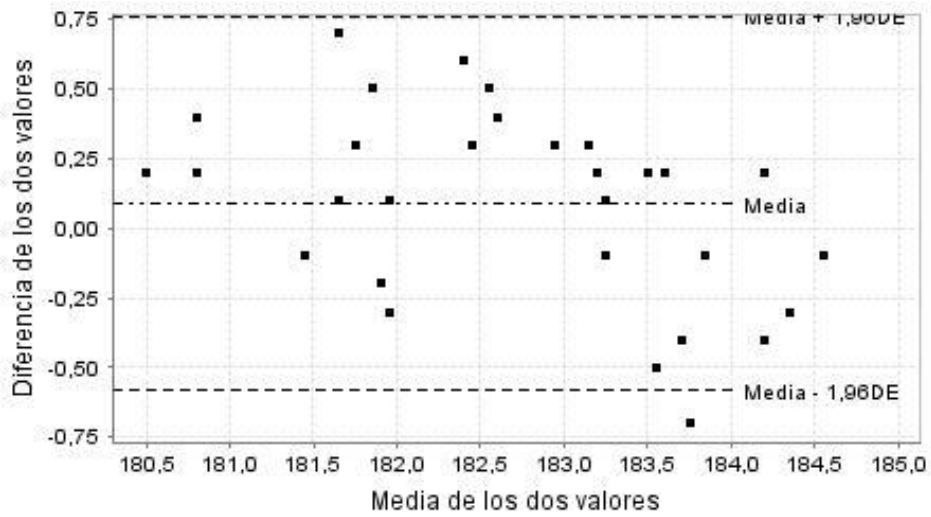


Figura 29: Gráfico Bland y Altman de la rotación molar derecha.

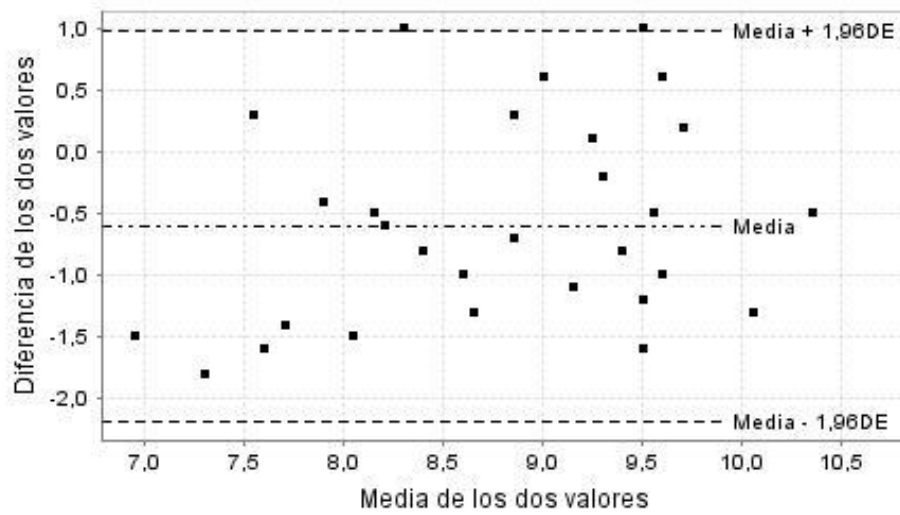


Figura 30: Gráfico Bland y Altman de la profundidad canina.

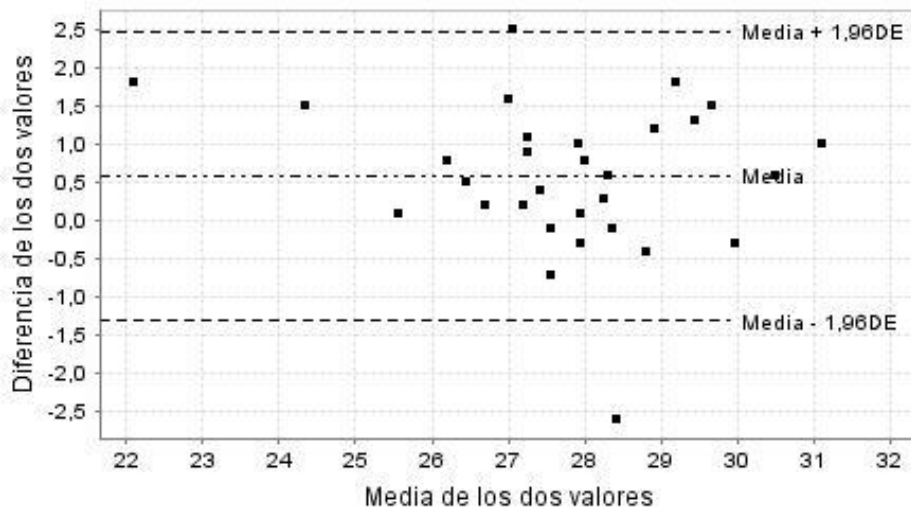


Figura 31: Gráfico Bland y Altman de la profundidad de arcada.

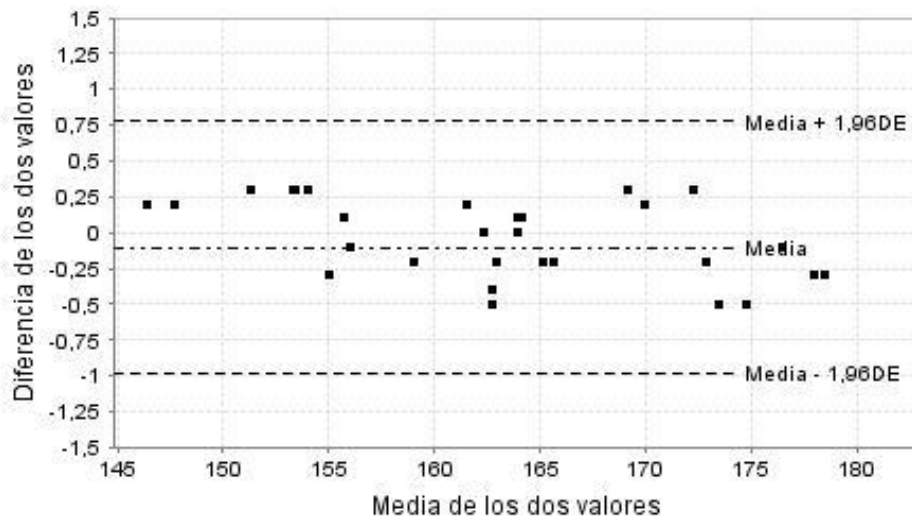


Figura 32: Gráfico Bland y Altman de la inclinación molar.

5.2 Arcada superior

Se estudiaron 64 arcadas superiores con edades comprendidas entre 12 y 63 años, siendo la edad promedio 32 años. El 68,8% fueron mujeres y el resto hombres. En relación con la clase molar más frecuente fue la Clase I, con un 49,2 % (N=31), seguida de la Clase II con un 41,3% (N=26) y tan sólo un 9,5% (N=6) partía de una maloclusión de Clase III. Al inicio del tratamiento, 10 de las arcadas estudiadas (15,6%) presentaban una mordida cruzada de uno o varios dientes. El 67,2% (N=43) de las arcadas analizadas no fueron sometidos a refinamiento (alineadores adicionales una vez acabado el primer plan de tratamiento) mientras que el 32,8% (N=21) sí. La mediana del tiempo de tratamiento fue 607 días, siendo el mínimo de 161 días y el máximo de 1073. La mediana de número de alineadores utilizados fue de 50 alineadores, siendo el mínimo de alineadores utilizados 13 y el máximo 70. El cambio de alineador se realizó cada 10 días, a excepción de 1 sujeto que el cambio se realizó cada 15 días (Tabla 5,6).

VARIABLE		N (%)	I (95%)
Sexo	Mujer	44 (68,8)	56,8; 79,1
	Hombre	20 (31,3)	20,9; 43,2
Clase Molar	Clase I	31 (49,2)	37,1; 61,4
	Clase II	26 (41,3)	29,7; 53,6
	Clase III	6 (9,5)	4,1; 18,6
Mordida cruzada	No	54 (84,4)	74,1; 91,7
	Si	10(15,6)	8,3; 25,9
Refinamiento	No	43 (67,2)	55,1; 77,7
	Si	21 (32,8)	22,3; 44,9

Tabla 5. Características clínicas de pacientes sometidos a expansión con Invisalign® en la arcada superior (variables cualitativas)

Variable	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
Edad (años)	64	12	63	32 (12)	29; 35	30 (25; 35)	27; 32
Tiempo de tratamiento (días)	64	161	1073	596 (220)	653; 607	607 (458; 760)	532; 668
Numero de alineadores	64	13	70	44 (18)	48; 50	50 (29; 60)	48;57
Cambio de alineadores (días)	64	10	15	10(1)	11; 10	10 (10; 10)	

Tabla 6. Características clínicas de pacientes sometidos a expansión con Invisalign® en la arcada superior (variables cuantitativas)

Las mediciones realizadas en los modelos digitales pre-tratamiento (ModT1) mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival en los caninos de 23,9 mm, en los primeros premolares de 26,6 mm, en los segundos premolares de 31,2 mm y en el primer molar de 34 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspídea en los primeros premolares fue de 45,3 mm, en los segundos premolares de 33,2 mm, en los caninos de 45,1 mm, y en los molares de 50,2 mm. La media (\bar{x}) de la profundidad canina fue de 10,2 mm y la profundidad de arcada de 29,6 mm. A nivel de los primeros molares, la rotación tanto izquierda como derecha, mostró una media (\bar{x}) de 195,6° y 182,1° respectivamente; y de inclinación molar (\bar{x}) de 162,2° (Tabla 7).

Variables Pre- tto (T1)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	64	20,1	28,0	23,9 (1,8)	23,5; 24,4	24,0 (22,5; 25,4)	23,6; 24,5
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	64	23,0	31,7	26,6 (2,1)	26,1; 27,1	26,6 (25; 27,6)	25,8; 27
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	64	26,7	37,3	31,2 (2,5)	30,5; 31,8	31 (29,4; 32,2)	30,3; 31,6
<i>Anchura molar gingival</i>	64	30,1	41,2	34 (2,6)	33,3; 34,6	33,4 (32,3; 35,4)	33,1; 34,1
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	64	40,9	54,0	45,3 (2,7)	44,6; 46	44,5 (43,8; 46,5)	44,2; 45,5
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	64	29,0	48,1	33,2 (3,0)	32,4; 33,9	32,9 (31,3; 34,7)	32,3; 33,8
<i>Anchura canina cuspídea</i>	64	39,6	53,5	45,1 (2,9)	44,3; 45,8	44,6 (42,9; 46,6)	43,8; 45,3
<i>Anchura molar cuspídea</i>	64	45,2	59,1	50,2 (2,9)	49,5; 50,9	49,7 (48,1; 51,8)	49,1; 50,7
<i>Rotación molar izquierda</i>	64	176,3	213,3	195,6 (7,1)	193,8; 197,4	195,6 (191,4; 199,6)	193,5; 197,3
<i>Rotación molar derecha</i>	64	171,6	184,5	182,2 (1,9)	181,7; 182,7	182,6 (181,4; 183,4)	182,3; 183,1

<i>Profundidad canina</i>	64	6,7	14,3	10,2 (1,5)	9,9; 10,7	10,2 (9,4; 11,3)	10,0; 10,8
<i>Profundidad de arcada</i>	64	24,4	36,1	29,6 (2,3)	29,0; 30,2	29,4 (27,9; 31,3)	29,0; 30,2
<i>Inclinación molar</i>	64	152,0	180,0	169,2 (6,8)	167,5; 170,9	169,8 (164,1; 174,7)	167,5; 172,9

Tabla 7. Variables clínicas y mediciones de los modelos digitales Pre-Tratamiento (ModT1) de la arcada superior.

Las mediciones realizadas en los modelos digitales post-tratamiento (ModT2) mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival en los caninos de 25,7 mm, en los primeros premolares de 30 mm, en los segundos premolares de 34,6 mm y en el primer molar de 36,6 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspeada en los primeros premolares fue de 46,8 mm, en los segundos molares de 34,8 mm, en los caninos de 47,8 mm, y en los primeros molares de 52,1 mm. La media (\bar{x}) que mostró la profundidad canina fue de 9,8 mm y la profundidad de arcada de 29,2 mm. A nivel de los primeros molares, la rotación tanto izquierda como derecha, mostró una media (\bar{x}) de 198,5° y 182,8° respectivamente; y en la inclinación molar la media (\bar{x}) obtenida fue de 164,2° (Tabla 8).

Variabes Post-tto (T2)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% X	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	64	21,0	34,0	25,7 (2,2)	25,1; 26,2	25,3 (24,3; 26,7)	24,6; 26,0
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	64	24,8	40,5	30,0 (3,4)	29,1; 30,8	29,2 (27,4; 31,9)	28,3; 29,9
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	64	29,8	45,1	34,6 (3,7)	33,7; 35,5	33,2 (31,8; 37,0)	32,6; 35,3
<i>Anchura molar gingival</i>	64	31,8	46,9	36,6 (3,5)	35,7; 37,5	35,6 (33,8; 39,0)	34,8; 37,2
<i>Anchura primer premolar cusnídea</i>	64	40,9	54,1	46,8 (2,7)	46,2; 47,5	46,4 (45,1; 48,5)	45,5; 47,3
<i>Anchura segundo premolar cusnídea</i>	64	29,9	51,9	34,8 (3,3)	33,9; 35,6	34,2 (32,9; 36,1)	33,7; 34,8
<i>Anchura canina cusnídea</i>	64	43,2	53,9	47,8 (2,5)	47,2; 48,4	47,5 (45,9; 49,7)	46,6; 48,3

<i>Anchura molar cuspídea</i>	64	48,6	60,3	52,8 (2,8)	52,1; 53,5	52,3 (50,8; 54,7)	51,6; 53,4
<i>Rotación molar izquierda</i>	64	153,4	216,9	198,5 (9,0)	196,2; 200,7	199,4 (194,7; 203,3)	197,4; 200,6
<i>Rotación molar derecha</i>	64	177,5	191,3	182,8 (1,9)	182,3; 183,2	182,6 (181,7; 183,8)	182,3; 183,0
<i>Profundidad canina</i>	64	7,3	13,2	9,8 (1,3)	9,5; 10,1	9,8 (9,1; 10,7)	9,5; 10,1
<i>Profundidad de arcada</i>	64	24,3	34,6	29,2 (2,2)	28,7; 29,8	29,1 (28,0; 30,7)	28,6; 29,6
<i>Inclinación molar</i>	64	143,7	196,6	164,2 (11,2)	161,4; 167,0	164,3 (156,5; 172,1)	161,9; 168,2

Tabla 8. Variables clínicas y mediciones de los Post-Tratamiento (ModT2) de la arcada superior.

Las mediciones realizadas en las reproducciones virtuales post-tratamiento, mediante ClinCheck[®] final (CkT2) mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival en los caninos de 29,3 mm, en los primeros premolares de 35,7 mm, en los segundos premolares de 41,1 mm y en el primer molar de 41,9 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspídea en los primeros molares fue de 53,7 mm, segundos premolares de 34,6 mm, primeros premolares de 47,1 mm y en los caninos de 48,6 mm. La media (\bar{x}) que mostró la profundidad canina fue de 8,8 mm y la profundidad de arcada de 28,1 mm. A nivel de los primeros molares, la rotación tanto izquierda como derecha, mostró una media (\bar{x}) de 198,2° y 182,8° respectivamente; y en la inclinación molar la media (\bar{x}) obtenida fue de 162,2° (Tabla 9).

Variables reproducciones virtuales Post-Tto (Ck2)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% X	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	64	25,3	39,8	29,3 (2,4)	28,7; 29,9	29,3 (27,5; 30,9)	28,5; 29,8
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	64	30,5	42,9	35,7 (2,5)	35,1; 36,3	35,6 (34,1; 37,3)	34,8; 36,4
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	64	34,3	47,3	41,1 (2,6)	40,5; 41,8	41,5 (39,4; 43,0)	40,2; 42,1
<i>Anchura molar gingival</i>	64	35,7	51,5	41,9 (3,4)	41,0; 42,7	41,1 (39,6; 43,6)	40,1; 42,3
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	64	40,9	56,5	47,1 (3,0)	46,3; 47,8	46,3 (45,1; 48,9)	45,9; 47,1
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	64	29,3	39,0	34,6 (1,9)	34,2; 35,1	34,4 (33,4; 36,0)	34,1; 35,2
<i>Anchura canina cuspídea</i>	64	43,1	54,6	48,6 (2,6)	47,9; 49,2	48,2 (46,7; 50,2)	47,7; 49,4
<i>Anchura molar cuspídea</i>	64	48,8	61,6	53,7 (2,9)	53,0; 54,4	53,1 (51,9; 55,5)	52,7; 54,0

<i>Rotación molar izquierda</i>	64	177,7	222,9	198,2 (7,2)	196,5; 200,0	198,8 (194,0; 202,3)	196,6; 200,3
<i>Rotación molar derecha</i>	64	180,4	187,7	182,8 (1,3)	182,5; 183,1	182,9 (181,9; 183,5)	182,3; 183,1
<i>Profundidad canina</i>	64	6,2	11,9	8,8 (1,2)	8,5; 9,1	8,9 (8,0; 9,6)	8,5; 9,2
<i>Profundidad de arcada</i>	64	21,2	33,7	28,1 (2,1)	27,6; 28,6	28,2 (26,8; 29,3)	27,6; 28,5
<i>Inclinación molar</i>	64	144,3	179,7	162,2 (9,8)	159,8; 164,7	163,8 (154,1; 169,4)	159,1; 166,3

Tabla 9. Variables clínicas y mediciones de las reproducciones virtuales (Clincheck[®]) post-Tratamiento (CkT2) de la arcada superior.

Las mediciones logradas para estudiar la eficacia de la expansión de la arcada superior en los pacientes tras finalizar el tratamiento con aparatología Invisalign[®] fue determinado mediante la comparativa entre los modelos digitales finales reales y los modelos digitales iniciales. Todas las variables, a excepción de la rotación molar derecha ($p = ,08$) obtuvieron un valor de $p < ,05$, indicando que son estadísticamente significativas.

Con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población que padece la muestra a nivel de gingival fue de 0,90; 2,00 para la anchura canina; de 1,40; 2,60 para la anchura de primer premolar; de 1,30; 2,90 para la anchura del segundo premolar y de 1,30; 2,20 para la anchura del primer molar.

A nivel cusπίdeo, con un intervalo de confianza del 95% se afirm3 que la media de la poblaci3n era de 1,22; 1,85 a nivel de anchura primer premolar y de 2,22; 2,94 a nivel de la anchura molar; tambi3n con un intervalo de confianza del 95% se afirm3 que la mediana de la poblaci3n fue de 0,80; 2,10 a nivel de la anchura de segundo premolar y de 1,90; 3,30 a nivel de la anchura canina.

A nivel de los primeros molares, con un intervalo de confianza del 95% se afirm3 que la mediana de la poblaci3n era de 1,40; 4,90 a nivel de la rotaci3n molar izquierda, de -0,30; 1,00 a nivel de la rotaci3n molar derecha y de -7,00; -3,70 a nivel de la inclinaci3n molar.

La profundidad canina y de arcada, con un intervalo de confianza del 95% se afirm3 que la media de la poblaci3n era de -0,74; -0,20 y -0,67; -0,08 respectivamente (Tabla 10).

Post-tto (ModT2) VS Pre-tto (ModT1)	N	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Nivel de significaci3n (P)
<i>Anchura primer premolar cusπίdea</i>	64	1,53 (1,26)	1,22; 1,85	<u>0,00005</u>
<i>Anchura molar cusπίdea</i>	64	2,58 (1,43)	2,22; 2,94	<u>0,00005</u>
<i>Profundidad canina</i>	64	-0,47 (1,10)	-0,74; - 0,20	<u>0,001</u>
<i>Profundidad de arcada</i>	64	-0,37 (1,18)	-0,67; - 0,08	<u>0,014</u>

Post-tto (ModT2) VS Pre-tto (ModT1)	N	Min	Max	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura canina gingival</i>	64	-1,80	8	1,15 (0,20; 2,60)	0,90; 2,00	<u>0,00005</u>
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	64	-0,10	12,80	2,05 (0,85; 4,30)	1,40; 2,60	<u>0,00005</u>
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	64	-0,20	13,50	1,85 (0,95; 5,35)	1,30; 2,90	<u>0,00005</u>
<i>Anchura molar gingival</i>	64	-0,60	10,50	1,75 (0,65; 3,40)	1,30; 2,20	<u>0,00005</u>
<i>Anchura segundo premolar cusnídea</i>	64	- 15,80	17,20	1,25 (0,35; 2,55)	0,80; 2,10	<u>0,00005</u>
<i>Anchura canina cusnídea</i>	64	-0,20	6,90	2,55 (1,45; 3,85)	1,90; 3,30	<u>0,00005</u>
<i>Rotación molar izquierda</i>	64	- 48,20	25,60	2,95 (-0,25; 6,70)	1,40; 4,90	<u>0,00005</u>

<i>Rotación molar derecha</i>	64	- 4,60	10,10	0,45 (-0,85; 1,50)	-0,30; 1,00	<u>0,080</u>
<i>Inclinación molar</i>	64	- 19,80	25,00	-5,55 (-8,75; - 2,10)	-7,00; - 3,70	<u>0,00005</u>

Tabla 10. Comparativa entre las mediciones de los modelos digitales pre-tratamiento y post-tratamiento en la arcada superior. (ModT2-ModT1)

Las mediciones logradas para estudiar la predictibilidad de la expansión en los pacientes tras finalizar el tratamiento con aparatología Invisalign® fue determinado mediante la diferencia existente entre el modelo digital final (ModT2) y la planificación virtual fin de tratamiento (CkT2).

Se obtuvieron diferencias no estadísticamente significativas entre lo obtenido y lo planificado a nivel de la anchura primer premolar cuspídea ($p=0,304$), la inclinación molar ($p=0,030$), rotación molar izquierda ($p=0,113$) y rotación molar derecha ($p=0,597$). Todas las demás variables presentaron un valor de $p<,05$, indicando que sí eran estadísticamente significativas.

Con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población que padece la muestra a nivel de gingival fue de 3,10; 4,70 para la anchura canina; de 6,10;7,30 para la anchura de primer premolar; de 6,20; 8,60 para la anchura del segundo premolar y también con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población fue de 4,44; 6,03 para la anchura del primer molar.

A nivel cuspídeo, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población fue de -0,20; 0,63 a nivel de anchura primer premolar. Del mismo modo, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población era de

-0,10; 0,50 a nivel de la anchura de segundo premolar, de 0,50; 0,90 a nivel de la anchura canina y de 0,60; 1,20 a nivel de la anchura molar.

A nivel de los primeros molares, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población era de -1,70; 01,0 a nivel de la rotación molar izquierda, de 0,00; 0,50 a nivel de la rotación molar derecha y con un IC95% de la media fue de -3,75; -0,20 a nivel de la inclinación molar.

La profundidad canina y de arcada, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población era de -1,27; -0,76 y -1,40; -0,86 respectivamente.

La predictibilidad clínica del software ClinCheck[®] de Invisalign[®] tras la finalización del tratamiento (CkT2 y ModT2) se obtuvo a través del análisis del grado de predictibilidad para las anchuras tanto a nivel gingival como cuspídeo, mediante la fórmula de $[(\text{obtenido}/\text{planificado}) * 100]$. La comparativa entre la expansión final lograda en el modelo digital final y la planificada en el ClinCheck[®] final precedido. Esta predictibilidad fue, para los caninos de 87,71% (a nivel gingival) y 98,35% (a nivel cuspídeo), para los primeros premolares de 84,03% (a nivel gingival) y 99,36% (a nivel cuspídeo), para los segundos premolares de 84,28% (a nivel gingival) y 100,58% (a nivel cuspídeo), para los primeros molares de 87,35% (a nivel gingival) y 98,32% (a nivel cuspídeo) respectivamente (Tabla 11).

Ck final (Ck2) VS Post-tto (ModT2)	N	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Nivel de significación (P)	% Predictibilidad
<i>Anchura molar gingival</i>	64	5,24 (3,18)	4,44; 6,03	<u>0,00005</u>	87,35%
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	64	0,21 (1,65)	-0,20; 0,63	<u>0,304</u>	99,36%
<i>Profundidad canina</i>	64	-1,01 (1,03)	-1,27; - 0,76	<u>0,00005</u>	
<i>Profundidad de arcada</i>	64	-1,13 (1,07)	-1,40; - 0,86	<u>0,00005</u>	
<i>Inclinación molar</i>	64	-1,98 (7,11)	-3,75; - 0,20	<u>0,030</u>	

Ck final (Ck2) VS Post-tto (ModT2)	N	Min	Max	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)	% Predictibilidad
<i>Anchura canina gingival</i>	64	-2,40	15,50	3,65 (1,90; 5,05)	3,10; 4,70	<u>0,00005</u>	87,71%
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	64	-4,80	12,10	6,85 (4,45; 8,50)	6,10; 7,30	<u>0,00005</u>	84,03%

<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	64	-1,30	13,20	7,30 (4,35; 9,20)	6,20; 8,60	<u>0,00005</u>	84,18%
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	64	- 17,40	2,30	0,25 (- 0,40; 0,80)	-0,10; 0,50	<u>0,042</u>	100,58%
<i>Anchura canina cuspídea</i>	64	-2,10	3,50	0,70 (0,20; 1,20)	0,50; 0,90	<u>0,00005</u>	98,35%
<i>Anchura molar cuspídea</i>	64	-1,20	4,40	0,75 (0,30; 1,60)	0,60; 1,20	<u>0,00005</u>	98,32%
<i>Rotación molar izquierda</i>	64	- 17,40	43,10	-0,90 (- 2,70; 1,10)	-1,70; 01,0	<u>0,113</u>	
<i>Rotación molar derecha</i>	64	- 10,60	6,00	0,10 (- 0,80; 0,95)	0,00; 0,50	<u>0,597</u>	

Tabla 11. Comparativa entre las mediciones de la planificación virtual fin de tratamiento y de los modelos digitales post-tratamiento en la arcada superior. (CKT2-ModT2)

Del mismo modo, las mediciones logradas para estudiar la predictibilidad de la expansión de la arcada superior por grupos fueron determinadas mediante la comparativa entre los modelos digitales finales reales y la planificación virtual final (Clincheck®). Los grupos a estudiar fueron agrupados en función de la magnitud de expansión planificada de los 1º molares superiores:

Grupo 1, expansión entre 1 y 2 mm.

Grupo 2, expansión entre 2,1 y 3,5 mm.

Grupo 3, expansión entre 3,6 y 5,8 mm.

Se obtuvieron diferencias no estadísticamente significativas entre lo obtenido y lo planificado con un valor de significancia de $p > 0,05$, en todas las variables a excepción de la anchura de primer premolar a nivel cuspídea, que presentaba un valor de $(p = 0,043)$. En esta variable, el cambio significativo fue entre el grupo 1-3 con una $p = 0,021$ (Tabla 12,13).

Modelos Post-tratamiento ModT2	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me
<i>Anchura canina gingival</i>	1	29	21,0	30,4	24,4 (23,8;26,0)	24,0; 25,8	2	25	22,5	29,6	26,0 (24,7; 26,7)	25,6; 26,7	3	10	24,3	34,0	25,2 (24,6; 27,8)	24,9; 30,2
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	29	24,8	37,2	28,0 (27,1; 30,1)	27,3;29,7	2	25	26,1	36,9	29,6 (28,3; 32,8)	29,1; 32,0	3	10	26,7	40,5	26,8 (27,4; 35,4)	27,4;35,3
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	29	29,8	42,1	32,6 (31,6;35,4)	31,8; 34,9	2	25	30,1	43,6	34,0 (32,4; 37,2)	33,1; 37,1	3	10	31,3	45,1	33,3 (31,7; 41,5)	31,7; 41,5

<i>Anchura molar gingival</i>	1	2 9	31, 8	44, 0	34,8 (33,4;3 7,2)	33,8;3 7,2	2	2 5	32, 3	46, 9	37,0 (34,9; 40,5)	35,7; 39,6	3	1 0	32, 7	42, 6	36,3 (33,7; 40,4)	33,7; 40,4
<i>Anchura primer premolar cuspidéa</i>	1	2 9	43, 0	53, 6	45,5 (44,7; 47,9)	45,3; 47,7	2	2 5	40, 9	54, 1	47,3 (45,5; 49,0)	46,1; 48,9	3	1 0	44, 6	49, 2	46,5 (45,1; 47,7)	45,1; 47,7
<i>Anchura segundo premolar cuspidéa</i>	1	2 9	29, 9	51, 9	33,7 (32,9; 34,9)	33,2;3 4,7	2	2 5	30, 4	47, 5	34,2 (32,9; 36,4)	33,7; 35,1	3	1 0	32, 3	38, 9	34,9 (33,9; 36,4)	33,9; 36,4
<i>Anchura canina cuspidéa</i>	1	2 9	43, 2	52, 7	46,6 (45,7; 48,3)	45,9; 48,1	2	2 5	43, 8	53, 9	48,1 (45,9; 50,4)	46,5; 50,4	3	1 0	45, 6	50, 9	48,7 (47,0; 49,5)	47,0; 49,5
<i>Anchura molar cuspidéa</i>	1	2 9	48, 6	58, 8	51,8 (50,6; 53,4)	50,9; 53,2	2	2 5	49, 0	60, 3	53,4 (50,5; 54,8)	51,6; 54,8	3	1 0	50, 8	56, 3	53,1 (52,0; 55,2)	52,0; 55,2

Planificaci on Virtual Ck2	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P75)	IC95 % Me	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P7 5)	IC95 % Me	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P7 5)	IC95 % Me
<i>Anchura canina gingival</i>	1	2 9	25, 7	32, 2	28,0 (27,3; 29,6)	27,5; 29,6	2	2 5	25, 3	39, 8	30,0 (28,5; 31,3)	29,1; 31,3	3	1 0	26, 8	33, 9	30,0 (28,1; 31,2)	28,1; 31,2
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	2 9	31, 1	41, 4	35,0 (34,6;36, 9)	34,7; 36,9	2	2 5	30, 5	42, 9	36,3 (33,8; 37,3)	34,4; 37,3	3	1 0	33, 4	40, 2	35,2 (34,2; 37,7)	34,2; 37,7
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	2 9	36, 4	44, 2	41,2 (39,2; 42,2)	40,2; 42,2	2	2 5	34, 3	47, 3	41,6 (39,6; 44,0)	39,8; 43,3	3	1 0	36, 2	45, 3	41,7 (40,2; 43,1)	40,2; 43,1
<i>Anchura molar gingival</i>	1	2 9	36, 9	47, 8	40,3 (39,4; 42,8)	39,7; 42,5	2	2 5	35, 7	51, 5	41,6 (39,6; 44,3)	41,0; 44,1	3	1 0	36, 9	48, 4	41,6 (39,8; 44,9)	39,8; 44,9

<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	1	2 9	43, 1	53, 1	45,9 (44,1; 48,0)	45,2; 47,7	2	2 5	40, 9	56, 5	46,8 (45,1; 49,5)	46,0; 49,1	3	1 0	44, 8	51, 9	46,8 (46,2; 49,3)	46,2; 49,3
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	1	2 9	29, 3	38, 3	34,1 (33,2; 35,2)	33,4; 34,9	2	2 5	31, 6	38, 1	34,4 (33,7; 36,5)	33,8; 36,2	3	1 0	32, 9	39, 0	35,3 (34,4; 37,1)	34,4; 37,1
<i>Anchura canina cuspídea</i>	1	2 9	43, 7	47, 7	47,6 (46,6; 49,3)	46,8; 49,0	2	2 5	43, 1	54, 4	48,6 (46,7; 51,2)	46,8; 50,6	3	1 0	47, 8	52, 5	49,5 (48,4; 50,1)	48,4; 50,1
<i>Anchura molar cuspídea</i>	1	2 9	48, 8	60, 1	52,7 (51,3; 54,4)	52,0; 54,4	2	2 5	49, 5	61, 6	53,9 (51,8; 55,6)	52,5; 55,6	3	1 0	52, 9	58, 4	54,1 (53,6; 56,4)	53,6; 56,4

Tabla 12: Comparativa entre las mediciones de los modelos Post-tratamiento (ModT2) y Clincheck Post-tratamiento (Ck2) en la arcada superior por grupos en función de la expansión planificada (grupo 1 expansión entre 1-2 mm de los 1º molares superiores, grupo 2 entre 2,1 y 3,5 mm y grupo 3 entre 3,6 y 5,8 mm), para estudiar la predictibilidad del tratamiento en función de la cantidad de expansión planificada.

ModT2-Ck2	Grupo	N	%	Grupo	N	%	Grupo	N	%
<i>Anchura canina gingival</i>	1	29	87,14%	2	25	86,6%	3	10	84%
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	29	80%	2	25	81,54%	3	10	76,13%
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	29	79,13%	2	25	81,73%	3	10	79,86%
<i>Anchura molar gingival</i>	1	29	86,35%	2	25	88,94%	3	10	87,26%
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	1	29	99,12%	2	25	101,07%	3	10	99,36%
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	1	29	98,83%	2	25	99,42%	3	10	98,87%
<i>Anchura canina cuspídea</i>	1	29	97,90%	2	25	98,97%	3	10	98,38%
<i>Anchura molar cuspídea</i>	1	29	98,29%	2	25	99,07%	3	10	98,15%

Tabla 13: Porcentaje de predictibilidad en la arcada superior por grupos en función de la expansión planificada (grupo 1 expansión entre 1-2 mm de los 1º molares superiores, grupo 2 entre 2,1 y 3,5 mm y grupo 3 entre 3,6 y 5,8 mm).

La diferencia de las anchuras del primer molar tanto gingivales como coroneales, planificadas con lo ocurrido, tienen una $p > 0,05$, conservando la hipótesis nula, es decir, que no se produce un cambio estadísticamente significativo entre ellas, siendo $p = 0,064$ y $p = 0,662$ respectivamente. Por el contrario, la inclinación molar producida entre ambos grupos, si es estadísticamente significativa siendo esta $p = 0,0005$ (Tabla 14).

Variable	Tipo Expansión	N	Min	Max	Me (P ₂₅ ; P ₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)
Anchura molar gingival	Inclinación	40	- 2,70	14,20	6,20 (4,65; 7,60)	5,20; 7,30	<u>0,064</u>
	Gresional	24	- 1,20	9,70	4,60 (1,90; 6,35)	3,20; 6,30	
Anchura molar cuspídea	Inclinación	40	- 1,20	4,00	0,75 (0,35; 1,70)	0,60; 1,50	<u>0,662</u>
	Gresional	24	- 1,20	4,40	0,80 (0,30; 1,30)	0,30; 1,30	

Variable	Tipo Expansión	N	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Nivel de significación (P)
Inclinación molar	Inclinación	40	-4,47 (7,03)	-9,94; - 3,37	<u>0,00005</u>
	Gresional	24	2,18 (5,06)	-9,69; - 3,62	

Tabla 14. Comparativa entre las mediciones de los modelos Post-tratamiento (ModT2) y Clincheck[®] Post-tratamiento (CkT2) en la arcada superior por grupos en función del tipo de expansión planificada en los 1° molares, tratándose el grupo 1 de expansión por Inclinación (Corona a vestibular y la raíz no se mueve) y grupo 2, expansión gresional, planificamos la expansión tanto de la corona como la raíz.

5.3 Arcada inferior

Se estudiaron 51 arcadas inferiores con edades comprendidas entre 12 y 63 años, siendo la edad promedio 32 años. El 62,7% de la muestra estaba compuesto por mujeres y el resto hombres. En relación con la clase molar, la más frecuente fue la Clase I con un 58,8 % (N=30), seguida de la Clase II con un 37,3% (N=19) y tan sólo un 3,9% (N=2) partía de una maloclusión de Clase III. Al inicio del tratamiento, 4 de las arcadas estudiadas (7,8%) presentaban una mordida cruzada de uno o varios dientes. El 60,8% (N=31) de las arcadas analizadas no fueron sometidos a refinamiento (alineadores adicionales una vez acabado el primer plan de tratamiento) mientras que el 39,2% (N=20) sí. La mediana del tiempo de tratamiento fue 644 días, siendo el mínimo de 165 días y el máximo de 1100. La mediana de número de alineadores utilizados fue de 50 alineadores, siendo el mínimo de alineadores utilizados 13 y el máximo 70. El cambio de alineador se realizó cada 10 días, a excepción de 1 sujeto que el cambio se realizó cada 15 días (Tabla 15,16).

VARIABLE		N (%)	I (95%)
Sexo	Mujer	32 (62,7)	49,1; 75
	Hombre	19 (37,3)	25; 50,9
Clase Molar	Clase I	30 (58,8)	45,1; 71,5
	Clase II	19 (37,3)	25; 50,9
	Clase III	2 (3,9)	0,8; 12
Mordida cruzada	No	47 (92,2)	82,4; 97,3
	Si	4 (7,8)	2,7; 17,6
Refinamiento	No	31 (60,8)	47,1; 73,3
	Si	20 (39,2)	26,7; 52,9

Tabla 15. Características clínicas de pacientes sometidos a expansión con Invisalign® en la arcada inferior (variables cualitativas)

Variable	N	Min	Max	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P25;P75)	IC95% Me
Edad (años)	51	12	63	30 (12)	26; 33	28 (22; 34)	26; 31
Tiempo de tratamiento (días)	51	165	1100	643(216)	582 ; 704	644 (490; 792)	606; 713
Número de alineadores	51	13	70	45 (17)	41; 50	50 (30; 60)	47; 56
Cambio de alineadores (días)	51	10	15	10(1)	10; 11	10 (10;10)	

Tabla 16. Características clínicas de pacientes sometidos a expansión con Invisalign® en la arcada inferior (variables cuantitativas)

Las mediciones realizadas en los modelos digitales pre-tratamiento (ModT1) mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival canina de 18,6 mm, en los primeros premolares de 24,9 mm, en los segundos premolares de 29 mm y en el primer molar de 32,4 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspídea en los primeros premolares fue de 42,4 mm, en los segundos premolares de 24,7 mm, en los caninos de 37,4 mm, y en los primeros molares de 43 mm. La media (\bar{x}) que mostró la profundidad canina fue de 7 mm y la profundidad de arcada de 25,2 mm (Tabla 17).

Variables Pre-tto (T1)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	51	15,2	23,5	18,6 (1,8)	18,1; 19,1	18,4 (17,2; 19,9)	17,9; 19,1
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	51	21,4	28,8	24,9 (1,8)	24,4; 25,5	24,5 (23,7; 26,3)	24,1; 25,1
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	51	24,5	34,8	29,0 (2,4)	28,3; 29,7	28,7 (27,2; 31,3)	27,6; 29,9
<i>Anchura molar gingival</i>	51	26,5	37,6	32,4 (2,5)	31,7; 33,1	32,4 (30,3; 34,5)	31,8; 33,9
<i>Anchura primer premolar cuspldea</i>	51	36,0	49,3	42,4 (2,7)	41,7; 43,2	42,4 (40,7; 44,3)	41,9; 43,9
<i>Anchura segundo premolar cuspldea</i>	51	21,1	30,9	24,7 (2,0)	24,1; 25,2	24,9 (23,9; 25,9)	23,8; 25,5
<i>Anchura canina cuspldea</i>	51	32,4	45,9	37,4 (2,9)	36,6; 38,2	37,1 (35,5; 39,4)	36,3; 37,9
<i>Anchura molar cuspldea</i>	51	37,6	50,2	43,0 (3,0)	42,1; 43,8	43,0 (40,8; 44,8)	41,9; 43,9
<i>Profundidad canina</i>	51	4,3	9,4	7,0 (1,1)	6,7; 7,3	7,1 (6,2; 7,8)	6,8; 7,4

<i>Profundidad de arcada</i>	51	20,6	29,5	25,2 (2,0)	24,6; 25,7	25,5 (23,8; 26,4)	25,0; 25,9
------------------------------	----	------	------	---------------	---------------	-------------------------	---------------

Tabla 17. Variables clínicas y mediciones de los modelos digitales Pre-Tratamiento (ModT1) de la arcada inferior.

Las mediciones realizadas en los modelos digitales post-tratamiento (ModT2) mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival en los caninos de 21 mm, en los primeros premolares de 27,8 mm, en los segundos premolares de 32,4 mm y en el primer molar inferior de 35,4 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspídea en los primeros premolares fue de 43,7 mm, en los segundos molares de 26,5 mm, en los caninos de 40,3 mm, y en los molares de 45,4 mm. La media (\bar{x}) que mostró la profundidad canina fue de 6,7 mm y la profundidad de arcada de 25 mm (Tabla 18).

Variables Post-tto (T2)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	51	15,1	27,7	21,0 (2,4)	20,4; 21,7	20,6 (19,3; 22,4)	20,3; 21,3
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	51	23,9	34,3	27,8 (2,6)	27,1; 28,5	27,5 (25,6; 30,0)	26,7; 28,9
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	51	27,1	39,4	32,4 (3,4)	31,5; 33,4	31,9 (29,6; 34,8)	30,5; 33,7
<i>Anchura molar gingival</i>	51	29,4	42,7	35,4 (3,3)	34,5; 36,3	34,9 (33,1; 38,2)	34,0; 36,4

<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	51	29,9	48,8	43,7 (3,2)	42,8; 44,6	43,3 (42,0; 46,3)	42,7; 45,1
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	51	22,5	29,8	26,5 (1,5)	26,1; 26,9	26,6 (25,6; 27,5)	26,1; 27,1
<i>Anchura canina cuspídea</i>	51	34,9	46,9	40,3 (2,4)	39,7; 41,0	39,9 (38,7; 41,9)	39,3; 40,9
<i>Anchura molar cuspídea</i>	51	41,7	52,0	45,4 (2,5)	44,7; 46,1	44,9 (43,0; 47,2)	44,3; 45,7
<i>Profundidad canina</i>	51	4,3	8,9	6,7 (1,0)	6,5; 7,0	6,7 (5,9; 7,5)	6,5; 7,2
<i>Profundidad de arcada</i>	51	19,2	29,9	25,0 (1,9)	24,4; 25,5	24,8 (24,1; 26,2)	24,4; 25,5

Tabla 18. Variables clínicas y mediciones de los Post-Tratamiento (ModT2) de la arcada inferior.

Las mediciones realizadas en las reproducciones virtuales post-tratamiento, mediante ClinCheck[®] (CkT2) final mostraron una media (\bar{x}) a nivel de la anchura gingival en los caninos de 23,6 mm, en los primeros premolares de 31,3 mm, en los segundos premolares de 35,8 mm y en el primer molar de 39,2 mm. La media (\bar{x}) de la anchura cuspídea en los primeros premolares fue de 43,7 mm, en los segundos molares de 26,4 mm, en los caninos de 40,3 mm, y en los molares de 45,5 mm. La media (\bar{x}) que mostró la profundidad canina fue de 6,6 mm y la profundidad de arcada de 25 mm (Tabla 19).

Variables reproducciones virtuales Post-Tto (CkT2)	N	Mínimo	Máximo	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me
<i>Anchura canina gingival</i>	51	20,1	27,8	23,6 (1,8)	23,1; 24,1	23,5 (22,1; 24,6)	23,2; 23,9
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	51	27,6	36,3	31,3 (1,9)	30,8; 31,9	31,3 (29,9; 32,5)	30,8; 32,3
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	51	31,6	41,5	35,8 (2,2)	36,2; 37,4	36,6 (35,2; 38,2)	36,1; 37,6
<i>Anchura molar gingival</i>	51	34,3	46,2	39,2 (2,6)	38,5; 40,0	38,8 (37,7; 40,4)	38,3; 39,9
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	51	38,2	48,9	43,7 (2,5)	43,0; 44,4	43,7 (42,6; 45,6)	43,3; 44,9
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	51	22,3	30,2	26,4 (1,6)	26,0; 26,9	26,8 (25,3; 27,4)	26,6; 27,4
<i>Anchura canina cuspídea</i>	51	36,1	47,3	40,6 (2,4)	39,9; 41,3	40,7 (38,6; 42,4)	39,7; 41,2
<i>Anchura molar cuspídea</i>	51	42,0	52,7	45,5 (2,4)	44,8; 46,1	44,9 (43,5; 47,5)	44,5; 45,9
<i>Profundidad canina</i>	51	4,4	8,7	6,6 (1,0)	6,3; 6,9	6,6 (5,8; 7,4)	6,3; 7,0

<i>Profundidad de arcada</i>	51	19,2	28,9	25,0 (1,9)	24,5; 25,6	25,4 (23,9; 26,3)	25,0; 25,8
------------------------------	----	------	------	---------------	---------------	-------------------------	---------------

Tabla 19. Variables clínicas y mediciones de las reproducciones virtuales (Clincheck[®]) post-Tratamiento (CkT2) de la arcada inferior.

Las mediciones logradas para estudiar la eficacia de la expansión de la arcada inferior en los pacientes tras finalizar el tratamiento con aparatología Invisalign[®] fue determinado mediante la comparativa entre los modelos digitales finales reales y los modelos digitales iniciales.

Se obtuvieron diferencias no estadísticamente significativas entre lo obtenido de las variables profundidad canina ($p=,109$) y profundidad de arcada ($p=,216$). Todas las demás variables, tuvieron un valor de $p<,05$, indicando que sí son estadísticamente significativas.

Con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población que padece la muestra a nivel de gingival era de 1,40; 2,30 para la anchura canina; de 1,80; 3,10 para la anchura de primer premolar; de 2,00; 3,50 para la anchura del segundo premolar y de 1,90; 2,70 para la anchura del primer molar.

A nivel cuspídeo, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población fue de 1,47; 2,23 a nivel de anchura segundo premolar y de 2,38; 3,49 a nivel de la anchura canina; también con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población fue de 1,20; 1,90 a nivel de la anchura del primer premolar y de 1,90; 3,10 a nivel de la anchura molar.

La profundidad canina y de arcada, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población era de -0,57; 0,06 y -0,62; 0,14 respectivamente (Tabla 20).

Post-tto (ModT2) VS Pre-tto (ModT1)	N	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Nivel de significación (P)
<i>Anchura segundo premolar cuspldea</i>	51	1,85(1,37)	1,47; 2,23	<u>0,00005</u>
<i>Anchura canina cuspldea</i>	51	2,94(1,98)	2,38; 3,49	<u>0,00005</u>
<i>Profundidad canina</i>	51	-0,26(1,12)	-0,57; 0,06	<u>0,109</u>
<i>Profundidad de arcada</i>	51	-0,24(1,36)	-0,62; 0,14	<u>0,216</u>

Post-tto (ModT2) VS Pre-tto (ModT1)	N	Min	Max	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)
<i>Anchura canina gingival</i>	51	-0,80	7,80	1,70 (1,00; 4,00)	1,40; 2,30	<u>0,00005</u>
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	51	-0,10	8,70	2,30 (0,90; 4,70)	1,80; 3,10	<u>0,00005</u>
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	51	-0,80	10,80	2,70 (1,40; 6,10)	2,00; 3,50	<u>0,00005</u>

<i>Anchura molar gingival</i>	51	-0,50	8,40	2,30 (1,30; 5,10)	1,90; 2,70	<u>0,00005</u>
<i>Anchura primer premolar cuspídea</i>	51	-7,40	5,50	1,40 (0,40; 2,50)	1,20; 1,90	<u>0,00005</u>
<i>Anchura molar cuspídea</i>	51	-6,20	6,10	2,60 (1,50; 3,50)	1,90; 3,10	<u>0,00005</u>

Tabla 20. Comparativa entre las mediciones de los modelos digitales pre-tratamiento y Post-tratamiento en la arcada inferior. (ModT2-ModT1)

Las mediciones logradas para estudiar la predictibilidad de la expansión en los pacientes tras finalizar el tratamiento con aparatología Invisalign® fue determinado mediante la diferencia existente entre el modelo digital final y la planificación virtual fin de tratamiento.

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre lo obtenido y lo planificado con un valor de $p < ,05$ a nivel de la anchura canina gingival, anchura segundo premolar gingival, anchura molar gingival y anchura premolar gingival. Todas las demás variables presentaron valor de $p > ,05$ indicando que no eran estadísticamente significativas. A nivel de la anchura del segundo premolar cuspídea presentaba un valor de $p=0,499$, la anchura canina cuspídea $p=0,057$, anchura canina molar $p=0,485$, anchura primer premolar cuspídea $p=0,521$, profundidad canina $p=0,306$, profundidad de arcada $p=0,746$.

Con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población que padece la muestra a nivel de gingival era de 1,92; 3,26 para la anchura canina; de 3,54; 5,21 para la anchura de segundo premolar y de 2,97; 4,66 para la anchura del molar y

también con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población fue de 3,40; 4,90 para la anchura del primer premolar.

A nivel cuspídeo, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la mediana de la población era -0,50; 0,20 a nivel de anchura primer premolar. Del mismo modo, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población era de -0,26; 0,13 a nivel de la anchura de segundo premolar, de -0,01;0,59 a nivel de la anchura canina y de -0,19; 0,40 a nivel de la anchura molar.

La profundidad canina y de arcada, con un intervalo de confianza del 95% se afirmó que la media de la población fue de -0,36; 0,12 y -0,24; 0,34 respectivamente.

La predictibilidad clínica del software ClinCheck[®] de Invisalign[®] tras la finalización del tratamiento (CkT2 y ModT2) la logramos analizando el grado de predictibilidad para las anchuras tanto a nivel gingival como cuspídeo, mediante la fórmula de $[(\text{obtenido}/\text{planificado}) * 100]$. La comparativa entre la expansión final lograda en el modelo digital final y la planificada en el ClinCheck[®] final precedido. Esta predictibilidad fue, para los caninos de 88,98% (a nivel gingival) y 99,26% (a nivel cuspídeo), para los primeros premolares de 88,82% (a nivel gingival) y 100% (a nivel cuspídeo), para los segundos premolares de 90,50% (a nivel gingival) y 100,38% (a nivel cuspídeo), para los primeros molares de 90,31% (a nivel gingival) y 99,78% (a nivel cuspídeo) respectivamente (Tabla 21).

Ck final (Ck2) VS Post-tto (ModT2)	N	\bar{x} (DE)	IC 95% \bar{x}	Nivel de significación (P)	% Predictibilidad
<i>Anchura canina gingival</i>	51	2,59(2,37)	1,92; 3,26	<u>0,00005</u>	88,98%
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	51	4,38(2,98)	3,54; 5,21	<u>0,00005</u>	90,50%
<i>Anchura molar gingival</i>	51	3,82(3,00)	2,97; 4,66	<u>0,00005</u>	90,31%
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	51	- 0,07(0,70)	-0,26; 0,13	<u>0,499</u>	100,38%
<i>Anchura canina cuspídea</i>	51	0,29(1,06)	-0,01; 0,59	<u>0,057</u>	99,26%
<i>Anchura molar cuspídea</i>	51	0,10(1,06)	-0,19; 0,40	<u>0,485</u>	99,78%
<i>Profundidad canina</i>	51	- 0,12(0,85)	-0,36; 0,12	<u>0,306</u>	
<i>Profundidad de arcada</i>	51	0,05(1,03)	-0,24; 0,34	<u>0,746</u>	

Ck final (Ck2) VS Post-tto (ModT2)	N	Min	Max	Me (P₂₅;P₇₅)	IC95% Me	Nivel de significación (P)	% Predictibilidad
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	51	-2,20	7,70	4,20 (1,20; 5,60)	3,40; 4,90	<u>0,00005</u>	88,82%
<i>Anchura primer premolar cuspeida</i>	51	-3,00	10,00	-0,10 (- 1,10; 0,90)	-0,50; 0,20	<u>0,521</u>	100%

Tabla 21. Comparativa entre las mediciones de la planificación virtual fin de tratamiento y de los modelos digitales post-tratamiento en la arcada inferior. (CkT2-ModT2)

Las mediciones logradas para estudiar la predictibilidad de la expansión de la arcada superior por grupos fueron determinadas mediante la comparativa entre los modelos digitales finales reales y la planificación virtual final (Clincheck®). Los grupos estudiados fueron agrupados en función de la magnitud de expansión planificada de los 1º molares inferiores:

Grupo 1, expansión entre 1 y 1,90 mm.

Grupo 2, expansión entre 2 y 3 mm.

Grupo 3, expansión entre 3,1 y 5,5 mm.

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre lo obtenido y lo planificado con un valor de significancia de $p < ,05$ a nivel de la anchura del primer

premolar cuspídea ($p=0,16$); a nivel de la anchura molar cuspídea ($p=0,034$) e inclinación molar ($p=0,029$).

El cambio significativo en la anchura del primer premolar cuspídea se obtuvo entre el grupo 1 y 3 con una $p=0,010$; a nivel de la anchura molar cuspídea el cambio significativo entre el grupo 1 y 3 con una $p=0,033$ y a nivel de la inclinación molar el cambio significativo fue, entre el grupo 3 y 2 con una $p=0,080$ y entre el grupo 3 y 1 con una $p=0,013$. (Tabla 22 y 23).

Modelos Post-tratamiento ModT2	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me	Grupo	N	Min	Max	Me (P25;P75)	IC95 % Me
<i>Anchura canina gingival</i>	1	26	18,0	27,5	20,4 (19,2; 22,0)	19,4; 21,6	2	22	15,1	25,6	21,1 (20,2; 22,8)	20,4; 22,8	3	3	19,2	24,0	20,4 (19,2; 24,0)	19,2; 24,0
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	26	24,1	32,1	26,8 (25,2; 29,2)	25,5; 28,7	2	22	23,9	34,3	28,3 (26,5; 30,3)	26,8; 30,0	3	3	26,4	31,4	26,4 (26,4; 31,4)	-
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	26	28,1	39,4	31,1 (29,2; 33,7)	29,6; 33,5	2	22	27,1	39,0	32,4 (30,0; 35,3)	30,2; 34,9	3	3	30,0	38,2	30,3 (30,0; 38,2)	30,0; 38,2

<i>Anchura molar gingival</i>	1	2 6	29, 4	42, 7	34,6 (33,1; 38,2)	33,4; 36,4	2	2 2	29, 5	41, 2	35,5 (33,2; 39,0)	33,5; 37,9	3	3	32, 6	38, 2	32,8 (32,6; 38,2)	32,6; 38,2
<i>Anchura primer premolar cuspidéa</i>	1	2 6	40, 9	48, 8	43,7 (42,1; 46,0)	42,4; 45,6	2	2 2	29, 9	47, 6	44,3 (41,4; 46,4)	41,7; 46,3	3	3	42, 3	42, 7	42,3 (42,3; 42,7)	-
<i>Anchura segundo premolar cuspidéa</i>	1	2 6	22, 5	28, 9	26,4 (25,4; 27,5)	25,8; 27,3	2	2 2	23, 9	29, 8	26,5 (25,6; 27,7)	25,7; 27,0	3	3	27, 1	27, 3	27,2 (27,1; 27,3)	27,1; 27,3
<i>Anchura canina cuspidéa</i>	1	2 6	34, 9	46, 9	39,7 (38,4; 41,3)	38,9; 40,9	2	2 2	36, 3	45, 0	40,8 (38,7; 42,2)	39,2; 42,1	3	3	39, 9	40, 7	39,9 (39,9; 40,7)	-
<i>Anchura molar cuspidéa</i>	1	2 6	42, 0	52, 0	45,1 (43,0; 48,2)	44,3; 45,8	2	2 2	41, 7	50, 3	45,5 (43,0; 47,2)	43,9; 47,2	3	3	43, 8	44, 1	44,0 (43,8; 44,1)	43,8; 44,1

Planificaci on Virtual CkT2	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P7 5)	IC95 % Me	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P7 5)	IC95 % Me	Grup o	N	Mi n	Ma x	Me (P25;P7 5)	IC95 % Me
<i>Anchura canina gingival</i>	1	2 9	20, 1	27, 8	23,5 (22,1; 24,6)	22,7; 23,9	2	2 2	20, 8	27, 5	23,6 (22,9; 24,6)	22,9; 24,2	3	3	23, 4	24, 8	24,0 (23,4; 24,8)	23,4; 24,8
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	2 9	27, 6	35, 3	31,1 (29,8; 32,5)	30,0; 32,3	2	2 2	28, 2	36, 3	32,1 (30,3; 32,9)	30,5; 32,9	3	3	30, 8	32, 5	31,1 (30,8; 32,5)	30,8; 32,5
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	2 9	31, 6	41, 5	36,3 (35,1; 37,6)	35,4; 37,0	2	2 2	34, 2	40, 8	37,3 (35,2; 38,3)	35,3; 37,9	3	3	37, 3	39, 1	38,0 (37,3; 39,1)	37,3; 39,1

<i>Anchura molar gingival</i>	1	2 9	34, 2	46, 2	38,8 (37,7; 40,4)	38,0; 40,0	2	2 2	34, 4	44, 0	38,8 (37,0; 40,3)	38,0; 40,3	3	3	38, 7	41, 8	39,9 (38,7; 41,8)	38,7; 41,8
<i>Anchura primer premolar cuspidéa</i>	1	2 9	40, 1	48, 9	43,4 (41,5; 45,0)	42,5; 45,0	2	2 2	38, 2	47, 5	44,7 (41,8; 45,9)	43,4; 45,9	3	3	42, 6	45, 4	44,8 (42,6; 45,4)	42,6; 45,4
<i>Anchura segundo premolar cuspidéa</i>	1	2 9	22, 3	28, 4	26,6 (25,3; 27,4)	25,8; 26,9	2	2 2	24, 0	30, 2	26,8 (25,3; 27,4)	25,8; 27,4	3	3	27, 0	28, 0	27,4 (27,0; 28,0)	27,0; 28,0
<i>Anchura canina cuspidéa</i>	1	2 9	36, 2	47, 3	40,1 (38,3; 41,3)	38,9; 41,2	2	2 2	36, 1	45, 0	40,8 (38,7; 43,4)	39,1; 43,2	3	3	40, 4	41, 5	40,8 (40,4; 41,5)	40,4; 41,5
<i>Anchura molar cuspidéa</i>	1	2 9	42, 1	52, 7	44,8 (43,6; 46,4)	43,8; 45,8	2	2 2	42, 0	50, 2	46,0 (43,0; 47,8)	43,4; 47,8	3	3	44, 5	45, 6	45,0 (44,5; 45,6)	44,5; 45,6

Tabla 22: Comparativa entre las mediciones de la planificación virtual fin de tratamiento y de los modelos digitales post-tratamiento en la arcada inferior (CkT2-ModT2) por grupos en función de la expansión planificada (grupo 1 expansión entre 1-1,90 mm de los 1º molares inferiores, grupo 2 entre 2 y 3 mm y grupo 3 entre 3,1 y 5,5 mm), para estudiar la predictibilidad del tratamiento en función de la cantidad de expansión planificada.

ModT2- Ck2	Grupo	N	%	Grupo	N	%	Grupo	N	%
<i>Anchura canina gingival</i>	1	26	86,81%	2	22	89,41%	3	3	85%
<i>Anchura primer premolar gingival</i>	1	26	86,17%	2	22	88,16%	3	3	84,89%
<i>Anchura segundo premolar gingival</i>	1	26	85,67%	2	22	86,86%	3	3	79,74%
<i>Anchura molar gingival</i>	1	26	89,18%	2	22	91,49%	3	3	82,21%
<i>Anchura primer</i>	1	26	100,92%	2	22	99,11%	3	3	94,42%

<i>premolar cuspídea</i>									
<i>Anchura segundo premolar cuspídea</i>	1	26	99,25%	2	22	98,88%	3	3	99,27%
<i>Anchura canina cuspídea</i>	1	26	99,00%	2	22	100%	3	3	97,79%
<i>Anchura molar cuspídea</i>	1	26	100,67%	2	22	98,91%	3	3	97,78%

Tabla 23: Porcentaje de predictibilidad en la arcada inferior por grupos en función de la expansión planificada (grupo 1 expansión entre 1-1,90 mm de los 1° molares inferiores, grupo 2 entre 2 y 3 mm y grupo 3 entre 3,1 y 5,5 mm).

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

Como se ha argumentado en apartados anteriores, el diseño del estudio realizado fue retrospectivo. En comparación con aquellos ensayos prospectivos y randomizados, se puede decir que esta tipología de estudios posee una menor relevancia en la escala de validez científica, sin embargo, también cabe destacar el amplio tamaño muestral empleado y todos ellos tratados por un mismo profesional. El hecho de la intervención de un sólo profesional experimentado en el tratamiento de ortodoncia mediante el uso de alineadores de los pacientes, elimina diversas fuentes de sesgos por lo cual le añade mayor validez al estudio. (135)

Asimismo, el análisis de las mediciones realizadas fue desarrolladas por un único operador (M.L.V.B). Esto podría considerarse un déficit en el planteamiento del estudio, ya que hubiera sido ideal el análisis de los datos por parte de varios investigadores. Para minimizar este déficit, el operador fue validado estadísticamente, para ello se cuantificó el error de medición intraobservador realizándose mediciones dobles sobre los registros pretratamiento, seleccionados aleatoriamente y separados por un intervalo de 2 semanas. La concordancia intraobservador obtenida mediante el coeficiente de correlación intraclass (ICC) mostró valores comprendidos entre 0,7 y 0,9 considerándose, por tanto, una fuerte correlación y minimizando riesgos de sesgo.

Las medidas estudiadas se obtuvieron a partir de puntos de referencia de origen dental y gingival; y si bien es cierto que, para conocer los cambios reales que tienen lugar en la dimensión transversal, se deberían haber realizado mediciones esqueléticas previas al tratamiento y posteriores al mismo, para poder analizarse cambios cuantitativos en las dimensiones óseas. Ésto último fue descartado debido a la imposibilidad de disponer imágenes radiológicas compatibles (CBCT) para realizar el estudio en el plano transversal. Se debe tener en cuenta que, realizar este tipo de mediciones y someter a los

pacientes a ciertas dosis de radiación, como son las producidas por este tipo de pruebas, pueden ser éticamente cuestionables.

Por otro lado, examinando la literatura existente, los artículos publicados sobre la expansión ortodóncica mediante aparatología termoplástica son limitados (136,137). Es por ello que, existe un número muy acotado de ensayos que se basen en el comportamiento de la expansión con el material SmartTrack[®] (136,137,138), empleando la mayoría el antiguo material, Ex30[®] (93,94,139,140,141,142) actualmente en desuso, por los que sus conclusiones no serían aplicadas de igual forma en la actualidad.

El tamaño muestral es un aspecto a considerar, en el presente trabajo se recolectó una muestra de 64 pacientes correspondientes a la arcada superior y 51 pacientes de la arcada inferior. Encontrándose en la literatura estudios similares, como el de Houle y cols con un tamaño muestral parecido, de 64 pacientes tanto en la arcada superior como inferior. Sin embargo, existen estudios como el de Solano-Mendoza y cols. y el de Morales y cols que presentan un número mayor de pacientes en su muestra (N=116 y N=114 respectivamente), aunque se debe tener en cuenta que se limitan a estudiar únicamente el comportamiento de la arcada superior. (93,94,138)

Se puede decir que, la eficacia se define como la capacidad de conseguir el efecto que se desea o se espera de algo, mientras que por otra parte la eficiencia es aquella capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado. En el campo de la ortodoncia, se puede apreciar como diversos investigadores, mediante sus estudios, han tratado de determinar la eficacia y eficiencia de los movimientos dentales con alineadores. (93)

En referencia a la predictibilidad, se podría decir que, se define como aquella cualidad de poder anunciar por revelación, conocimiento fundado, intuición o conjetura

algo que pueda llegar a suceder. Al igual que otros factores, como la eficacia, esta cualidad ha sido analizada por numerosos autores en el campo de la ortodoncia plástica con alineadores. (93,94,138)

Ambos términos fueron estudiados en este proyecto, evaluando así la eficacia de la expansión tanto en la arcada superior como inferior, es decir, cual era la anchura a diferentes niveles de ambas arcadas al principio del tratamiento y cómo se encontraron al final del tratamiento. Del mismo modo se analizó la predictibilidad del sistema para la expansión de ambas arcadas, observando cuál fue la anchura planificada en la última férula ClinCheck® de Invisalign® y cuál fue la anchura obtenida en boca de los pacientes una vez utilizada la misma.

Como se describe en los resultados, a nivel gingival y cuspídeo se consiguió a nivel de caninos un IC95% Me de 0,90; 2,00 a nivel gingival y un IC95% Me 1,90; 3,30 a nivel cuspídeo; a nivel de primeros premolares se consiguió un IC95% Me de 1,40; 2,60 a nivel gingival y un IC95% Me de 1,22; 1,85 a nivel cuspídeo; a nivel de segundos premolares se obtuvo un IC95% Me de 1,30; 2,90 a nivel gingival y un IC95% Me de 0,80; 2,10 a nivel cuspídeo y a nivel del primer molar se consiguió un IC95% Me de 1,30; 2,20 a nivel gingival y un IC95% Me de 2,22; 2,94 a nivel cuspídeo. Todos los valores presentaron una $p = 0,00005$, lo que nos indicó que los cambios producidos pre y post tratamiento eran estadísticamente significativos, siendo la expansión producida una expansión eficiente, aunque por lo general se consiguió más expansión coronal que gingival, propio de la expansión de la arcada superior.

Por otro lado, la predictibilidad obtenida fue para los caninos de 87,71% a nivel gingival y 98,35% a nivel cuspídeo, para los primeros premolares de 84,03% a nivel gingival y 99,36% a nivel cuspídeo, para los segundos premolares de 84,28% a nivel gingival y 100,58% a nivel cuspídeo, para los primeros molares de 87,35% a nivel

gingival y 98,32% a nivel cuspidé. Entendiendo así que a nivel gingival la predictibilidad es menor que a nivel cuspidé.

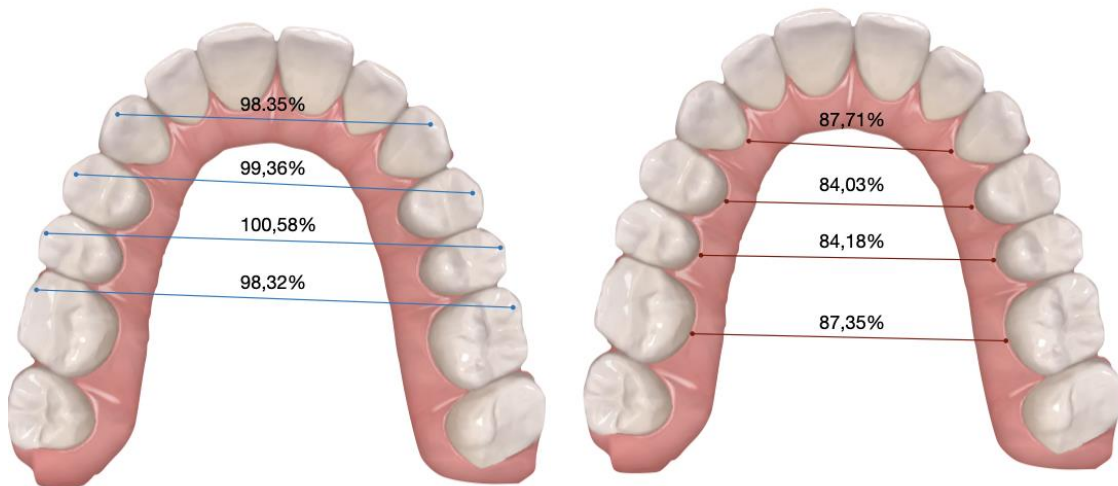


Figura 33: Figura representativa de los datos obtenidos que miden la predictibilidad de la expansión en arcada superior a nivel cuspidé (azul) y a nivel gingival (rojo) que se encuentran recogidos en la Tabla 11.

Como se argumentó en el apartado anterior, en el presente estudio, se decidió clasificar el grado de expansión en 3 grupos, en función de la magnitud de expansión planificada a nivel de los primeros molares superiores, se clasificó en G1 cuando la expansión era entre 1-2 mm, G2 entre 2,1 y 3,5 mm y G3 entre 3,6 y 5,8 mm. Analizando los resultados obtenidos sobre la predictibilidad de las anchuras por grupos tanto gingivales como cuspidéas, se podría decir que el G2, que representa la expansión moderada, resulta ser el más predecible cuando se compara con los otros grupos.

Ante estos datos, es lógico pensar que mientras mayor sea la expansión, menos predecible es dicho movimiento. Como se sabe por estudios presentes en la literatura, como el de Solano y cols (67) con aparatología fija sobre bandas (QuadHelix) en el que

se obtuvo una expansión molar hasta 3 mm siendo menos predecible cuando era necesario un aumento mayor a esa cantidad. Sin embargo, es interesante apreciar como a partir de los resultados obtenidos en el presente estudio puede observarse una mayor predictibilidad en el grupo 2 frente al grupo 1, pudiendo discernir que a partir de una cantidad determinada como mínima, la expansión es más predecible, o, dicho de otro modo, para que la expansión pueda tener la mayor predictibilidad posible, la misma deseada deberá encontrarse dentro de un intervalo determinado.

Cabe destacar que en el presente trabajo se decidió dividir la muestra en 3 grupos en función de la planificación de la expansión a nivel de primer molar, obteniendo que es estadísticamente significativo que la expansión sería más predecible si ésta se encuentra en un intervalo de 2,1-3,5 mm. Sin embargo, sería interesante realizar futuros estudios con una división más compleja que ayuden a poder determinar con mayor exactitud dentro de que intervalo la predictibilidad es la mayor posible.

El estudio de Houle y cols en 2017 reveló que los cambios transversales en el arco superior eran 72.8% precisos en general, 82.9% a nivel cuspídeo y 62.7% en los márgenes gingivales. Dicho estudio fue el más similar al presente trabajo, tanto a nivel de muestra N=64 como a nivel de resultados, siendo los mismos menores, pues se realizó con el material antiguo Ex30[®]. A diferencia de nuestro estudio, tomaron como referencia la cúspide palatina, por lo que los valores obtenidos fueron menores, además no contaron con la diferencia por inclinación, que en este estudio si se tuvo en cuenta, por ello es más significativa la diferencia en un mismo diente de la predictibilidad a nivel gingival y cuspídeo vestibular que palatino. La predicción más precisa fue para la punta de la cúspide canina, con una precisión del 88,7%, lo que significa que no se logró 0,22 mm de la expansión solicitada de 1,92 mm. En general, los primeros molares superiores fueron los dientes con la precisión de seguimiento más baja. Existe una tendencia de que la

precisión de Clincheck® disminuye cuando se mueve hacia atrás en el arco. Esta diferencia es probablemente el resultado de la anatomía de la raíz, el grosor del hueso cortical, una mayor carga de masticación y una mayor resistencia de los tejidos blandos de las mejillas en la región posterior. (94)

En 2017, se publicó el estudio de Solano-Mendoza y cols en el cual se analizó la eficacia de la expansión de la arcada superior, con una muestra mayor (N=116) con alineadores Invisalgin® (material Ex30®) y se concluyó que en la comparación del modelo digital de pretratamiento vs ClinCheck® inicial (ModT1-CkT1) surgiría una reproducción correcta del ClinCheck® original con respecto a la situación clínica inicial, demostrando así la eficacia de la impresión o el escáner con el ajuste de la primera férula, por esta demostración en este trabajo, se basa en la comparación de CkT2 y ModT2 para estudiar la predicibilidad. (93)

A la hora de realizar las mediciones coroneales, algunos estudios toman como referencia las cúspides vestibulares de los dientes posteriores (93,138,141) como se realizó en el presente trabajo, sin embargo, otros valoran la distancia interdientaria a nivel de la cúspide palatina (94,141) o desde el centro de la corona clínica (136). Como el sistema Invisalign® no aporta información desde dónde realiza las mediciones en la tabla de movimiento dentario, ello depende del método de cada investigador en sus estudios, lo que hace muy difícil poder realizar comparaciones entre los diferentes estudios basándose en resultados objetivos; por ello se debería de unificar criterios en próximos estudios para hacerlos más veraces científicamente.

La expansión promedio obtenida en el ensayo de Solano-Mendoza y cols, a nivel gingival fue de 0,54 mm a la altura de los caninos; de 1,39 mm primer premolar; de 1,25 mm segundo premolar y de 0,56 mm primer molar superior. (93)

A diferencia de estos resultados, en el presente estudio se obtuvieron a nivel gingival en caninos 1,72 mm; en 1° premolar 3,36 mm; 2° premolar: 3,42 mm y en el 1° molar 2,66 mm, observándose valores levemente más altos que en el estudio anterior, concluyendo que la eficacia es mayor con el nuevo material SmartTrack®.

Xiang Z realizaron el primer estudio sobre la expansión con alineadores Invisalign® con el material nuevo SmartTrack®. Se estudió la eficacia de la expansión de la arcada superior con alineadores Invisalign®, contando con una muestra menor (N=31) donde concluyó que la expansión del arco maxilar con los alineadores se conseguía con la vestibularización de los dientes posteriores con una inclinación vestibular limitada. La eficacia de la expansión disminuía desde los primeros premolares a los segundos molares, siendo el diente menos predecible el diente terminal. En nuestro estudio la expansión se evaluó hasta el primer molar sin tener en cuenta el segundo molar.

(136)

Lione y cols realizaron un ensayo clínico prospectivo, donde evaluaba los movimientos de los dientes durante la expansión del arco maxilar con un tratamiento de alineadores transparentes Invisalign®. La muestra del estudio fue de N=28, en sus resultados mostraron una mayor anchura del maxilar al nivel de los primeros obteniendo una expansión de 3,5 mm y en los segundos premolares una expansión obtenida de 3,8 mm, que se correspondía con un incremento medio del 8,5% respecto a los valores iniciales, consiguiendo así una menor profundidad de arcada y forma parabólica. El desarrollo del arco maxilar reveló una reducción progresiva de la tasa de expansión y de torque vestibular en las regiones anterior, lateral y posterior, con el mayor aumento neto en el primer y segundo premolar. Se consiguió un valor menos predecible a nivel de las anchuras caninas obteniendo una inclinación coronal hacia lingual. Los investigadores de

este estudio afirmaron que por razones estéticas y funcionales debemos prestar especialmente atención a los cambios transversales de los caninos. (142)

Otra de las razones por las cuales la expansión decrece en los molares se debe a que la fuerza mecánica ejercida para movilizar los dientes disminuye en los extremos de los alineadores y por ello varios autores recomiendan realizar sobrecorrección en el área molar y así aplicar mayor fuerza en los extremos libres de los alineadores. (93,94)

En 2020, Morales y cols estudiaron la eficacia y la predictibilidad de la expansión con el sistema Invisalign® en la arcada superior con el material SmarTrack®, con una muestra de N=114 y comparó las anchuras interdentes a nivel de los caninos, primer y segundo premolar y primer y segundo molar a nivel de la cúspide mesio-vestibular. La eficacia obtenida fue para caninos 1,87mm, 1° premolar 3,14mm, 2° premolar 3,45mm, 1° molar 2,57mm y 2° molar 0,45mm, siendo similar a nuestro estudio, aunque con valores más elevados. Esto podría verse afectado debido a que los pacientes del ensayo de Morales y cols partían de torques más negativos. (138)

Otros datos aportados por el estudio de Morales y cols, fueron la predictibilidad de la expansión de los caninos de 79,1%, 1° premolar 79,9%, 2° premolar 80,9%, primer molar 79,9% y segundo molar 71,9%. Obteniendo la menor eficacia y predictibilidad a nivel de segundo molar, el cual no se midió en el presente trabajo. Sin embargo, a nivel del primer molar y caninos obtuvieron resultados similares. (138)

A diferencia de nuestro estudio, Morales y cols realizaron las mediciones mediante una cuadrícula (calibrada a 1 mm) en imágenes en 2D, siendo así menos preciso que realizarlo en modelos STL en 3D (a escala 1:1) como realizamos en nuestro estudio. Del mismo modo, no evaluaron la expansión a nivel gingival, sólo a nivel coronal, entendiéndolo por ello la expansión solamente por un movimiento de inclinación de la corona.

Riede U y cols en su estudio evaluaron la precisión de los contactos oclusales previamente planificados en la planificación virtual Clincheck® en 30 pacientes y determinaron que se lograba el 60% de los contactos simulados, siendo este valor adecuado para asegurar un patrón de contacto clínicamente favorable. Tras su estudio se concluyó que la sobrecorrección en el Clincheck® podría ser una buena opción para planificar los contactos oclusales con una efectividad clínica del 59.1%. (137)

Para estudiar la eficacia de la expansión en la arcada inferior se determinó mediante la comparativa entre los modelos digitales finales reales (ModT1) de los pacientes tras realizar el tratamiento con los alineadores Invisalign® y los modelos digitales iniciales (ModT2) de los pacientes antes de comenzar el tratamiento.

Como se describe en los resultados a nivel gingival y cuspídeo se consiguió a nivel de caninos un IC95% Me de 1,40-2,30 a nivel gingival y un IC95% Me 2,38-3,49 a nivel cuspídeo; a nivel de primeros premolares se consiguió un IC95% Me de 1,80-3,10 a nivel gingival y un IC95% Me de 1,20-1,90 a nivel cuspídeo; a nivel de segundos premolares se obtuvo un IC95% Me de 2,00-3,50 a nivel gingival y un IC95% Me de 1,47-2,23 a nivel cuspídeo y a nivel del primer molar se consiguió un IC95% Me de 1,90-2,70 a nivel gingival y un IC95% Me de 1,90-3,10 a nivel cuspídeo. Todos los valores presentaron una $p=0,00005$, lo que indica que los cambios producidos pre y post tratamiento eran estadísticamente significativos.

Se debe tener en cuenta que, en los premolares, la anchura conseguida a nivel gingival fue mayor que a nivel cuspídeo. Esto puede ser debido a que los dientes inferiores siempre tienden a tener un torque más negativo, y la propia expansión puede ser resultado en mayor medida de una corrección de torque que de expansión propiamente dicha, como es la que se produce en la arcada superior. Además, la arcada inferior busca el correcto engranamiento con los dientes superiores, de modo que existiría un retroceso en el torque

de los mismos tras realizar la expansión y ello explica que a nivel gingival se alcancen mayores niveles que a nivel cuspídeo ya que finalmente los premolares mandibulares obtaran por una posición de torque más negativo.

Son sólo dos los estudios encontrados que estudian la expansión de arcada inferior (94,140), por lo que con éstos se comparan con los resultados de nuestro trabajo, aunque cabe distinguir que los materiales empleados fueron diferentes, pues los estudios anteriores se realizaron con el material antiguo Ex30[®] por lo nuestro estudio es el único a día de hoy publicado que estudia la expansión de la arcada inferior con el sistema Invisalign[®] con el material SmartTrack[®].

Houle y cols observaron en la arcada inferior una precisión general de 87.7%, 98.9% en las puntas de las cúspides y 76.4% en los márgenes gingivales. Este valor fue mejor a los resultados de dicho estudio para la arcada superior, esto puede explicarse por el hecho de que la cantidad de cambio solicitada en el arco inferior suele ser menor que en el arco superior. Además, la resistencia se reduce dado que el arco superior se está expandiendo simultáneamente. (94)

Esto mismo se refleja en los resultados de nuestro trabajo, aunque con una mayor predictibilidad en general, mostrando la mejora del sistema con el nuevo material. Los resultados mostraron una predictibilidad para la arcada inferior en caninos de 88,98% (a nivel gingival) y 99,26% (a nivel cuspídeo), en los primeros premolares de 88,82% (a nivel gingival) y 100% (a nivel cuspídeo), en los segundos premolares de 90,50% (a nivel gingival) y 100,38% (a nivel cuspídeo) y en los primeros molares de 90,31% (a nivel gingival) y 99,78% (a nivel cuspídeo). En la arcada inferior, la predictibilidad a nivel gingival fue menor que a nivel cuspídea, al igual que en la arcada superior.

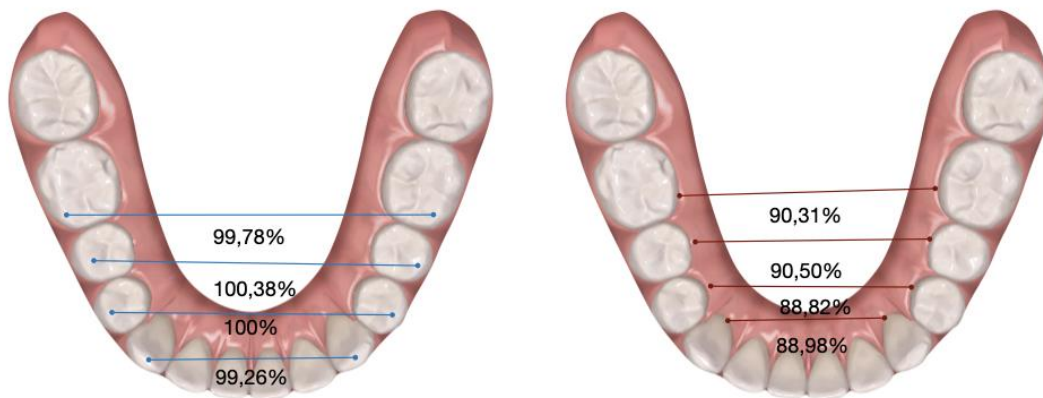


Figura 34: Figura representativa de los datos obtenidos que miden la predictibilidad de la expansión en arcada inferior a nivel cuspidal (azul) y a nivel gingival (rojo) que se encuentran recogidos en la Tabla 21.

La diferencia entre este trabajo y el estudio Houle y cols reside especialmente en la predictibilidad coronal, donde los autores miden la cúspide palatina en comparación con este ensayo que mide la cúspide vestibular, dando lugar a una predictibilidad de expansión aumentada debido a la implicación de la inclinación de las coronas de los dientes. La forma del arco de pretratamiento posiblemente puede usarse como un predictor de cuánta expansión dentoalveolar se puede lograr durante el tratamiento y los dientes con torque lingual pueden ofrecer una mayor magnitud de expansión. Esta suposición tendría que verificarse en un estudio futuro.

El estudio de Dereigibus A y cols evaluaron los cambios en la forma del arco en 27 pacientes caucásicos de Clase II tratados con Invisalign®, en los cuales se planificó una expansión máxima de la arcada de 4 mm. Se compararon los modelos digitales del maxilar y la mandíbula en tres momentos diferentes: pretratamiento (T0), configuración aceptada (ClinCheck®) (T1) y postratamiento (T2). Cada modelo digital se importó en el software GOM Inspect© (GOM GmbH, Braunschweig, Alemania) y se compararon: T0-

T1, T0-T2 y T1-T2. T1 mostró arcos dentales maxilares y mandibulares más amplios en comparación con T0, con movimientos máximos observados en las regiones premolares (movimiento máximo de 1,94 mm para el diente 15; $P < 0,0001$). En la comparación T1-T2, se observó una posición más bucal del diente 22, el diente 23 y el diente 24 (movimiento máximo de 0,56 mm; $P < 0,05$) y una posición más lingual del diente 37 (movimiento máximo de 0,81 mm; $P < 0,01$), el diente 36 y el diente 47 en T1 con respecto a T2. (140)

Se concluyó que la forma final de la arcada inferior se caracterizó por una posición más lingual de los molares, estadística y clínicamente relevante con respecto a la posición planificada. Es por ello que se consideró la arcada inferior como guía para la forma final de la arcada superior, la distancia intercanina mandibular no sufrió ningún cambio significativo. Por lo tanto, este enfoque ortodóntico podría producir resultados funcionales y estables. (140)

Comparando la arcada superior con la inferior en nuestro estudio, se obtuvo que en la arcada inferior la expansión a nivel gingival es más predecible que la realizada en la arcada superior. Por el contrario, la anchura a nivel cuspídea obtenida en la arcada superior fue mayor que en la inferior, por ello se puede deducir que esta expansión obtenida es más incontrolada, con una mayor inclinación de las coronas y se deriva de este modo el planteamiento de que en la arcada inferior la expansión tiene más control de torque que la arcada superior.

Los resultados obtenidos en este estudio para la profundidad canina y de arcada de la arcada superior fue de -0,74; -0,20 (Pretratamiento) y -0,67; -0,08 (Posttratamiento) indicando que ambas disminuyeron. Asimismo, la profundidad canina y de arcada de la arcada inferior fue de -0,57; 0,06 (pre) y -0,62; 0,14 (post) indicando que ambas disminuyeron respectivamente, indicando la eficacia de la expansión obtenida, pues al

ser menor indica que se ha producido una expansión en el arco y la profundidad ha disminuido. Por lo general, siempre que se expande, las profundidades disminuyen, pero también dependen de otro punto a tener en cuenta como es el apiñamiento inicial de la arcada, el cual no se tiene presente en dicho estudio.

En referente a esto último, en 2015 Duncan LO y cols realizaron un estudio en que relacionaban la expansión del arco bucal, la resolución de apiñamiento y la posición del incisivo inferior en aquellos pacientes con apiñamiento tratados mediante alinadores Invisalign® sin realización de extracciones. Para ello se realizó una revisión retrospectiva de las historias clínicas de 61 pacientes adultos de raza blanca. Los pacientes se clasificaron en tres grupos según el valor del apiñamiento de la dentición inferior antes del tratamiento: 20 leve (2,0–3,9 mm), 22 moderado (4,0–5,9 mm) y 19 grave (0,6 mm). Se midieron radiografías cefalométricas para determinar los cambios en los incisivos inferiores, también se midieron la reducción interproximal y los cambios en el ancho del arco. Los resultados revelaron que la expansión del arco bucal desempeñó un papel importante en el manejo del apiñamiento. El aumento medio en el ancho intermolar fue de 1,65 mm en el grupo de apiñamiento leve, 1,86 mm en el grupo moderado y 2,65 mm en el grupo severo. En el grupo de apiñamiento severo, todas las variables, incluida la posición del incisivo inferior y la angulación, mostraron un cambio estadísticamente significativo de T0 a T1, por lo tanto, podemos concluir que, en una dentición con apiñamiento severo corregida a expensas de expansión e IPR, produce proinclinación del incisivo inferior. (143)

Dichos resultados mostraron claramente que la expansión de la arcada y la proclinación anterior fueron los contribuyentes predominantes a la resolución del apiñamiento grave. Esto indica que, si se prescribe mayor cantidad de reducción interproximal (IPR), podría esperarse una reducción en la proclinación. La reducción de

la proclinación del incisivo tiene beneficios desde una perspectiva periodontal y de estabilidad. (144)

En el año 2017, Grünheid T y cols publicaron en su estudio resultados sobre la expansión realizada para solventar el apiñamiento de los pacientes. El estudio se basaba en realizar mediciones en los modelos post-tratamiento de 30 pacientes que recibieron tratamiento ortodóncico mediante alineadores (Invisalign®) sin realizar extracciones. Se superpusieron digitalmente en sus correspondientes modelos de planes de tratamiento virtuales utilizando el registro basado en la superficie de mejor ajuste, aunque al no existir ninguna zona anatómica inamovible, no es del todo fiable dicha superposición, pues incluso los rugets palatinos se ha demostrado que pueden ser alterados según los movimientos realizados como el distalamiento o mesialización (93). En los resultados relativos a la arcada superior, concluyeron que varios dientes mostraron diferencias estadísticamente significativas, donde el incisivo central se ubicó en una zona más vestibular y con una presencia de mayor torque; el segundo premolar se encontraba en una posición más distal y lingual en relación con la posición prevista y con más torque de corona a vestibular. Referente a la zona posterior, el primer molar sufrió una posición más aberrante en los tres planos del espacio destacando una mesialización coronal mayor de lo previsto a diferencia del segundo molar que mostró una posición más vestibulizada en comparación con la predicción. (145)

Respecto a la arcada inferior se concluyó que todos los dientes mostraron diferencias estadísticamente significativas. Tanto los incisivos centrales como los laterales se trasladaron a una posición más extruida de lo previsto, además del incisivo lateral sufrir una mayor rotación mesial. Los caninos se encontraron lingualizados y con mayor torque y rotación distal de lo previsto, a diferencia los premolares los cuales mostraron una mayor rotación mesial. Finalmente, los molares obtuvieron más torque de

corona vestibular de lo previsto. Aunque estadísticamente significativas, ninguna de estas diferencias en el arco mandibular se consideró clínicamente relevante. (145)

En 2018, Charalampakis O y cols, realizaron un análisis sobre 20 pacientes adultos de Clase I tratados con ortodoncia invisible (Invisalign®) que tras completar su primera serie de alineadores requirieron una serie adicional llamada de refinamiento. El objetivo del estudio era cuantificar cuánto del movimiento planificado era alcanzado tras la primera tanda de alineadores. Para ello extrajeron la situación inicial y final (pronosticado) del ClinCheck® inicial y el punto de partida del ClinCheck® de refinamiento (modelo logrado). Los modelos pronosticados y logrados se midieron utilizando el software Slicer CMF de análisis de imagen tridimensional. Se midieron trescientos noventa y ocho dientes para movimientos horizontales, verticales y de rotación, y se midieron los anchos transversales. La cantidad de movimiento dental previsto se comparó con la cantidad alcanzada para cada movimiento. Como resultados se obtuvo que la mayor diferencia se encontraba en el cambio del ancho intercanino maxilar. Eso no es sorprendente, ya que los caninos maxilares tienen las raíces más largas y la morfología de la corona la cual es cónica, además posee relieve que nos permite mejorar la retención del alineador. La expansión intermolar fue precisa, pero las cantidades promedio de expansión planificada fueron solo de 1.49 mm para los premolares maxilares y 1.76 mm para los premolares mandibulares. Como limitación de dicho estudio, se podría decir que no especifica la fecha de tratamiento de los pacientes, por lo que no se puede saber el material de los alineadores utilizados (Ex30® o SmarTrack®) comparando así los resultados obtenidos con nuestro estudio. (146)

Como bien se ha comentado, el apiñamiento es una de las principales preocupaciones de los pacientes que se someten a una corrección ortodóntica. Para solventar este apiñamiento, se necesita espacio, que podría conseguirse con la expansión

del arco dental, evitando así el desgaste interproximal (IPR). La expansión obtenida con esta técnica es de origen dentoalveolar y para ello es fundamental la adecuada disponibilidad de tejido óseo en todo el contorno del diente para su estabilidad en el tiempo. En caso de que la pared vestibular sea reabsorbida durante el proceso de expansión, puede desencadenar dehiscencia o recesiones del tejido gingival, por lo que es importante evaluar las dimensiones de disponibilidad ósea previo y posterior a la expansión. La prueba diagnóstica idónea para ello es el CBCT, con él se consiguen imágenes de alta resolución que permite hacer mediciones precisas con una baja radiación. (139)

La cuestión es si se puede lograr una expansión suficiente con alineadores plásticos, como se afirma en otros estudios y si la expansión del arco dental se debe sólo a la inclinación de la corona vestibular o a un movimiento tanto de raíz como de corona como se describe en el ChinCheck®. (93,94,136,137,138,141,142)

En el trabajo aquí expuesto tiene como limitación la ausencia de uso del CBCT como prueba diagnóstica para evaluar el torque de los molares. Para resolver esta ambigüedad, en este estudio se dividió la muestra de la arcada superior en dos grupos en función del tipo de expansión planificada en la tabla de movimientos del ClinCheck®. Siendo el grupo 1 expansión planificada por la inclinación de la corona a vestibular (sólo se planifica movimiento en la corona, pero no la raíz) y el grupo 2 expansión en gresión (se planificó movimiento tanto la raíz como la corona).

La diferencia de las anchuras del primer molar tanto gingivales como coronales, planificadas con lo ocurrido, tienen una $p > 0,00005$, conservando la hipótesis nula, es decir, que no se produce un cambio estadísticamente significativo entre ellas, siendo $p = 0,064$ y $p = 0,662$, lo que concluye que es igual de eficaz la expansión planificada por gresión que por inclinación de molares tanto a nivel gingival como cuspidé.

Por el contrario, la inclinación molar producida entre ambos grupos, si fue estadísticamente significativa, siendo esta $p=0,0005$. La media que se obtuvo para el grupo 1, fue de $-4,47^\circ$; indicando que cuando se produce expansión planificada inclinación coronovestibular, el angulo formado disminuye y por tanto la inclinación molar aumenta.

Como era de esperar, en el grupo 2 el ángulo aumentó con una media de $2,18^\circ$, debido a que la expansión se produjo de manera gresional, desplazándose la corona de manera perpendicular, por lo que éste ángulo no disminuía, sino que aumentaba, aunque en menor cantidad. Por ello se observa que se produce un cambio significativo en la inclinación de los molares en función del tipo de planificación, con una diferencia de 6° .

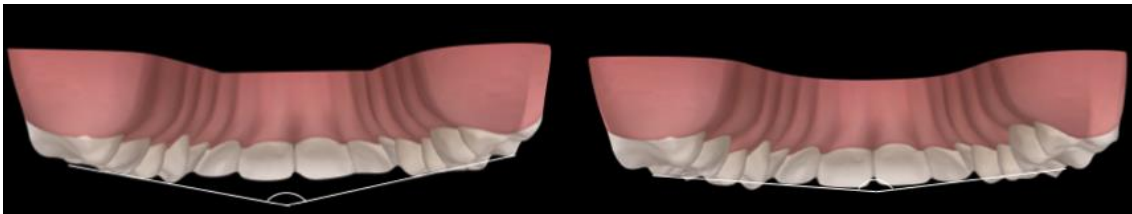


Figura 35: Representación tridimensional de dos tipos de movimientos producidos en la expansión de grupo 1 (izquierda) y grupo 2 (derecha). Se puede apreciar una diferencia en la inclinación de los molares siendo más pronunciada en el caso de la planificada por inclinación coronal.

Son varios los estudios que concluyen que los alineadores son eficaces en aumentar la anchura interarcada, pero principalmente se logra por un movimiento de inclinación. (141,145)

El estudio de Zhou y cols es el único que analiza la relación entre la corona y la raíz mediante el CBCT, ya que los estudios anteriores sólo evalúan el comportamiento a nivel coronal. Debido a la edad de la muestra no hubo que tener en cuenta que ningún paciente se encontrase en crecimiento y todas las diferencias observadas indicaban únicamente la acción de los aparatos. En todos los pacientes la expansión requerida fue

inferior a 3 mm con un movimiento de $0,15 \pm 0,5$ mm/etapa, independientemente del número total de alineadores. (141)

La sistemática del estudio de Zhou y cols se realizó mediante el análisis de 20 pacientes adultos (20-45 años) en los cuales se crearon modelos digitales (pretratamiento y después del uso de los alineadores con planificación de expansión) y se tomaron imágenes CBCT. En los modelos 3D se midieron las distancias entre caninos, interpremolares e intermolares. El torque se calculó con un análisis del vector de la raíz, donde se registró el hueso basal, la cresta alveolar bucal (el punto más convexo del alvéolo bucal, aproximadamente a mitad de camino entre la base y la cresta), la cresta del hueso alveolar (bucal/palatino) y la anchura del arco dental. (141)

Por otra parte, las medidas de la anchura en el ClinCheck[®] y los modelos digitales no fueron significativamente diferentes, lo que habla a favor de esta herramienta de medición (93); sin embargo, se pudieron detectar diferencias significativas entre la anchura planeada y la realmente alcanzada en todas las regiones del arco maxilar, como ocurre en nuestro ensayo. La precisión de la predicción disminuyó de la zona anterior (canino=80%) a la zona posterior (primer molar=68%). No se obtuvo ningún aumento estadísticamente significativo en la anchura del hueso basal maxilar ni del ancho entre los puntos más convexos a nivel vestibular del hueso alveolar maxilar. Por el contrario, el ancho interdental y el ancho en las crestas alveolares bucales y linguales aumentaron significativamente, pues se observó una expansión pequeña pero significativa en el ancho de la cresta alveolar; en promedio, menos de 0,9 mm. Durante la expansión del arco, las coronas de los molares se movieron una media de 1,1 mm, pero a nivel de la raíz sólo 0,3 mm, lo que significa que estos dientes se inclinaron significativamente $2,0^\circ$ bucalmente, lo que implica un movimiento corporal de sólo un 36,4%, es decir, el movimiento de la

corona/raíz del diente se ocultaba en una proporción de 5:2, explicando así lo que ocurre con la diferencia de la inclinación molar corono-vestibular en nuestros resultados.

Barreda y cols evaluaron los cambios del periodonto y del hueso alveolar del maxilar durante el primer año de expansión con el sistema Invisalign®. La altura del hueso alveolar en los primeros y segundos molares fue de el 81.6% y el 68.4% respectivamente donde se mostró una diferencia menor de 0,5mm en la distancia entre la unión amelocementaria y la cresta alveolar, reflejando así una respuesta adecuada a nivel de inserción en la expansión. La anchura del hueso alveolar se evaluó a 4mm y a 6mm hacia apical desde el LAC. Se observó un pequeño descenso de la anchura alveolar en un 5,2% a 4 mm hacia apical en los primeros premolares, mientras que los segundos premolares fue de un 2,7% en anchura a 4mm, pero ésta disminuyó en 13,1% a 6mm. Este estudio evidenció que los parámetros óseos no tienen por qué influir significativamente en el aumento transversal de la arcada. (139)

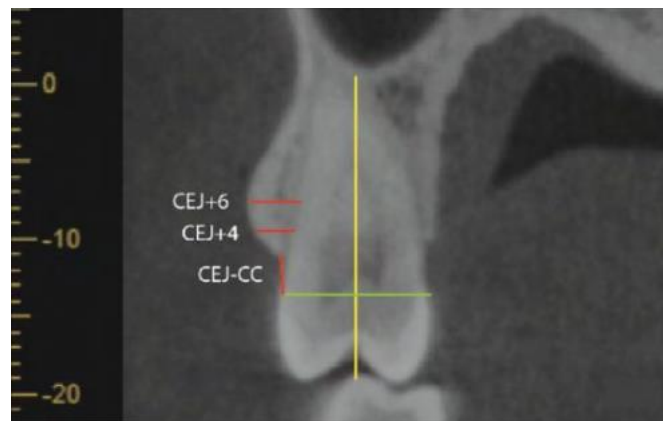


Figura 36: Representación de la sección coronal de premolares superiores: distancia desde LAC a la cresta alveolar (CEJ-CC) y espesor del hueso alveolar vestibular a 4 y 6 mm hacia apical al LAC

(139).

A partir del presente trabajo y una vez comparados con la bibliografía existente se podría decir que la cantidad de movimiento de expansión y el torque inicial que presentan los dientes están negativamente correlacionados con la eficiencia de expansión gresional, por lo tanto, es necesario preestablecer suficiente torque de la raíz bucal de los dientes posteriores de acuerdo con la cantidad de expansión programada y torque con el que se partía; es decir, cuanta más expansión se planifique y cuantos más dientes posteriores estén originalmente inclinados vestibularmente, menos se puede esperar un movimiento gresional y por ello se debe solicitar una inclinación adicional.

También cabe añadir que el material del alineador que utiliza en la actualidad el sistema Invisalign[®] (SmarTrack[®]) es lo suficientemente rígido para ensanchar el arco dental pero también lo suficientemente flexible como para camuflar alguna inclinación bucal. Debemos de tener en cuenta que el ClinCheck[®] refleja un movimiento corporal que sólo se produce parcialmente.

Como se indica en el estudio de Zhoe y cols se debe incorporar un cambio de inclinación adicional en el alineador para lograr un movimiento dental más paralelo. También añaden que la cantidad de expansión por etapa debería reducirse si se pretende conseguir una gran expansión de la arcada. (139,141) Estos dos aspectos aumentarán sin duda el número de alineadores activos y, por lo tanto, la duración total del tratamiento.

Por otra parte, se habla de torque cuando se produce movimiento en la raíz del diente a vestibular o palatino, e inclinación cuando se realiza este mismo movimiento, pero a nivel de la corona. Los alineadores son muy potentes para cambiar la inclinación de la corona, pero in situ no consiguen buenos cambios de torque en la propia raíz del diente, por ello tenemos que acudir a los attaches para que hagan intermediarios de la fuerza mas cerca del centro de rotación del diente y consigan esos cambios en el torque del diente.

En la actualidad, hay clínicos que aconsejan ciertos tips para que la expansión sea más predecible, pero todo es basado en la experiencia clínica, con ausencia de estudios que lo reporten. Por lo que futuras líneas de investigación deben realizarse sobre este tema, basándose en imágenes tridimensionales (CBCT) y la eficacia de los attaches en las raíces durante la expansión planificada. La opinión de estos expertos sugiere que la expansión es más predecible cuando se indica una expansión por inclinación y no en masa, es decir la corona a vestibular (hasta conseguir torque 0°), dejando la raíz atrás, ya que el alineador desplaza de manera adecuada las coronas. Si se desea producir expansión en masa, se debe tener en cuenta que resulta de mayor complejidad y que no se conseguirá fácilmente lo planificado, requiriendo refinamientos.

Otro tipo de movimiento analizado en este estudio fue la rotación de los molares. Si se analiza la literatura, se puede observar como existen ensayos que estudian la rotación y en los que se ve reflejado la presencia de este tipo de movimiento hasta en el 85% de los pacientes de clase II, presentando los mismos una rotación mesial de los primeros y segundos molares maxilares. Una de las causas de este desplazamiento molar es el movimiento mesial hacia el espacio de libre que queda durante el cambio de la dentición mixta a la permanente (147). Ésto crea una pérdida de longitud de arco y resulta en la rotación mesial de la dentición, creando una relación canina de clase II y un aumento del apiñamiento anterior. La desrotación de los molares maxilares es el principal protocolo para solventar la maloclusion de Clase II, posicionando la cúspide mesiovestibular más distal, pudiendo ganar así un espacio significativo en la arcada. Este espacio asciende aproximadamente a 2,5 mm después de la desrotación máxima (30°) (148) debido a que el diámetro oblicuo de los molares es más amplio que el mesiodistal (12,5 mm y 9 mm respectivamente) (149). Con esta desrotación se puede obtener un espacio en el arco para producir el movimiento distal de los caninos, premolares e incisivos para contribuir a la

solución de las maloclusiones de clase II. En el ClinChek® se planificará dejando las caras vestibulares de los molares paralelas entre sí.

Además, también es importante resaltar que la desrotación molar está asociada con la expansión maxilar, debido a que conseguir una correcta forma de arcada es esencial para conseguir espacio suficiente en la distalización de premolares y caninos, y obtener una correcta oclusión.

Varios estudios publicados en la literatura han analizado diferentes formas de medir la rotación molar. (148-151) En el presente estudio se decidió realizar las mismas mediciones que se desarrollaron en el estudio de Solano-Mendoza. Éstas consistían en valorar el ángulo anterior formado por la línea que une la cúspide distovestibular y mesiopalatina del primer molar, al cortar dicha línea con el rafe palatino (Figura 36). El primer molar de cada hemiacarada se midió de forma individual con el rafe palatino. (93)

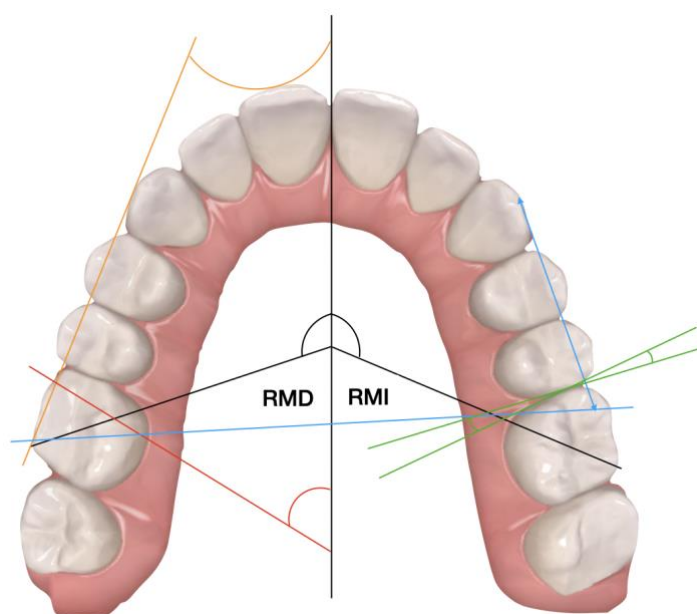


Figura 37: Representación de las diferentes mediciones para el análisis de la rotación molar:

Ángulo de Henry (amarillo), Ángulo de Friel (rojo), Línea construida a nivel de premolares (azul), Ángulos de intersección bucal y palatina (verde). En el presente estudio se realizó las mediciones RMD y RMI respecto a la Línea de Ricketts (color negro). (93,148,151)

Según el estudio de Gründheid y cols los dientes redondeados, como los caninos mandibulares y los premolares, no reproducían el giro completamente, mientras que los dientes posteriores tenían discrepancias en todas las direcciones. La mayor diferencia se encontró para el segundo molar maxilar, que superó los 28° y, por lo tanto, se consideró clínicamente relevante, aunque no podemos compararlo con nuestro ensayo, debido a que no se realizó la medición en los segundos molares. Esto puede estar relacionado con la cantidad decreciente de fuerza ejercida por el extremo de un arco a medida que aumenta la distancia y la flexibilidad, además, los molares tienen áreas de superficie radicular más grandes y requieren fuerzas mayores para el movimiento del diente. (145)

Del mismo modo, en 2018 según el estudio de Charalampakis y cols las rotaciones logradas fueron significativamente más pequeñas que las planificadas en diferentes cantidades. Las rotaciones de los caninos maxilares y mandibulares eran las más impredecibles de todos los dientes anteriores, por lo que la sobrecorrección puede ser la solución para este problema sólo hasta cierto punto. Cabe añadir que las sobrecorrecciones pueden no ser tan simples para otros tipos de movimientos, como aquellos que son en sentido horizontal y vertical, y se debe tener en cuenta los posibles efectos secundarios y las interferencias oclusales. (146)

En el estudio aquí presentado se midió la rotación molar en los primeros molares superiores, que se asociaron al movimiento de expansión. Se tomó como referencia la medida de RMD y RMI. En la arcada superior, las mediciones realizadas en los modelos digitales pre-tratamiento a nivel de los primeros molares, la rotación tanto del molar izquierdo como derecho, mostraron una media (\bar{x}) de 195,6° y 182,1° respectivamente y en los modelos digitales post-tratamiento las rotaciones mostraron una media (\bar{x}) de 198,5° y 182,8° respectivamente.

A partir de estos datos obtenidos, antes descritos, para estudiar la eficacia de rotación de molares superiores con dicho sistema, se hayó como resultado la diferencia entre la posición postratamiento y pretratamiento, obteniéndose para el molar superior izquierdo un cambio de 2,9° en aumento y 0,7° en el lado derecho, significando un movimiento de distorrotación. Esto no quiere decir que en la hemiarcada superior izquierda, el primer molar realice una distorrotación más acentuada que en el primer molar contralateral, sino que en la muestra obtenida en el presente estudio, se partía de una posición de los molares izquierdos con mayor mesiorrotación que los derechos. Se podría concluir de este modo, que con este sistema analizado en este trabajo, se puede producir de manera predecible cambios de hasta 3° en la rotación de los primeros molares superiores.

A modo de resumen, se puede afirmar que el movimiento de expansión puede venir acompañado de forma planificada con un movimiento de distorrotación a nivel del primer molar, pudiendo conseguir así los resultados antes descritos. De acuerdo con lo descrito por la autora Sandra Thai, la norma debe ser primero expandir y posteriormente distalar, ya que resulta de gran dificultad el simultanear movimientos en dos planos del espacio. Además, la misma autora, afirma que el movimiento de distalamiento disminuye la anchura maxilar respecto a la mandibular, por lo que para evitar esta descoordinación de arcadas, recomienda realizar en primer lugar los movimientos en sentido transversal y posteriormente en sentido sagital. Estos movimientos de distalamiento pueden ayudar a la rotación de los primeros molares produciendo un efecto conocido como “mesial out” y “distal in” y de esta manera, favorecer la predictibilidad en el movimiento de rotación de los molares. (152)

Finalmente, según lo anteriormente expuesto, se puede llegar a la conclusión de que en la arcada superior se consigue una rotación significativa porque los molares

superiores se encuentran de manera natural más mesiorrotados en la arcada superior que en la inferior, por eso la distorrotación es un tipo de movimiento utilizado comúnmente en la arcada superior.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de nuestro estudio se presentan a continuación:

En referencia al Objetivo General

Los datos reflejados en el presente estudio muestran un alto grado de predictibilidad de la expansión con alineadores plásticos realizados con el material SmartTrack®, encontrándose en la arcada superior a nivel cuspídeo entre 98%-100% y a nivel gingival entre un 84%-87% y en la arcada inferior a nivel cuspídeo de un 99%-100% y a nivel gingival entre un 88%-90%. Por otra parte la eficacia resultó estadísticamente significativa ($p < 0,00005$) a nivel de anchuras cuspídeas y gingivales (caninos a molares) tanto en la arcada superior como inferior.

En referencia al Objetivo Especifico N°1

La expansión en la arcada inferior es más predecible a nivel gingival que en la arcada superior.

En referencia al Objetivo Especifico N°2

La expansión más predecible es la expansión moderada entre 2-3,5 mm en ambas arcadas.

En referencia al Objetivo Especifico N°3

La eficacia resulta equivalente entre la planificación de expansión gresional a nivel molar frente a la planificada por un movimiento de inclinación coronovestibular. Éstas no presentan diferencias estadísticamente significativas, salvo en la inclinación de los molares cuando se realiza una frente a la otra, encontrándose un aumento de angulación de la inclinación molar de 6°.

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

1. O'Higgins EA, Lee RT. How much space is created from expansion or premolar extraction. *J Orthod* 2000;27:11-13.
2. Berlocher WC, Mueller BH, and Tinanoff N. The effect of maxillary palatal expansion on the primary dental arch circumference. *J Pediat Dent* 1980;2:27-30.
3. Buschang PH. Maxillomandibular expansion: short-term relapse potential and long-term stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:75-79.
4. Gianelly AA. Leeway space and the resolution of crowding in the mixed dentition. *Semin Orthod* 1995;1:188-94.
5. Bjerregaard J, Bundgaard AM, Melsen B. The effect of mandibular lip bumper and maxillary bite plate on tooth movement, occlusion, and space conditions in the lower dental arch. *Eur J Orthod* 1980;2:257-65.
6. Nevant CT, Buschang PH, Alexander RG, Steffen JM. Lip bumper therapy for gaining arch length. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100:330-6.
7. Fleming PS, DiBiase AT, Sarri G, Lee RT. Comparison of mandibular arch changes during alignment and leveling with 2 preadjusted edgewise appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:340-47.
8. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1983; 83:382-90.
9. Sebanc J, Brantley WA, Pincsak JJ, Conover JP. Variability of effective root torque as a function of edge bevel on orthodontic arch wires. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984;86:43-51.
10. Tweed CH. A philosophy of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1945;31:74-103.

11. Tweed C. Was the development of the diagnostic facial triangle as an accurate analysis based on fact or fancy? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1962;48:823-40.
12. Tweed C. The frankfort-mandibular plane Angle in orthodontic diagnosis, classification treatment planning, and prognosis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1946;32:175-230.
13. Tweed C. *Clinical Orthodontics*. 1.^a ed. St Louis: Mosby; 1966.
14. Pandis N, Polychronopoulou A, Makou M, Eliades T. Mandibular dental arch changes associated with treatment of crowding using self-ligating and conventional brackets. *Eur J Orthod* 2010;32:248–53.
15. Scott P, DiBiase AT, Sherriff M, Cobourne MT. Alignment efficiency of Damon 3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:471- 78.
16. Toth LR, McNamara JA Jr. Treatment effects produced by the Twin-block appliance and the FR-2 appliance of Frankel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:597–609.
17. Germane N, Lindauer SJ, Rubenstein LK, Revere JH, Isaacson RJ. Increase in arch perimeter due to orthodontic expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;100: 421-27.
18. Lopera AT. Incisor inclination: estimate of the quantity of buccolingual displacement and their effects on the dental arc length. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2011;22:227-45.
19. Hnat WP, Braun S, Chinhara A, Legan HL. The relationship of arch length to alterations in dental arch width. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:184-88.
20. Bishara SE, Chadha JM, Potter RB. Stability of intercanine width, overbite and overjet correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1973; 63: 588-95.

21. Showfety KI, Baker IM. Canine and incisor movement effects on anterior arch circumference. *Eur J Orthod* 1985;7: 256-59.
22. Paulino V, Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. Prediction of arch length based on intercanine width. *Eur J Orthod* 2008;30:295-98.
23. Ricketts RM. Cephalometrics analysis and synthesis. *Angle Orthod* 1961;31:141-56.
24. Akyalcin E. Do long-term changes in relative maxillary arch width affect buccal-corridor ratios in extraction and nonextraction treatment? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139; 356-61.
25. Martin AJ, Buschang PH, Boley JC, Taylor RW, McKinney TW. The impact of buccal corridors on smile attractiveness. *J Orthod* 2007;29:530-37.
26. Anderson KM, Behrents RG, McKinney TW, Buschang PH. Components of an esthetic smile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:458–65.
27. Roden-Johnson D, Gallerano R, English J. The effects of buccal corridor spaces and arch form on smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:343–50.
28. Kim E, Gianelly A. Extraction vs nonextraction: arch widths and smile esthetics. *Angle Orthod* 2003;73:354–58.
29. Yang IH, Nahm DS, Baek SH. Which hard and soft tissue factors relate with the amount of buccal corridor space during smiling? *Angle Orthod* 2008;78:5-11.
30. Blitz N. Criteria for success in creating beautiful smiles. *Oral Health* 1997;87:38–42.
31. Kokich Jr VO, Kiyak HA, Shapiro PA. Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *Journal of Esthetic Dentistry* 1999;11:311–24.
32. Moore T, Southard KA, Casco JS, Qian F, Southard TE. Buccal corridors and smile esthetics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;12:208-13.
33. Lagravere MO, Major PW, Flores-Mir C. Long-term dental arch changes after rapid maxillary expansion treatment: a systematic review. *Angle Orthod* 2005;75:155-61.

34. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;91:3–14.
35. Harrison JE, Ashby D. Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane Database Syst Rev*. 2002:CD000979.
36. Schiffman PH, Tuncay OC. Maxillary expansion: a meta analysis. *Clin Orthod Res* 2001;4:86–96.
37. McNamara JA Jr. Early intervention in the transverse dimension: is it worth the effort? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:572-74.
38. Thilander B. Wahlund S. Lennartson B. The effect of early interceptive treatment in children with posterior crossbite. *Eur J Orthod* 1984;6:25-34.
39. Hanson MI, Barnard LW, Case JL. Tongue thrust in preschool children. Part II: dental occlusal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1970;57:15–22.
40. Kutin G, Hawes RR. Posterior crossbites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1969;56:491–504.
41. Sandikçiöğlü M, Hazar S. Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:321–27.
42. Lorente P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 1. Mordidas cruzadas bilaterales. *Ortd Esp* 2002;42:182–95.
43. Lorente P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 2. Mordidas cruzadas bilaterales. *Ortd Esp* 2002;42:196-210.
44. Lorente P. Clasificación y tratamiento de las maloclusiones transversales. 3. Mordidas cruzadas bilaterales. *Ortd Esp* 2002;42:211-24.
45. Solano Reina E, Mendoza Mendoza A. Tratamiento temprano de la maloclusión. En: Barbería Leache E, Boj Quesada JR, Catalá Pizarro M, García Ballesta C, Mendoza Mendoza A. *Odontopediatría*. Barcelona: Editorial Masson SA; 1995.

46. Canut JA. Ortodoncia Clínica. 1ra ed. Barcelona: Salvat Editores; 1992.
47. Proffit WR, Contemporary orthodontics. 5a. edición. Montreal: Elsevier; 2013.
48. Ramírez-Yáñez GO, Sidlauskas A, Junior E, Fluter J. Dimensional changes in dental arches after treatment with a prefabricated functional appliance. *J Clin Pediatr Dent* 2007;31:279-83.
49. Woodside DG, Metaxas A, Altuna G. The influence of functional appliance therapy on glenoid fossa remodeling. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92:181-98.
50. Nelson C, Harkness M, Herbison P. Mandibular changes during functional appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:153-61.
51. McNamara JJ, Brudon W. Orthodontic and orthopedic treatment in the mixed dentition. . 1.ª ed. Ann Arbor, Mich: Needham Press; 1993.
52. Agurto P, Díaz R, Cadiz O, Bobenrieth F. Frecuencia de malos hábitos orales y su asociación con el desarrollo de anomalías dentomaxilares en niños de 3 a 6 años del área Oriente de Santiago. *Rev Child Pediatr* 1999;70:470-82.
53. Rakosi T. Treatment of Class III malocclusions. 1.ª ed. St Louis: Mosby; 1997.
54. Cuoghi OA, De Mendonca RM, Miranda Zamalloa YM, Moreira Alves JR, Tokamoto AC, Shirakashi DJ, et al. Quad-helix vs Placa Removible con tornillo de expansión. *Acta Odont Venez* 2011
55. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982;81:32-37.
56. Bell RA, LeCompte EJ. The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981;79:152-61.

57. Chaconas SJ, de Alba y Levy JA. Orthopedic and orthodontic applications of the quad-helix appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1977;72:422-28.
58. Issacson RJ, and Ingram AH. Forces produced by rapid maxillary expansion. II. Forces present during treatment, *Angle Orthod* 1964;34:261-67.
59. Chaconas SJ, de Alba y Levy JA. Orthopedic and orthodontic applications of the quad-helix appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1977;72:422-28.
60. Rickets RM. Features of the bioprogressive Therapy. *Rocky Mountain Orthodontic Publications* 1973;1:33-36.
61. Coffin WH. A generalized treatment of irregularities. *Trans Int Cong Med London* 1881;3:542-47.
62. Jones SP, Waters NE. The quadhelix maxillary expansion appliance: Part I. Mechanics. *Eur J Orthod* 1989;11:169-78.
63. Jones SP, Waters NE. The quadhelix maxillary expansion appliance: Part II: Clinical characteristics. *Eur J Orthod* 1989;11:195-99.
64. Kamogashira K, Hata S, Ichikawa K, Hirose T, Kubota A, Matsumoto M. The effects on the maxillary complex induced by the quadhelix appliance measurement by strain gauges. *Journal of the Japanese Orthodontic Society* 1983;42:442-53.
65. Chaconas SJ, Caputo AA. Observation of orthopaedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982;82:492-501.
66. Hermanson H, Kurol J, Rönnerman A. Treatment of unilateral posterior crossbite with quad-helix and removable plates. A retrospective study. *Eur J Orthod* 1985;7:97-102.
67. Solano Reina E. Expansiones bimaxilares. *Orthod Esp* 1992;33:288-95.
68. Ladner PT, Muhl ZF. Changes concurrent with orthodontic treatment when maxillary expansion is a primary goal. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:184-93.
69. Le Bret ML. Growth changes of the palate. *J Dent Res* 1962;41:391-404.

70. Lutz HD, Poulton DR. Stability of dental arch expansion in the deciduous dentition. *Angle Orthod* 1985;55:299-315.
71. Sekizaki K. Denture Guidance. The current status of crowded case and mandibular expansion in the mixed dentition(III) the quintessence. 2003;22:187-99.
72. Maki K, Sorada Y, Ansai T, Nishioka T, Braham RL, Konoo T. Expansion of the mandibular arch in children during the mixed dentition period-a clinical study. *J Clin Pediatr Dent* 2006;30:329-32.
73. Vajaria R, BeGole E, Kusnoto B, Galang MT, Obrez A. Evaluation of incisor position and dental transverse dimensional changes using the Damon system. *Angle Orthod* 2011;81:647-52.
74. Pizzoni L, Ravnholt G, Melsen B. Frictional forces related to self-ligating brackets. *Eur J Orthod* 1998;20:283–91.
75. Kim TK, Kim KD, Baek SH. Comparison of frictional forces during the initial leveling stage in various combinations of self-ligating brackets and archwires with a custom-designed typodont system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133:187.15–87.24.
76. Combrink FJ, Harris AM, Steyn CL, Hudson AP. Dental skeletal and soft-tissue changes in growing Class II malocclusion patients during nonextraction orthodontic treatment. *SADJ* 2006;61:344–50.
77. Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: a prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:208-15.
78. Fleming PS, Lee RT, McDonald T, Pandis N, Johal A. The timing of significant arch dimensional changes with fixed orthodontic appliances: data from a multicenter randomised controlled trial. *J Dent* 2014;42:1-6.

79. Damon D. The Damon System Workbook. 2.^a ed. Ormco; 2002.
80. Damon DH. The rationale, evolution and clinical application of the self-ligating bracket. *Clin Orthod Res* 1998;1:52-61.
81. Damon DH. The Damon low-friction bracket: a biologically compatible straight-wire system. *J Clin Orthod* 1998;32:670-80.
82. Almeida MR, Futuhami C, Conti AC, Oltrami-Navarro PV, Navarro RdeI. Dentoalveolar mandibular changes with self-ligating versus conventional bracket system: A CBCT and dental cast study. *Dental Press J Orthod* 2015;20:50-57.
83. Tuncay O. The Invisalign System. 1.^a ed. Quintessence Publishing Co Ltd; 2006.
84. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1945;31:297-304.
85. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod*. 2003;30:348-352.
86. Womack WR, Ahn JH, Ammari Z, Castillo A. A new approach to correction of crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:310–16.
87. Sheridan JJ, McMinn R, LeDoux W. Essix thermosealed appliances: various orthodontic uses. *J Clin Orthod* 1995;29:108–13.
88. Vlaskalic V, Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. *Aust Orthod J* 2001;17:41-46.
89. Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc* 2007;73:263-66.
90. Malik OH, McMullin A, Waring DT. Invisible orthodontics part 1: invisalign. *Dent Update* 2013;40:203-15.
91. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:27-35.

92. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, Wehrbein H. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop* 2012;73:365-76.
93. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How Effective Is The Invisalign System In Expansion Movement With Ex30 'Aligners? *Clin Oral Investig* 2017; 21:1475-84.
94. Houle JP, Piedade L, Todescan R Jr, Pinheiro FH. The Predictability of Transverse Changes With Invisa- Lign. *Angle Orthod* 2017;87:19–24.
95. Mulligan TF. Common sense mechanics. *J Clin Orthod* 1980;14:265-72, 336-42, 412-16, 481-88.
96. Hocevar RA. Understanding, planning, and managing tooth movement: orthodontic force system theory. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981;80:457-77.
97. Yettram, A. L., Wright, K. W. J., and Houston, W. J. B.: Centre of rotation of a maxillary central incisor under orthodontic loading, *Br. J. Orthod.* 1977;4:23-27.
98. Weinstein, Sam: Minimal forces in tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1967;53:881-903.
99. Storey E, and Smith R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement, *Aust. J. Dent* 1952;56:11-18.
100. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984;85:294-307.
101. Michler GH. *Electron Microscopy of Polymers*, 1st ed. Berlin: Springer Verlag, 2008.
102. Zhang N, Bai Y, Ding X, Zhang Y. Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dent Mater J* 2011;30:954-59.

103. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod* 1993;27:37-45.
104. Dupaix RB, Boyce MC. Finite strain behavior of poly(ethyleneterephthalate) (PET) and poly(ethylene terephthalate)-glycol (PETG). *Polymer* 2005;46:4827-38.
105. Gorlier E, Haudin JM, Billon N. Strain-induced crystallization in bulk amorphous PET under uniaxial loading. *Polymer* 2001;42:9541-49.
106. Kattan M, Dargent E, Ledru J, Grenet J. Strain-induced crystallization in uniaxially drawn PETG plates. *J Appl Polym Sci* 2001;81:3405-12.
107. LeGrand D, Bendler J. *Handbook of Polycarbonate Science and Technology*. 1.^a ed. New York: Marcel Dekker Inc., ; 1999.
108. Lu QW, Macosko CW. Comparing the compatibility of various functionalized polypropylenes with thermoplastic polyurethane (TPU). *Polymer* 2004;45:1981-91.
109. Frick A, Rochman A. Characterization of TPU-elastomers by thermal analysis (DSC). *Polymer Testing* 2004;23:413-17.
110. Eliades T, Eliades G, Watts DC. Structural conformation of in vitro and in vivo aged orthodontic elastomeric modules. *Eur J Orthod* 1999;21:649-58.
111. Schuster S, Eliades G, Zinelis S, Eliades T, Bradley TG. Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:725-28.
112. Bräscher AK, Zuran D, Feldmann RE Jr, Benrath J. Patient survey on Invisalign[®] treatment comparing the SmartTrack[®] material to the previously used aligner material. *J Orofac Orthop* 2016;77:432-38.
113. Martina S, Rongo R, Bucci R, Razionale AV, Valletta R, D'Antò V. In vitro cytotoxicity of different thermoplastic materials for clear aligners. *Angle Orthod* 2019;89:942-45.

114. Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:496-501.
115. Clements KM, Bollen AM, Huang G, King G, Hujoel P, Ma T. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:502-8.
116. Baldwin DK, King G, Ramsay DS, Huang G, Bollen AM. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: premolar extraction patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:837-45.
117. Dias RCM, Góes AM, Serakides R, Ayres E, Oréfce RL. Porous biodegradable polyurethane nanocomposites: preparation, characterization, and biocompatibility tests. *Mater Res* 2010;13:211-18.
118. Eliades T, Bourauel C. Intraoral aging of orthodontic materials: the picture we miss and its clinical relevance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:403-12.
119. Alexandropoulos A, Al Jabbari YS, Zinelis S, Eliades T. Chemical and mechanical characteristics of contemporary thermoplastic orthodontic materials. *Aust Orthod J* 2015;31:165-70.
120. Rosvall MD, Fields HW, Ziuchkovski J, Rosenstiel SF, Johnston WM. Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:276-88.
121. Zhang N, Bai Y, Ding X, Zhang Y. Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dent Mater J* 2011;30:954-59.
122. Trovati G, Sanches EA, Neto SC, Mascarenhas YP, Chierice GO. Characterization of polyurethane resins by FTIR, TGA, and XRD. *J Appl Polymer Sci* 2010;115:263-68.

123. Joffe L. Invisalign: early experiences. *J Orthod* 2003;30:348-52.
124. Kwon JS, Lee YK. Force delivery properties of thermoplastic orthodontic materials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:228-34.
125. Min S, Hwang CJ. The effect of thickness and deflection of orthodontic thermoplastic materials on its mechanical properties. *Korean J Orthod* 2010;40:16-26.
126. Hahn W, Engelke B, Jung K, Dathe H, Fialka-Fricke J, Kubein- Meesenburg D, et al. Initial forces and moments delivered by removable thermoplastic appliances during rotation of an upper central incisor. *Angle Orthod* 2010;80:239-46.
127. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmuter M, Gibson J. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:302-09.
128. Gerard Bradley T, Teske L, Eliades G, Zinelis S, Eliades T. Do the mechanical and chemical properties of Invisalign™ appliances change after use? A retrieval analysis. *Eur J Orthod* 2016;38:27-31.
129. World medical association, World medical association declaration of Helsinki ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA* 2013;310:2191-4.
130. Wong BH, Scholz RP, Turpin DL. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:540-41.
131. McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod* 2003;73:344-53.

132. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Marcusson A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: long-term stability. *Eur J Orthod* 2009;31:142-49.
133. Bratu DC, Bratu EA, Popa G, Luca M, Bălan R, Ogodescu A. Skeletal and dentoalveolar changes in the maxillary bone morphology using two-arm maxillary expander. *Rom J Morphol Embryol* 2012;53:35-40.
134. Mutinelli S, Cozzani M, Manfredi M, Bee M, Siciliani G. Dental arch changes following rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod* 2008;30:469-76.
135. Argimon Pallás J, Jimenez Villa J. Método de investigación clínica y epidemiológica. . 4.^a ed. Barcelona: Elsevier; 2013.
136. Xiang Z. *Chinese J Stomatol* September 2017;52(9).
137. Riede U, Wai S, Neururer S, Reistenhofer B, Riede G, Besser K, et al. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment. *Clin Oral Investig.* 2021;25:4671-79.
138. Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernández A, Bellot-Arcís C. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLoS One.* 2020;10;15-21.
139. Barreda GJ, Dzierewianko EA, Mazza V, Muñoz KA, Piccoli GI, Romanelli HJ. Expansion treatment using Invisalign®: Periodontal health status and maxillary buccal bone changes. A clinical and tomographic evaluation. *Acta Odontol Latinoam* 2020;33:69–81.
140. Deregibus A, Tallone L, Rossini G, Parrini S, Piancino M, Castroflorio T. Morphometric analysis of dental arch form changes in class II patients treated with clear aligners. *J Orofac Orthop* 2020;81:229–38.
141. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthodontist.* 2020;90:23–30.

142. Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, Gazzani F, Meuli S, Pavoni C, et al. Maxillary arch development with Invisalign system: Analysis of expansion dental movements on digital dental casts. *Angle Orthod* 2021;91:433-40.
143. Duncan LO, Piedade L, Lekic M, Cunha RS, Wiltshire WA. Changes in mandibular incisor position and arch form resulting from Invisalign correction of the crowded dentition treated nonextraction. *Angle Orthod*. 2016;86:577-83.
144. Hellak A, Schmidt N, Schauseil M, Stein S, Drechsler T, Korbmacher-Steiner HM. Influence of Invisalign treatment with interproximal enamel reduction (IER) on bone volume for adult crowding: a retrospective three-dimensional cone beam computed tomography study. *BMC Oral Health* 2016;16:83-92.
145. Grünheid T, Loh C, Larson BE. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? *Angle Orthod* 2017;87:809-15.
146. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018;154:47-54.
147. Lima BP, Pinzan-Vercelino CR, Dias Ls, Bramante FS, Tavares RR. Correlation between the rotation of the first molars and the severity of class II división 1 malocclusion. *ScientificWorldJournal* 2015:261485.
148. Henry RG. Relationship of the maxillary first permanent molar in normal occlusion and malocclusion. *Am J Orthod* 1956;42:288-306.
149. Friel S. Determination of the angle of rotation of the upper first molar to the median raphe of the palate in different types of malocclusion. *Dental Practitioner* 1959;9:72-78.
150. Ricketts RM. Occlusion- The médium of dentistry. *J Prostec Dent* 1969;21:39-60.

151. Viganó CO, da Rocha VE, Junior LRM, Paranhos LR, Ramos AL. Rotation of the upper first molar in class I, II, and III patients. *Eur J Dent* 2016;10:59-63.
152. Tai S. *Clear Aligner Technique* . 1.^a ed. United Kingdom: Quintessence ; 2018.

ANEXOS

9. ANEXOS

9.1 ANEXO I - ABREVIATURAS

- VPS: Silicona de polivinilsiloxano
- AST: Alineadores secuenciados transparentes
- CAD-CAM: Diseño asistido por computadora-fabricación asistida por computadora
- RCT: Estudio clínico randomizado
- 3D: Tri-dimensional
- VOT: Técnico de ortodoncia virtual
- IPR: Reducción interproximal
- Ck: ClinCheck®
- STL: Archivos estereolitográficos
- ModT1: Modelo digital inicial
- ModT2: Modelo digital final
- CkT2: Simulación virtual final o ClinCheck® final
- ACG: Anchura canina gingival:
- A1oPmG: Anchura primer premolar gingival
- A2oPmG: Anchura segundo premolar gingival

- AMG: Anchura primer molar molar gingival

- ACC: Anchura canina cúspide

- A1oPmC: Anchura primer premolar cúspide

- A2oPmC: Anchura segundo premolar cúspide

- AMC: Anchura molar cúspide.

- IM: Inclinacion molar

- RMD: Rotacion Molar Derecha

- RMI. Rotacion molar izquierda

- B.S: Boris Sonnemberg

- M.L.V.B: Maria Luisa Vidal Bernárdez

- CEJ: Espesor del Hueso Alveolar Vestibular.

- CC: Cresta Alveolar

- LAC: Límite Amelocementario.

9.2ANEXO II – PROYECTO DE APROBACIÓN BIOÉTICA JUNTA DE ANDALUCÍA

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE SALUD Y FAMILIAS

DICTAMEN ÚNICO EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA

D/D*: Carlos García Pérez como secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocio

CERTIFICA

Que este Comité ha evaluado la propuesta del promotor/investigador Universidad de Sevilla-Vicerrectorado de Investigación para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: EXPANSIÓN CON EL SISTEMA INVISALIGN NUEVO MATERIAL SMARTRACK ,
(EXPANSIÓN CON EL SISTEMA INVISALIGN)

Protocolo, Versión: Definitiva

HIP, Versión:

CI, Versión:

Y que considera que:

Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y se ajusta a los principios éticos aplicables a este tipo de estudios.

La capacidad del/de la investigador/a y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Están justificados los riesgos y molestias previsibles para los participantes.

Que los aspectos económicos involucrados en el proyecto, no interfieren con respecto a los postulados éticos.

Y que este Comité considera, que dicho estudio puede ser realizado en los Centros de la Comunidad Autónoma de Andalucía que se relacionan, para lo cual corresponde a la Dirección del Centro correspondiente determinar si la capacidad y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Lo que firmo en Sevilla a 03/03/2020

D/D*. Carlos García Pérez, como Secretario/a del CEI de los hospitales universitarios Virgen Macarena-Virgen del Rocio



Código Seguro De Verificación:	24be17b6df452ec586d5546741407131e26c6fc4	Fecha	03/03/2020	
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.			
Firmado Por	Carlos García Pérez			
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetica/xhtml/ayuda/verificarFirmaDocumento.iframe/code/24be17b6df452ec586d5546741407131e26c6fc4	Página	1/2	

CERTIFICA

Que este Comité ha ponderado y evaluado en sesión celebrada el 25/02/2020 y recogida en acta 03/2020 la propuesta del/de la Promotor/a Universidad de Sevilla-Vicerrectorado de Investigación, para realizar el estudio de investigación titulado:

TÍTULO DEL ESTUDIO: EXPANSIÓN CON EL SISTEMA INVISALIGN NUEVO MATERIAL SMARTRACK ,
(EXPANSIÓN CON EL SISTEMA INVISALIGN)

Protocolo, Versión: Definitiva

HIP, Versión:

CI, Versión:

Que a dicha sesión asistieron los siguientes integrantes del Comité:

Presidente/a

D/D^a. Víctor Sánchez Margalet

Vicepresidente/a

D/D^a. Dolores Jiménez Hernández

Secretario/a

D/D^a. Carlos García Pérez

Vocales

D/D^a. José Garnacho Montero

D/D^a. Gabriel Ramírez Soto

D/D^a. Ana Melcón de Dios-

D/D^a. Cristina Pichardo Guerrero

D/D^a. Javier Vitorica Fernandez

D/D^a. Juan Carlos Gomez Rosado

D/D^a. MARIA EUGENIA ACOSTA MOSQUERA

D/D^a. Luis Lopez Rodriguez

D/D^a. Enrique de Álava Casado

D/D^a. EVA MARIA DELGADO CUESTA

D/D^a. ANGELA CEJUDO LOPEZ

D/D^a. M LORENA LOPEZ CERERO

D/D^a. Amancio Carnero Moya

D/D^a. M José Carbonero Celis

D/D^a. Jose Salas Turrents

D/D^a. ANTONIO PÉREZ PÉREZ

D/D^a. María Pilar Guadix Martín

D/D^a. ESPERANZA GALLEGO CALVENTE

Que dicho Comité, está constituido y actúa de acuerdo con la normativa vigente y las directrices de la Conferencia Internacional de Buena Práctica Clínica.



Lo que firmo en Sevilla a 03/03/2020

Código Seguro De Verificación:	24be17b6df452ec586d5546741407131e26c6fc4	Fecha	03/03/2020	
Normativa	Este documento incorpora firma electrónica reconocida de acuerdo a la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.			
Firmado Por	Carlos García Pérez			
Url De Verificación	https://www.juntadeandalucia.es/salud/portaldeetica/xhtml/ayuda/verificarFirmaDocumento.iface/code/24be17b6df452ec586d5546741407131e26c6fc4	Página	2/2	

9.3ANEXO III. - ARTÍCULO

Vidal Bernárdez ML, Vilches Arenas Á, Sonnemberg B, Solano Reina E, Solano Mendoza B. Efficacy and predictability of maxillary and mandibular expansion with the Invisalign® system. J Clin Exp Dent. 2021;13:669-677.

J Clin Exp Dent. 2021;13(7):e669-77.

Efficacy and predictability of maxillary and mandibular expansion with the Invisalign® system

Journal section: Orthodontics
Publication Types: Research

doi:10.4317/jced.58315
<https://doi.org/10.4317/jced.58315>

Efficacy and predictability of maxillary and mandibular expansion with the Invisalign® system

Maria-Luisa Vidal-Bernárdez ¹, Ángel Vilches-Arenas ², Boris Sonnemberg ³, Enrique Solano-Reina ⁴, Beatriz Solano-Mendoza ⁵

¹ Master's Program in Orthodontics, University of Seville, Seville, Spain

² Department of Preventive Medicine and Public Health, Virgen Macarena University Hospital, University of Seville, Seville, Spain

³ Private Clinic. Stuttgart, Germany

⁴ Chairman, Department of Orthodontics, School of Dentistry, University of Seville, Seville, Spain

⁵ Lecturer, Master's Program in Orthodontics, University of Seville, Seville, Spain

Correspondence:
C/Avicena, s/n, 41009 Sevilla, Spain
mariavidal3@gmail.com

Received: 09/02/2021
Accepted: 15/03/2021

Vidal-Bernárdez ML, Vilches-Arenas A, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Solano-Mendoza B. Influence of anxiety and anesthetic vasoconstrictors upon hemodynamic parameters during dental procedures in controlled hypertensive and non-hypertensive patients. J Clin Exp Dent. 2021;13(7):e669-77.

Article Number: 58315 <http://www.medicinaoral.com/odo/indice.htm>
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96689336 - eISSN: 1989-5488
eMail: jced@jced.es
Indexed in:
• Pubmed
• Pubmed Central® (PMC)
• Scopus
• DOI® System

Abstract

Background: The purpose of this study is to evaluate the efficacy and predictability of upper and lower orthodontic expansion with the Invisalign® system.

Material and Methods: From a sample of 167 patients; 64 upper and 51 lower arches were randomly selected from patients who had been treated with plastic orthodontics (Invisalign® aligners, SmartTrack® material). Digital models were extracted at the beginning (ModT1) and at the end of treatment (ModT2) as well as the final ClinCheck® (CkT2). The canine, premolar and molar width was measured at the gingival and cuspid level of both arches, as well as the inclination of the upper first molar. Likewise, both arches were divided regarding the planned expansion at the level of the first molar into mild, moderate and severe.

Results: The efficacy of expansion in the upper and lower arches showed a statistically significant difference ($p < 0.00005$). During the measurements of predictability, around 98-100% was achieved at the coronal level and between 85-90% at the gingival level. Analyzing predictability regarding to the magnitude of expansion, superior and inferior moderate expansion, both gingival and cuspid, presented higher values.

Conclusions: The Invisalign® system aligners (SmartTrack® material), proved to be a positive alternative for expansion movement offering high degree of predictability, both in the upper and lower arches. As a result, the most predictable level of expansion was moderate, having being the lower arch more foreseeable at the gingival level than the upper arch.

Key words: Predictability, Efficacy, Expansion, Aligner, Invisalign®.