



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**  
**DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA**

**“PREDICTIBILIDAD DE LA EXPANSIÓN CON EL SISTEMA  
INVISALIGN®”**

**Memoria que presenta la Licenciada**

**BEATRIZ SOLANO MENDOZA**

**para optar al título de Doctor por la Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2015



---

## **DIRECTORES**

---

*D. José Enrique Solano Reina*

*D. Alejandro Iglesias Linares*





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 Don ALEJANDRO IGLESIAS LINARES, Profesor Ayudante Doctor del Departamento de Estomatología IV de la Universidad Complutense de Madrid,

**CERTIFICAN:** Que la Tesis Doctoral titulada “**PREDICTIBILIDAD DE LA EXPANSIÓN CON EL SISTEMA INVISALIGN®**”, ha sido realizada por la Lda. Doña BEATRIZ SOLANO MENDOZA 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, ha sido realizada bajo nuestra dirección, reuniendo los requisitos exigidos.

Y para que así conste, firmamos el presente en Sevilla, 14 Julio de 2015

Dr. Enrique Solano Reina

Dr. Alejandro Iglesias Linares



---

## **AGRADECIMIENTOS**

---





---

*Esta tesis doctoral, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de la autora y sus directores de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos de angustia y desesperación.*

*En primer lugar agradecer a mi director de tesis y padre, **Dr. Enrique Solano Reina**, no sólo por ofrecerme sus valiosos conocimientos y experiencia profesional, sino también por darme la oportunidad de formarme en Ortodoncia en la Universidad de Sevilla, y transmitirme desde la infancia esa pasión por la ortodoncia y la suficiencia investigadora.*

*Quiero agradecer al **Dr. Alejandro Iglesias Linares**, también director de esta tesis, por compartir conmigo generosamente cada idea que pudiera hacer de mi tesis un mejor trabajo. Además le agradezco todo el tiempo invertido en lo personal, siempre ha tenido un momento para ayudarme a resolver cualquier duda y constantemente me ha dado ánimos para seguir adelante en el proyecto.*

*Esta tesis pudo ser realizada gracias a la aportación del **Dr. Boris Sonneberg**, quien me abrigó en sus instalaciones de Stuttgart, Alemania, y además me otorgó su apoyo incondicional.*

*Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a **Toñi**, por la colaboración brindada durante toda la tesis y sobre todo en ésta última etapa. Sin ella no hubiera sido posible.*

*Un recuerdo especial a mis **padres** por su eterna entrega y capacidad para mantener la ilusión por una meta alcanzable y porque han sido una indudable referencia y guía durante estos años. Espero continuar sus pasos. Y a mis hermanas, por animarme en aquellos momentos de desesperación.*

*Tampoco puedo dejar de agradecer a mi compañera y amiga **Ana Martín Cameán**, con quien comparto esta pasión de la Ortodoncia e investigación, que ha estado en cada uno de los instantes vividos en esta etapa. Gracias por haberme acompañado y por compartir esta experiencia de vida.*

*Finalmente, y no por ello menos importante, a **Nicolás**, mi marido, compañero y amigo, por su inestimable apoyo y comprensión para sobrellevar el abandono al que ha estado sometido durante todas las horas que he dedicado a este trabajo.*

*En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis doctoral, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde los más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.*



---

# Índice

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	15
1.1 Desarrollo histórico y concepto actual de los alineadores removibles.....	17
1.2 Proceso de fabricación.....	22
1.3 Características mecánicas de los alineadores removibles.....	26
1.4 Elementos activos y pasivos del sistema Invisalign®.....	33
1.4.1 Attachment y Power Ridge.....	33
1.4.2 Precision cuts.....	46
1.4.3 ToothMeasure.....	48
1.5 Ventajas e inconvenientes.....	50
1.6 Paciente óptimo para tratamiento con Invisalign®.....	58
1.7 Predictibilidad del movimiento ortodóncico con alineadores.....	60
1.8 Características biomecánicas en el uso de alineadores: tipos de movimientos.....	70
1.8.1 Movimiento de torque.....	70
1.8.2 Movimiento de intrusión.....	71
1.8.3 Movimiento de rotación.....	74
1.8.4 Movimiento antero-posterior.....	77
1.8.5 Movimiento antero-posterior.....	80
1.8.6 Movimiento de expansión/ constricción.....	88
1.9 Consideraciones biomecánicas: Fuerza aplicada, dolor y movimiento dentario.....	90
<b>2. HIPÓTESIS DE TRABAJO</b> .....	95
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	99
<b>4. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	103
4.1 Estrategia de búsqueda bibliográfica.....	105

---

	Pág.
4.2 Diseño y muestra del estudio.....	105
4.2.1 Criterios de inclusión y exclusión de la muestra.....	106
4.2.2 Tamaño de la muestra y grupos de selección.....	107
4.2.3 Selección de variables clínicas recopiladas.....	108
4.3 Metodología de trabajo.....	109
4.3.1 Creación de los modelos digitales maxilares y creación de la simulación en Clincheck®.....	109
4.3.2 Superposición de modelos digitales.....	110
4.3.3 Procesado y cuantificación sobre los modelos digitales.....	111
4.3.4 Procesado y cuantificación sobre los ClinChecks®.....	116
4.4 Análisis estadístico.....	117
4.4.1 Cálculo del error intra-observador y de la precisión del método.....	117
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>119</b>
5.1 Test de normalidad.....	121
5.2 Población de estudio y muestreo realizado.....	135
5.3 Determinación del error del método y precisión de las estimaciones digitales a través del nuevo protocolo de cuantificación diseñado. ....	144
5.4 Coeficientes de correlación intra-clase.....	147
5.5 Resultados del grado de predictibilidad clínica real del ClinCheck®..	150
5.5.1 Modelo digital pre-tratamiento versus ClinCheck® inicial.....	150
5.5.2 Modelo digital post-tratamiento versus ClinCheck® final.....	153
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>157</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>175</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>179</b>

---

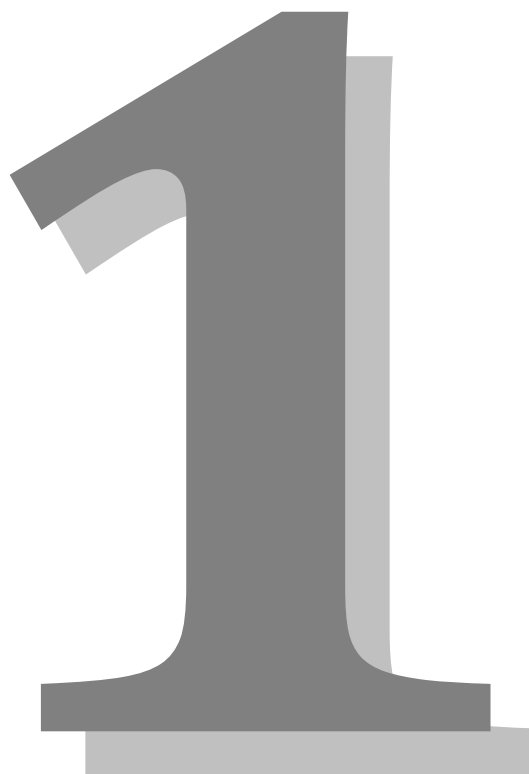
## *Abreviaturas:*

- **STARST<sup>TM</sup>:** *Serial Truax appliance Rains system<sup>TM</sup>*
- **MBA:** *Master and Business Administration*
- **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*
- **FT-IR:** *Espectroscopía de infrarrojos con transformada de Fourier*
- **SEM-EDX:** *Microscopía electrónica de barrido con energía dispersiva de rayos X mediante micro-análisis*
- **SP:** *Espectrofotometría*
- **GC-MS:** *Cromatografía de gases-espectrometría de masas*
- **BPA:** *Compuesto bisfenol-A*
- **PAR:** *Índice de calificación tras la evaluación*
- **AII:** *Índice medio de irregularidad*
- **IPR:** *Reducción interproximal*
- **ABO:** *Comité Americano del sistema de ortodoncia*
- **CCD:** *Cámara de carga-acoplada*
- **Ck:** *ClinCheck<sup>®</sup>*
- **Go-Gn:** *Plano mandibular*
- **SN:** *Sella-Nasion*
- **IMPA:** *Inclinación del incisivo inferior respecto al plano mandibular*
- **STL:** *Archivos estereolitográficos*
- **ModT1:** *Modelo digital inicial*
- **ModT2:** *Modelo digital final*

- 
- **CkT1:** Simulación virtual inicial o *ClinCheck*® inicial
  - **CkT2:** Simulación virtual final o *ClinCheck*® final
  - **ACG:** Anchura canina gingival:
  - **A1°PmG:** Anchura primer premolar gingival
  - **A2°PmG:** Anchura segundo premolar gingival
  - **AMG:** Anchura primer molar molar gingival
  - **ACC:** Anchura canina cúspide
  - **A1°PmC:** Anchura primer premolar cúspide
  - **A2°PmC:** Anchura segundo premolar cúspide
  - **AMC:** Anchura molar cúspide

---

# Introducción

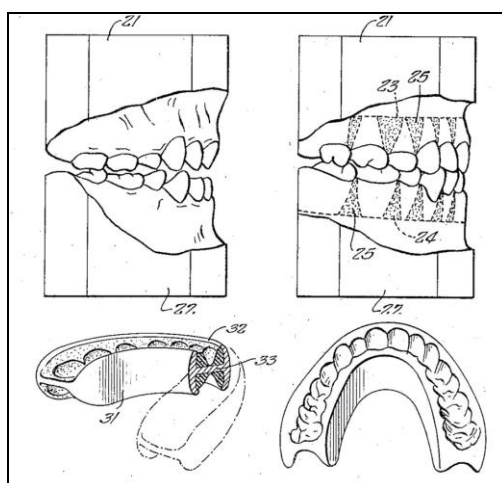






### 1.1. Desarrollo histórico y concepto actual de los alineadores removibles

En 1945, Kesling<sup>1</sup> publicó el primer artículo sobre el uso de posicionadores elásticos con el objetivo de mover los dientes de ambas arcadas con el uso de una sola férula, mediante un setup de escayola y cera, en el que los dientes eran desplazados hacia la posición deseada final. Tras la elaboración de varios posicionadores, llegó a la conclusión de que los requerimientos del laboratorio eran muy significativos, por lo que no pudo aplicar ésta práctica a una técnica de tratamiento en ese momento. Sin embargo, si vaticinó que en el futuro, con la tecnología adecuada se podrían hacer tratamientos completos a través de este procedimiento, ya que con movimientos más pequeños y una mayor cantidad de férulas sería mucho más efectivo.



**Figura 1:** Posicionador Dental de Harold D.  
Tomado de Rivero JC<sup>2</sup>, 2009.

Posteriormente, autores como Nahoum<sup>3</sup> y Pontiz<sup>4</sup> describieron varios tipos de aparatos similares a los retenedores transparentes empleados en la actualidad. Pontiz<sup>4</sup> en 1971, utilizó un dispositivo similar al que denominó “retenedor invisible”, elaborado sobre un modelo maestro que pre-posicionaba los dientes sobre una base de cera y, a través del que realizaba movimientos dentarios de una extensión limitada.

---

Seguidamente, McNamara<sup>5</sup> en 1985, incorporó el concepto de alineadores transparentes mediante posicionadores elásticos fabricados a través de un sistema de enmuflado. Unos años más tarde, surgió el *Serial Truax Appliance Rains System (STARS)*<sup>TM</sup> creado por Truax<sup>6</sup>, siendo uno de los primeros sistemas de ortodoncia invisible, el cual consistía en una serie de alineadores transparentes capaces de tratar maloclusiones leves o moderadas. La incorporación de este autor fue la medición del movimiento sobre el modelo utilizando cuadrículas especiales, y el manejo del *crown contours* o contorneadores de coronas antes de la colocación del alineador. Los *crown contours*, son pequeñas piezas de cerámica y resina que se cementan sobre algunos dientes antes de colocar los alineadores para favorecer determinados movimientos dentarios (en especial el de rotación). Los *crown contours* constituyen la base de los *attachments* de composite que actualmente se colocan en otros sistemas, utilizando una plancha de plástico especial a modo de plantilla<sup>7</sup>. A su vez, Kim<sup>8</sup> en 1985 describió el sistema Clear Aligner<sup>®</sup> basado en una secuencia de alineadores de diferente grosor, llevando a cabo cada movimiento con varios alineadores de consistencia diferente.

Rollet y col.<sup>9</sup> en 1991 introdujeron el concepto de *elastodoncia*, a continuación Sheridan y col.<sup>10</sup> en 1993, Rinchuse<sup>11</sup> en 1997, Lindauer y Schoff<sup>12</sup> en 1998 y más recientemente Rivero y col.<sup>2</sup> profundizaron y desarrollaron técnicas similares a través del sistema Essix<sup>®</sup>. Sin embargo, la mayoría requerían del uso de toma de impresiones y modelos *setup* en cada visita, siendo un procedimiento incómodo para el paciente y una labor intensa para el ortodoncista. Sheridan y col.<sup>13</sup> desarrollaron una técnica que involucraba una reducción interproximal dental seguida de una alineación progresiva usando el sistema Essix<sup>®</sup>. Unos años más tarde, estos mismos autores<sup>14</sup> perfeccionaron su sistema Essix<sup>®</sup> con la ayuda de *windows* y *divots* para facilitar el alineamiento dentario. Los *divots* son deformaciones que se realizan en el alineador con la

---

ayuda de unos alicates o un instrumento caliente, ejerciendo un punto de presión en un lugar determinado y las ventanas o *windows* se conforman en el lado contrario a los *divots* como recortes de porciones del alineador que habilitan espacio al diente en cuestión a mover, siendo efectivo este tipo de aparato en situaciones leves de apiñamiento dado que los movimientos se limitan a 2-3mm. Más allá de este intervalo nuevas impresiones eran requeridas para la construcción de un nuevo aparato. Posteriormente, se estudiaron otras aplicaciones para estos retenedores invisibles, entre las que se encontraban el control del anclaje en su uso conjunto con otro tipo de aparatología para realizar enderezamiento de molares, para emplear como mantenedor de espacio y como corrector de hábitos<sup>14</sup>.

En 1997, Zia Chishti y Kelsey Wirth, dos estudiantes de MBA (*Master and Business Administration*) de la Universidad de Stanford, fundaron Align Technology, Inc. (Santa Clara, California). Esta empresa dirigió la demanda de un tratamiento ortodóncico estético hacia el desarrollo de un método de ortodoncia invisible denominado Invisalign®, a través de informatizar el proceso de producción de una secuencia de modelos con cambios incrementales sobre los que se podrían fabricar los alineadores<sup>15</sup>. La idea partió de uno de estos fundadores, quien había recibido tratamiento ortodóncico en edad adulta y, como muchos pacientes, no había sido plenamente consciente de la necesidad de uso de los retenedores post-tratamiento ortodóncico, lo que desencadenó en un apiñamiento anteroinferior. A raíz de lo sucedido, se le ocurrió volver a usar su retenedor transparente, notando una mejora en el apiñamiento aunque de una forma muy progresiva. Junto a dos ortodoncistas y un ingeniero informático introdujeron la técnica Invisalign®, se comercializó en 1999 como método ortodóncico en sí, para el uso comercial por el resto de ortodoncistas<sup>15</sup>.

---

Con este sistema, los aparatos termoplásticos son construidos sobre modelos estereolitográficos, basados en imágenes tri-dimensionales individuales de cada maloclusión obtenidas a partir de unas impresiones con silicona de polivinilsiloxano (VPS), estas imágenes estereolitográficas son modificadas mediante un programa informático con el fin de producir una serie de movimientos incrementales<sup>16</sup>.

Son muchos los sistemas de alineadores que existen actualmente, como Clear Aligner<sup>®</sup>, Alineadent<sup>®</sup>, Smile Aligner<sup>®</sup> y Orthocaps<sup>®</sup> entre muchos otros. No obstante, en nuestro trabajo nos centraremos en el sistema Invisalign<sup>®</sup>, ya que dentro de los sistemas de alineadores es el más empleado por los ortodoncista y con mayor evidencia científica<sup>17,18</sup>.

El sistema Invisalign<sup>®</sup> recoge los principios publicados por Kesling<sup>1</sup>, mediante el cual se realizan ligeros movimientos dentales con una serie de alineadores removibles de poliuretano Ex30 y de un espesor de 0,030" denominados alineadores secuenciados transparentes (AST), a través de un sistema computerizado CAD-CAM (Diseño asistido por computadora-fabricación asistida por computadora)<sup>16</sup>. El programa informático de simulación utilizado por la empresa Align Technology, Inc. fue denominado *ClinCheck*<sup>®</sup>, mediante el cual se ofrece una representación virtual tridimensional del plan de tratamiento diseñado por el ortodoncista<sup>19</sup>. Diversos estudios han demostrado la gran exactitud en la recreación virtual en relación al montaje inicial del *ClinCheck*<sup>®</sup> en comparación con el modelo inicial del paciente, observándose una mínima desviación en su reproducción. A este respecto, Krieger y col.<sup>17</sup> en su estudio piloto obtuvieron una diferencia de 0,08mm (SD±0,3) en el resalte, 0,3mm (SD±0,4) de sobremordida y 1mm (SD±0,4) de línea media. Un año más tarde, estos mismos autores<sup>18</sup> realizaron un estudio con una muestra mayor basado en

---

su estudio piloto previo, con una diferencia de 0,08mm (SD±0,29) en el resalte, 0,17mm (SD±0,38) en la sobremordida y 0,09mm (SD±0,29) para la desviación de la línea media, datos similares a los encontrados por otros autores como Keating<sup>20</sup>.

Este tratamiento virtual secuenciado, permite al clínico la oportunidad de visualizar la oclusión final propuesta del paciente antes de iniciar el tratamiento, además de poder revisar alineador tras alineador, siendo posible sus correcciones previas a la validación del resultado deseado<sup>16</sup>. De esta manera, el ortodoncista tiene la oportunidad de lograr el objetivo propuesto a través del sistema *ClinCheck*<sup>®</sup> y recibir la aparatología una vez alcanzados los estándares ideales en la simulación virtual<sup>19</sup>.

La presentación de este nuevo producto tuvo lugar en Estados Unidos seguida de una campaña publicitaria de televisión diseñada para despertar el interés del consumidor, antes de llevar a cabo una investigación cuidadosa para evaluar, identificar y resolver los problemas con este tipo de tratamientos. En el año 2001 llega esta técnica de origen americano a Europa de la mano de Boyd, publicando el primer artículo<sup>21</sup> de casos clínicos tratados con este sistema en el año 2000. Los cuatro pacientes descritos en el artículo presentaban un apiñamiento o diastemas moderados, y todos ellos finalizaron con buenos resultados oclusales.

Debido a que este tratamiento es relativamente nuevo, el tiempo óptimo de reactivación (tiempo que debe de transcurrir hasta el cambio de un nuevo alineador) en un inicio era desconocido, además del impacto de alterar la dureza del material. Por ello, Bollen y col.<sup>22-24</sup> junto con la compañía de Align

---

Technology, Inc. realizaron varios ensayos clínicos aleatorizados, con el fin de determinar la frecuencia con la que el alineador debe ser cambiado y la dureza ideal del material. Gracias a ensayos clínicos como estos, con el paso del tiempo la técnica ha madurado debido a la evolución del material<sup>22-24</sup>, la incorporación de los *attachments*<sup>16</sup>, protocolos para el tratamiento de ciertas maloclusiones<sup>25</sup>, además de la cantidad de desplazamientos establecidos para cada movimiento.

Hasta el momento, son dos las revisiones sistemáticas<sup>26,27</sup> que se han publicado sobre Invisalign®, destacando ambas la escasez de artículos publicados sobre esta técnica, sin embargo ya en el año 2005 han sido más de 200.000 pacientes los que han recibido tratamiento con estos alineadores en todo el mundo<sup>28</sup>. La revisión sistemática más reciente<sup>27</sup>, muestra que no más de 142 artículos han sido publicados empleando como buscadores PubMed, PMC, NLM, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Clinical Trials, Web of Knowledge, Scopus, Google Scholar, y LILACs desde Enero de 2000 a Junio de 2014, siendo sólo once los artículos relevantes, dos estudios clínicos randomizados (RCT), cinco estudios prospectivos no randomizados, cuatro estudios retrospectivos no randomizados, y con un risk of bias moderado en seis de los estudios e incierto para el resto. Por ello, no hay conclusiones sólidas sobre la eficacia de Invisalign®, aunque son múltiples los casos clínicos<sup>29-31</sup> que lo demuestran, ya que la única forma de aclarar todas las incertidumbres que rodean a este tratamiento es mediante ensayos clínicos aleatorizados y son pocos los publicados.

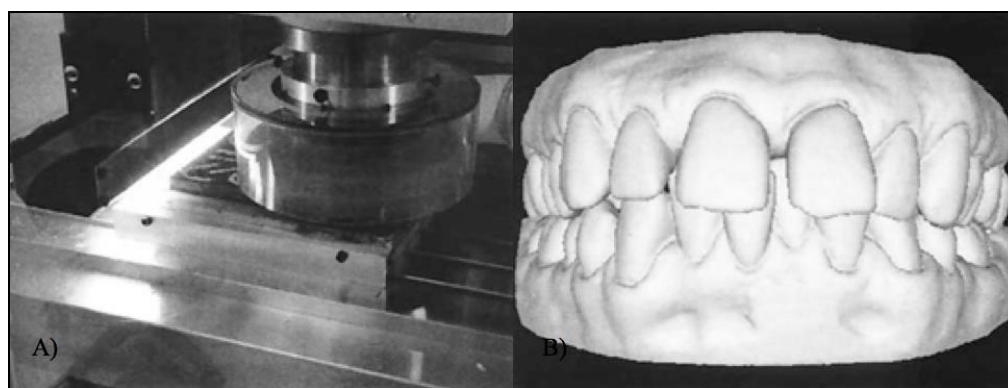
## 1.2. Proceso de fabricación

El método de fabricación consiste en escanear los modelos dentales para crear un modelo digital tri-dimensional (3D) y, a partir de éste, un modelo

---

estereolitográfico con el que fabricar un conjunto de alineadores transparentes. A continuación, se pueden hacer una serie de cambios incrementales adicionales sobre el modelo digital y fabricar una serie de modelos estereolitográficos modificados sobre los que puedan fabricarse los niveladores<sup>32</sup>.

Una vez seleccionado el caso, se procede a la toma de registros establecidos. Para cada paciente el ortodoncista debe tomar impresiones de polivinilsiloxano de ambas arcadas, registro de mordida, radiografías (ortopantomografía y telerradiografía lateral de cráneo), fotografías intra y extraorales, formulario de prescripción y plan de tratamiento. Antiguamente, tras el positivado de las impresiones con escayola dental, los modelos eran sometidos a un escaneo destructivo (Figura 2A), colocando los modelos sobre la bandeja del escáner recubiertos de resina epoxi y poliuretano, sometiéndolos a la eliminación de finas capas a la vez que se iba ensamblando la información para generar los modelos tridimensionales (Figura 2B)<sup>32</sup>.



**Figura 2:** A) Escaner B) Modelo digital 3D. Tomado de Wong BH<sup>32</sup>, 2002.

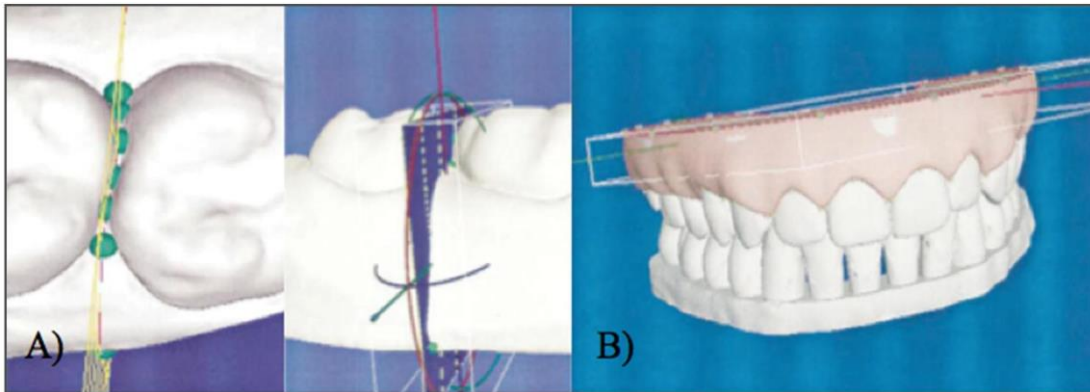
Hoy día, para evitar errores en el vaciado, se escanea directamente el material de registro en las cubetas, por este motivo las cubetas deben ser de plástico y no metálicas. Otra opción es la toma de registros mediante el escáner intraoral iTero®, utilizado desde el año 2007 para la odontología conservadora. Este sistema permite la captura de imágenes tridimensionales tras la preparación

---

dentaria, para la fabricación directa de futuras restauraciones mediante el programa informático o el envío de las imágenes para la fabricación en el laboratorio. No es hasta el año 2011 cuando el escáner intraoral iTero® se une a Invisalign® con el objetivo de minimizar el tiempo de procesamiento de los alineadores desde la toma de registros hasta su envío, además de maximizar la precisión de estos mismos. Garino y col.<sup>33</sup> realizaron un estudio en 328 modelos escaneados ya fuese para modelos digitales de estudio, para la realización de *setup* o para la elaboración alineadores de Invisalign®, el tiempo medio empleado para el escaneado completo fue de once minutos y cincuenta y ocho segundos, con un mínimo de seis minutos y veintidós segundos y un máximo de dieciocho minutos, mostrando una correlación positiva con la edad del paciente. A su vez, los autores observaron en el escaneado un mayor número de repeticiones en las mujeres que en los hombres aunque la diferencia no fue significativa.

Posteriormente, Align Technology, Inc. diseñó un programa de simulación virtual del tratamiento denominado *ClinCheck*®, que representa tridimensionalmente ambas arcadas en oclusión y donde se visualiza el movimiento de los dientes de modo animado desde el inicio hasta el final<sup>2</sup>. El técnico de ortodoncia virtual (VOT) realiza cortes entre cada diente sobre el modelo virtual para moverlos de manera individual, introduciendo el tejido gingival virtual a lo largo de la línea gingival de la corona clínica, sirviendo de margen en la fabricación de los alineadores (Figura 3).





**Figura 3:** A) Separación de dientes B) Fabricación virtual de tejidos blandos. Modificado de Wong BH<sup>32</sup>, 2002.

Las indicaciones del ortodoncista son seguidas durante el posicionamiento y alineamiento dentario. Una vez que se ha realizado la configuración final, los movimientos dentales son organizados para que no existan interferencias oclusales o interproximales indicando la velocidad de los movimientos dentro de los criterios establecidos por la empresa. El número de etapas necesarias depende de la cantidad y complejidad del movimiento<sup>22</sup>. El VOT enviará los datos al ortodoncista de manera que éste pueda comprobar el tratamiento predeterminado por Invisalign® a través de la web.

Cuando el ortodoncista ha aprobado el plan de tratamiento en el *ClinCheck*®, los alineadores se fabrican de tal forma que los movimientos se ven en la pantalla del ordenador y pueden ser mostrados al paciente. Las imágenes de ordenador se convierten en modelos físicos mediante el uso de un proceso llamado estereolitografía. Estos modelos se utilizan para fabricar los alineadores en una máquina de termo moldeo a presión Biostar® (Great Lakes productos de ortodoncia, Tonawanda, NY). Los ingenieros de Align Technology, Inc. han elaborado un material patentado para su uso en los alineadores. Estos alineadores son recortados y grabados con láser, número de caso, número de alineador, y arcada (superior o inferior), a continuación se realiza un proceso de

---

desinfección y embalaje y, son enviados a la consulta del ortodoncista.

### 1.3. Características mecánicas de los alineadores removibles

El componente básico que constituye los alineadores empleados en el sistema Invisalign® -el poliuretano- no es un material inerte y se ve afectado por el calor, la humedad y el contacto prolongado con enzimas<sup>34,35</sup>. Schuster y col.<sup>36</sup> realizaron un estudio experimental *in vitro* con el que pretendían conocer la estructura y cambios de los aparatos de Invisalign® tras la exposición al medio oral, para evaluar la biocompatibilidad de la técnica. La muestra de esta aparatología fue tomada de dos grupos, el primero de diez pacientes seleccionados al azar -que aún no habían usado los alineadores- y el segundo, de doce pacientes -que llevaban dos semanas de tratamiento con alineadores con una media de uso de veintidós horas al día-. Todas las muestras fueron preparadas cuidadosamente mediante la elaboración de cortes en los segmentos bucales de 5 x 5mm a través de un microscopio, cúspides y fisuras centrales a nivel de los molares. Posteriormente, fueron sometidas a procedimientos de laboratorio, aceleración *in vitro* del envejecimiento y lixiviación (separación de dos sólidos a través de un disolvente) para analizar los cambios moleculares inducidos en la superficie de la aparatología. Tras observar la muestra mediante microscopía óptica, se describieron cambios morfológicos significativos tales como abrasión en las puntas de las cúspides, aposición de tegumentos en sitios de estancamiento y calcificación localizada de biofilm tras su uso. A través del estudio *in vitro* mediante la inmersión en disolventes, se comprobó que no se producía liberación de monómeros o subproductos de implicación biológica y que por tanto, el patrón de envejecimiento intraoral de estos aparatos implicaba únicamente el desgaste abrasivo de su superficie.

Como consecuencia de dichos resultados, Gracco y col.<sup>37</sup> en el 2009, llevaron a cabo un estudio con el objetivo de determinar los cambios ópticos, químicos y

---

morfológicos a corto plazo en los alineadores de Invisalign®. Para ello, los alineadores fueron evaluados una vez que fueron recibidos (grupo N), tras la inmersión durante catorce días en saliva artificial a 37°C, con una media de veintidós horas al día (grupo A) y diez alineadores fueron seleccionados de forma aleatoria para su colocación en los diez pacientes correspondientes, durante catorce días, con una media de veintidós horas al día (grupo U). Las características ópticas, químicas y morfológicas fueron investigadas mediante espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier (FT-IR), microscopía electrónica de barrido con energía dispersiva de rayos X mediante microanálisis (SEM-EDX), espectrofotometría (SP) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Al evaluar los resultados, observaron que los alineadores que habían sido llevados durante catorce días por el paciente, presentaban micro fisuras, erosiones y zonas delaminadas, además de depósitos calcificados localizados de biofilm y pérdida de transparencia. Mientras que en el grupo A y el grupo N, los autores no observaron ningún signo de distorsión, además de no detectarse liberación de monómeros y/o derivados en aquellos alineadores que fueron sumergidos durante catorce días en saliva artificial, por lo que los autores sugieren que el material empleado en los alineadores es químicamente estable. El nivel de transparencia evaluado por el análisis de espectrometría mostró ser considerablemente mayor en el grupo N seguido del grupo A<sup>37</sup>.

Otro estudio realizado por Eliades y col.<sup>38</sup> en Julio del mismo año, evaluaron *in vitro* la capacidad citotóxica y las propiedades estrogénicas de los alineadores Invisalign®. El motivo por el que inició esta investigación fue debido la relación encontrada a principios del S. XXI entre los adhesivos, composite y productos policarbonatados con el potencial de estrogénicidad<sup>39,40</sup>. Esta relación fue atribuida al compuesto bisfenol-A (BPA), siendo demostrado posteriormente que en realidad no existía tal asociación<sup>41,42</sup>. La preocupación de los autores

---

surgió a raíz de la potencial liberación o degradación del material sometido a fuerzas oclusales, debido a que el paciente lleva en boca los alineadores de policarbonato durante veintidós horas al día. Finalmente concluyeron, que no existían propiedades citotóxicas ni estrogénicas *in vitro* que pudieran atribuirse a la aparatología empleada en el sistema Invisalign®.

Recientemente Premaraj y col.<sup>43</sup> han estudiado el comportamiento de las células de la mucosa epitelial con el uso de alineadores del sistema Invisalign®, ya que es el primer punto de contacto cuando los alineadores son puestos en boca. Para ello, realizaron un estudio *in vitro* pero con condiciones *in vivo*, en el que analizaron la respuesta epitelial a través de la muerte celular, cambios en la morfología celular y su comportamiento, y la integridad de la función barrera entre célula-célula. Las células epiteliales se expusieron en eluido, obtenido por la inmersión del material plástico de Invisalign® en solución salina o saliva artificial durante dos, cuatro y ocho semanas. De igual forma, se realizó un grupo control de células epiteliales sin exposición de material plástico, en solución salina y saliva artificial.

En los resultados observaron que las células expuestas en eluido de solución salina mostraron una forma redondeada y un aumento significativo de la inactividad metabólica o muerte celular, mientras que las células en eluido de saliva no mostraron cambios significativos en la viabilidad celular frente al grupo control. La citometría de flujo y el detector de impedancia de la célula-sustrato eléctrica, mostró que las células tratadas en eluido de solución salina, presentaban una integridad de la membrana comprometida, reduciendo el contacto de célula-célula y su movilidad cuando era comparado con el grupo de tratamiento en eluido de saliva.

---

Al tratarse de una técnica relativamente reciente, son muchas las incorporaciones que se han realizado en estos últimos años, tanto en el tipo de material, diseños de los *attachments* y protocolos de tratamiento. Para determinar el grosor y dureza óptima para los alineadores, son varios los ensayos clínicos que se han realizado al respecto. Vlaskalic y Boyd<sup>44</sup>, efectuaron un estudio en cuarenta pacientes, clasificados en tres grupos en función del grado de maloclusión, a los que se les sometió a tratamiento de ortodoncia con Invisalign®. Se utilizaron dos grosores de material 0,030" y 0,040", observando que aquellos pacientes en los que se habían empleado alineadores de 0,040" presentaban una mayor disoclusión posterior, siendo menor cuando el grosor del alineador usado era de 0,030".

Otros autores<sup>45</sup> sugieren el empleo alineadores de mayor grosor (Ex40 con 0,040" de grosor) durante dos semanas una vez finalizado el tratamiento con los convencionales (Ex30 con 0,030" de grosor), con el fin de disminuir o evitar el refinamiento. Duong y col.<sup>45</sup> realizaron un estudio en una muestra de catorce pacientes, esta muestra no requerían correcciones mayores a quince alineadores, se fabricaron unos alineadores adicionales con la misma forma que el último alineador de la serie de cada tratamiento pero con un mayor grosor (Ex40). Cada paciente llevó la serie completa programada para su tratamiento (Ex30) con un periodo de activación de dos semanas. Una vez finalizado el tratamiento, se procedió a la toma de impresiones y su posterior escaneado, para la superposición mediante el software *ToothMeasure*® con el *ClinCheck*® final de cada paciente. Posteriormente, todos los pacientes llevaron durante dos semanas el alineador Ex40 de mayor grosor, y nuevas medidas fueron tomadas para su superposición con el *ClinCheck*® final.

Al evaluar los resultados, se encontraron mejorías en el alineamiento para

---

movimientos in/out y rotación al comparar *ClinCheck*® final-Ex30 y *ClinCheck*® final-Ex40, sin embargo, cinco de los catorce pacientes necesitaron refinamiento adicional. Esto sugiere que el empleo de una férula de mayor grosor en la etapa final produce una mejora en el alineamiento, pero no elimina completamente la necesidad de un posterior refinamiento<sup>45</sup>.

Con el fin de determinar el tiempo óptimo de cambio de alineador y la influencia del grosor del alineador sobre el éxito del tratamiento, Bollen y col. <sup>22</sup> en el año 2003 inician un estudio, fragmentado en tres partes. La muestra fue dividida en cuatro grupos, el grupo 1, formado por pacientes con un intervalo de cambio de alineador de siete días, dichos alineadores presentaban una consistencia blanda, siendo la décima parte de la dureza que los alineadores comercializados, estas férulas fueron fabricadas por Align Technology, Inc.; el grupo 2, constituido por pacientes con intervalo de cambio de alineador de siete días, presentando el alineador una consistencia más dura que los alineadores comercializados, estos alineadores fueron fabricados igualmente por Align Technology, Inc.; el grupo 3, constaba de pacientes con un intervalo de cambio de férula cada catorce días y alineadores blandos, iguales a las mencionadas anteriormente en el grupo 1; el grupo 4, estaba formado por pacientes con un intervalo de cambio de alineador de catorce días, pero con el empleo de alineadores de consistencia dura, como los nombrados en el grupo 2.

En la primera parte del estudio<sup>22</sup>, se evaluaron los efectos del tiempo de activación y rigidez del material sobre la capacidad de completar la serie de alineadores con un ajuste correcto. Para ello, cincuenta y un pacientes, clasificados por el índice PAR<sup>46</sup> (Índice de calificación tras la evaluación), fueron asignados al azar para recibir tratamiento con alineadores rígidos y blandos durante un tiempo de activación de una semana o dos semanas, observando que sólo quince de los cincuenta y un pacientes, finalizaron satisfactoriamente la serie

---

de alineadores, mientras que treinta y seis pacientes se clasificaron como tratamiento incompleto debido a la incapacidad de continuar con el siguiente alineador hasta finalizar la serie. El grupo de pacientes que finalizó de forma satisfactoria la serie de alineadores, no fue sustancialmente diferente en relación a los cuatro grupos de tratamiento, aunque el grupo sometido a intervalos de catorce días mostró una mayor tendencia a finalizar con éxito pero no de forma significativa. En cuanto al índice PAR, los autores observaron un alto impacto sobre la finalización satisfactoria de la serie de alineadores, terminando con éxito sólo un 18%, aquellos con un índice PAR mayor de quince, frente a un 38% con una puntuación PAR menor de quince ( $p < 0,012$ ). Se encontraron a su vez, diferencias estadísticamente significativas si el tratamiento conllevaba extracciones o no, con un 47% en aquellos pacientes donde no se habían planificado extracciones, frente al 20% en los pacientes donde se planificó extracciones ( $p < 0,02$ ). Obteniendo una mayor tasa de éxito (75%) en sujetos con índice PAR bajo, sin planificación de extracciones e intervalo de cambio de alineadores cada catorce días, y una menor tasa de éxito, en los sujetos sometidos a dos o más extracciones de premolares. En cuanto a la dureza del material, no se encontraron diferencias entre un material u otro<sup>22</sup>.

En la parte dos del estudio, Clements y col.<sup>23</sup> estudiaron los efectos del tiempo de activación y de la rigidez del material, sobre la calidad de mejora de la maloclusión según el índice PAR y el AII (Índice medio de irregularidad). Cada componente del índice PAR (alineación anterior, oclusión, resalte, mordida cruzada anterior, sobremordida, mordida abierta, línea media), se examinó de forma independiente para determinar qué aspectos de la oclusión tuvieron más éxito durante el tratamiento con Invisalign®. Para ambos materiales, la variable con mayor puntuación fue el alineamiento, con una mejora de un 78% de los cincuenta pacientes, mientras que la oclusión fue la variable que obtuvo peor comportamiento, con una mejora de sólo un 36% de los cincuenta pacientes.

---

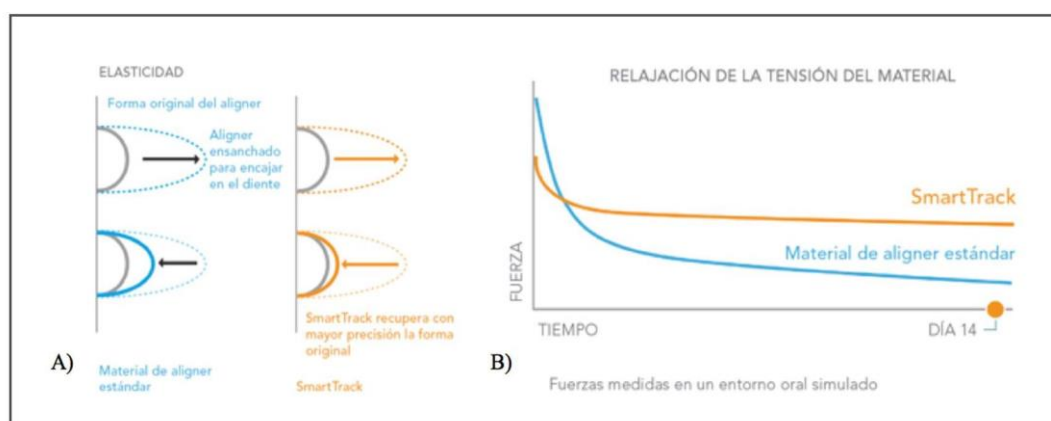
En cuanto a la puntuación del índice PAR y del AII, los pacientes sometidos al material rígido con activación cada dos semanas, mostraron una pequeña mejoría respecto a los tres grupos restantes, aunque no fue estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). El índice AII mostró mejores resultados en el maxilar frente a los valores obtenidos en la mandíbula, si bien no de forma significativa ( $p = 0,19$ ). A su vez, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el material e intervalo de activación empleado al evaluar la cantidad de cierre de espacio en los casos con extracciones. Al comparar los tres tipos de extracciones realizadas, (premolar maxilar, premolar mandibular e incisivo inferior) se observaron mejores resultados ( $p < 0,05$ ) en el cierre de espacio del incisivo inferior, sin encontrar diferencia en la cantidad absoluta de cierre de espacio<sup>23</sup>.

En el tercer artículo de la serie<sup>24</sup>, con el objetivo de determinar la importancia de la rigidez del material y del tiempo de activación sobre el comportamiento de los dientes adyacentes al espacio de extracción, Baldwin y col.<sup>24</sup> en un estudio realizado sobre veinticuatro pacientes tratados con al menos una extracción de premolar con el sistema Invisalign®, observaron al analizar los resultados que el *tipping* era significativamente mayor en los dientes adyacentes a la extracción de premolar, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en el material empleado o periodo de cambio del alineador en relación a la inclinación del premolar<sup>24</sup>.

A principios de 2013 se introdujo el nuevo material *SmartTrack*<sup>47</sup>, con el objetivo de eliminar algunas de las desventajas del Ex30 como la pérdida de fuerza que se producía con el paso de los días, ejerciendo presión sólo durante los primeros días. Este nuevo material, proporciona fuerzas más ligeras y constantes gracias a una mayor elasticidad del material (Figura 4), que le



permite adaptarse mejor a la morfología de los dientes, los *attachments* y los espacios interproximales. Esto da lugar a un mayor control en el movimiento dental y por lo tanto, mejores resultados clínicos en los tratamientos. Para ello, la compañía Align Technology, Inc. estudió el comportamiento de los distintos movimientos con el nuevo material *SmartTrack* en 1015 pacientes, mostrando una mejoría estadísticamente significativa en el control de los movimientos dentales como la rotación y extrusión ( $p < ,001$ ), en comparación con los pacientes tratados con alineadores Invisalign® Ex30<sup>47</sup>.



**Figura 4:** A) Comparativa de la elasticidad de material estándar Ex30 y el SmartTrack B) Comparativa de la relajación de tensión del material Ex30 y el SmartTrack. Modificado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es).<sup>47</sup>

## 1.4. Elementos activos y pasivos del sistema Invisalign®

### 1.4.1. Attachment y Power Ridge

Los *attachments* son formas tridimensionales que se añaden a la cara vestibular o lingual del diente. Estos *attachments* son cruciales para obtener un tratamiento efectivo y se colocan en el paciente al inicio del tratamiento mediante un alineador plantilla o guía de 0,020mm de espesor, empleando una técnica de adhesión indirecta con composite<sup>48</sup>. Podemos clasificar los *attachments* según su función en activos y pasivos. Los activos se utilizan para ayudar a realizar el movimiento e intervienen en el movimiento del diente, los

---

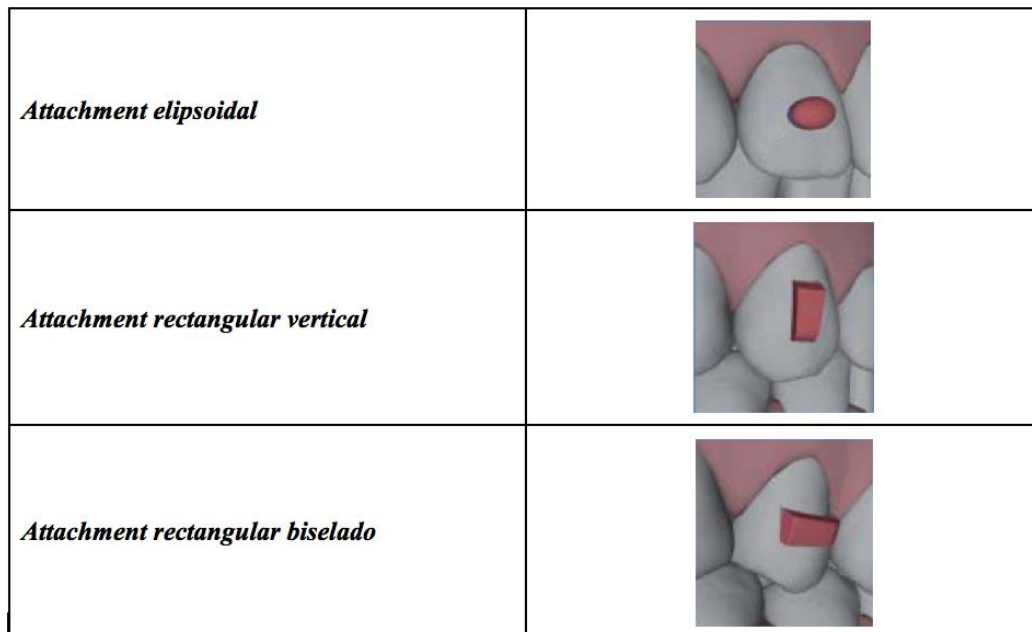
*attachments* pasivos se colocan en dientes que no van a ser movidos y no intervienen directamente en el movimiento<sup>2</sup>.

La evolución de estos aditamentos ha sido progresiva, los primeros *attachments* que se introdujeron fueron el **attachment elipsoidal** (Figura 5), el cual ha sido empleado en un inicio para movimientos de extrusión de dientes anteriores, pueden ser solicitados para cualquier diente y para la realización de otros movimientos, con un grosor de 1mm<sup>2</sup>.

El **attachment vertical rectangular** (Figura 5), puede ser solicitado igualmente en cualquier diente, aunque su uso principal es para casos de extracción de incisivos inferiores o premolares. En caso de extracción de un incisivo inferior, se adhiere dicho *attachment* en los dos dientes adyacentes a la zona de extracción, mientras que en el caso de extracción del primer premolar, el *attachment* vertical sólo se coloca en el segundo premolar y en caso de extracción de segundo premolar, el *attachment* vertical rectangular se colocaría en dos dientes distales y un diente mesial al lugar de la extracción<sup>49</sup>. En general este tipo de aditamentos son muy retentivos y pueden diseñarse con un cierto bisel en su estructura.

Una modificación de este es el **attachment rectangular biselado** (Figura 5), el cual puede disponerse vertical u horizontal. Para los casos de intrusión anterior, se emplean por definición los *attachments* rectangulares biselados a oclusal en los premolares, con el objetivo de aumentar el anclaje posterior, aunque como posteriormente explicaremos, estos han sido sustituidos actualmente por attaches de nueva generación. Estos *attachments* presentan 1mm de espesor y son adheridos en ambos lados de la arcada, tanto en el primer como en el segundo premolar. También pueden emplearse para la extrusión de incisivos o

de forma vertical para la corrección de rotaciones, su forma es menos retentiva, por lo que el alineador se inserta y se desinserta con mayor facilidad<sup>49</sup>.



**Figura 5:** Attachments convencionales: *elipsoidal*, *rectangular vertical* y *rectangular biselado*. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.


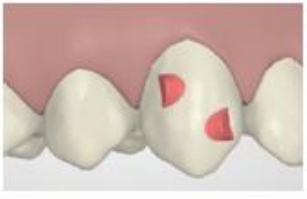

Posteriormente, en el año 2010 con el lanzamiento de ECP<sup>51</sup> se introdujeron los **Optimized Attachment** o *attachments* optimizados, con el objetivo de aumentar la predictibilidad de algunos movimientos. Dichos *attachments* no pueden solicitarse por el propio ortodoncista, sino que es el propio VOT el que los posiciona cuando detecta el movimiento que lo requiere, por tanto, en los dientes donde los VOT no posicionen de forma automática los *attachments* optimizados, debe solicitarse *attachments* convencionales por parte del ortodoncista, estos *attachments* optimizados además tienen la característica de adaptarse a medida de la anatomía, tamaño, forma y localización específica de cada paciente<sup>49</sup>.

Los primeros *attachments* optimizados introducidos fueron el **Optimized Rotation Attachments en caninos** (Figura 6), son empleados para la corrección de rotaciones en caninos. Estos son colocados de forma automática cuando la rotación es mayor o igual a 5°.

---

El ***Optimized Root Control Attachment en caninos*** (Figura 6) que son empleados para la corrección de la rotación de caninos, tanto maxilares como mandibulares. Está indicado además, en casos de extracciones de primeros premolares, para el control de los caninos durante el cierre de espacios, empleando el *attachment* vertical anteriormente mencionado en el segundo premolar y el ***Optimized Root Control Attachment*** en el canino.

Junto a este lanzamiento ECP, se incorporó la función ***Power Ridge***<sup>52</sup>, son formas tridimensionales incorporadas en el alineador que ayudan a proporcionar torque radicular lingual o vestibular mediante la optimización de fuerzas en los incisivos, los cuales están diseñados para mantener un perfecto ajuste en el margen gingival y controlar el par de fuerzas alrededor del centro de resistencia. Este twist en el material del alineador no afecta a la uniformidad del grosor, evitando una extrusión no deseada producida por el efecto “watermelon seed effect” en el que la distorsión en el margen gingival aleja el alineador de la superficie del diente, concentrando la fuerza en la región oclusal. Esta función es adaptada de forma individual a cada diente y es colocada de forma automática por el VOT para proporcionar las fuerzas correctas al tiempo que se eliminan interferencias, siendo incompatibles con la colocación de otro *attachment* convencional u *attachment optimizado* en el mismo diente<sup>53</sup>. La primera función ***Power Ridge*** introducida fue en la cara bucal del alineador para proporcionar un **torque radicular lingual en los incisivos superiores** (Figura 6).

<p><i><b>Optimized Rotation Attachment en caninos</b></i></p>	
<p><i><b>Optimized Root Control Attachment en caninos</b></i></p>	
<p><i><b>Power Ridge bucal para torque radiculo lingual de incisivos superiores</b></i></p>	

**Figura 6:** Lanzamiento ECP. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

No fue hasta Mayo del 2011 cuando se introdujo la primera generación conocida como G3, con el objetivo de mejorar la predictibilidad de los movimientos gracias a la nueva función *Smart Force*. Estas funciones de *Smart Force* fueron desarrolladas para proporcionar los sistemas de fuerzas necesarios para conseguir movimientos dentales predecibles, se incorporaron nuevos diseños de *attachments* y de *Power Ridge*. El **Optimized Rotation Attachments** (Figura 7) se incorporó **en premolares**, -ya que anteriormente sólo estaba disponible para los caninos- y son empleados para la corrección de rotaciones de primeros y segundos premolares y colocados por el VOT de forma automática cuando la rotación es mayor o igual a 5°. Se introdujo además una **variación del Optimized attachment en caninos** (Figura 7), disponible para cuando no existe espacio suficiente para colocar el diseño original del *Optimized Attachment* (por ej. en dientes inclinados, apiñados o rotados).

A si mismo, se implantó la función **Power Ridge bucal para torque radiculo lingual en los incisivos inferiores** (Figura 7), ya que antes de la introducción de la función *Smart Force* sólo se encontraba disponible para los incisivos

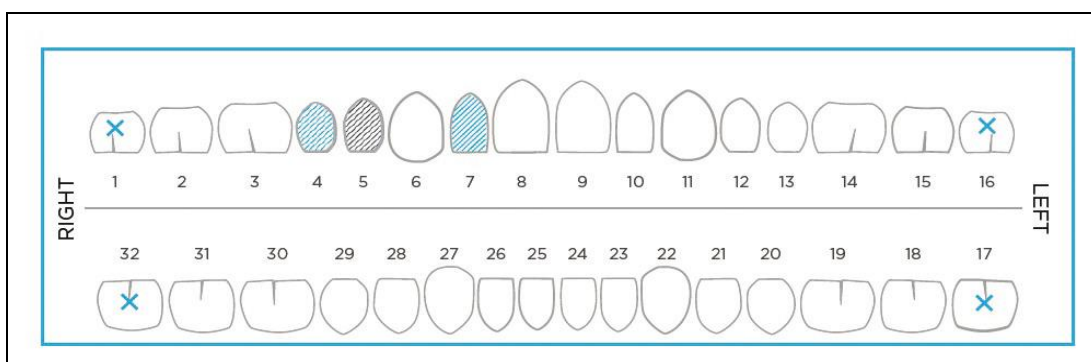
superiores. Estos son colocados de forma automática cuando se requiere una corrección del torque mayor o igual a 3°, la función **Power Ridge** se incorporó en la cara lingual de los incisivos superiores para proporcionar **torque radículo lingual** (Figura 7) durante el movimiento de traslación del grupo incisivo superior. Esta herramienta se incorpora de manera automática en tratamientos que exigen retracción del frente anterior superior con torque radículo lingual mayor o igual a 3°, y siempre en combinación con la función *Power Ridge* bucal.

<p><i>Optimized Rotation Attachment en premolares</i></p>	
<p><i>Variación del Optimized Rotation Attachment en caninos</i></p>	
<p><i>Power Ridge bucal para torque radículo lingual de incisivos inferiores</i></p>	
<p><i>Power Ridge lingual incisivos superiores</i></p>	

**Figura 7:** Funciones SmartForce G3. Optimized Attachment y Power Ridge. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

Con la generación G3 también se introdujo la **plantilla de evaluación del movimiento dental** (Figura 8) con el fin de identificar los movimientos más importantes del plan de tratamiento *ClinCheck*<sup>®</sup>, detectando aquellos dientes en los que el movimiento supera el límite establecido, por lo que el ortodoncista debe de prestar especial atención y evaluar la necesidad de emplear elementos

adicionales como botones y elásticos, attachments, reducción interproximal (IPR), brackets fijos seccionales o incluso cirugía ortognática. En función de la estimación realizada por la compañía de la respuesta que se obtendrá clínicamente en relación al modelo simulado en el *ClinCheck*<sup>®</sup>, el diente será destacado en azul en caso de ser un movimiento moderado o negro si el movimiento es considerado como avanzado.

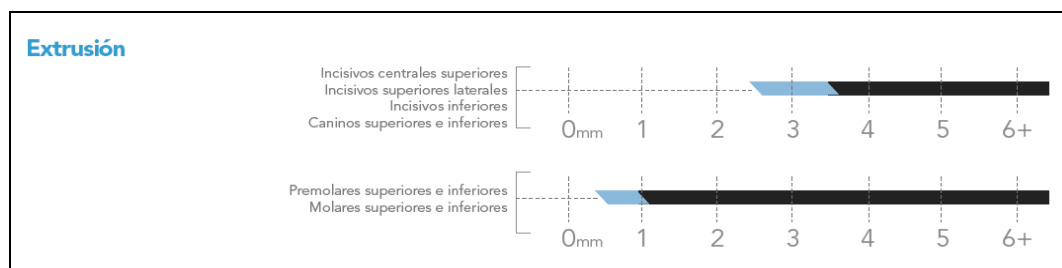


**Figura 8:** Funciones SmartForce G3. Plantilla de evaluación del movimiento dental. El color azul significa que es un movimiento moderado y el negro un movimiento avanzado. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

En caso de aparecer en la plantilla de evaluación un diente destacado en azul, Align Technology, Inc., alerta que los movimientos programados han mostrado resultados satisfactorios con el uso de los alineadores, siendo necesario sólo en algunos casos técnicas adicionales, por lo que recomienda un seguimiento más directo. Sin embargo, en caso de aparecer un diente destacado en negro, Align Technology, Inc. alerta que los movimientos programados han mostrado que a menudo requieren técnicas adicionales, siendo más difíciles de lograr sólo con el uso de alineadores, por lo que se recomienda un seguimiento muy directo<sup>50</sup>.

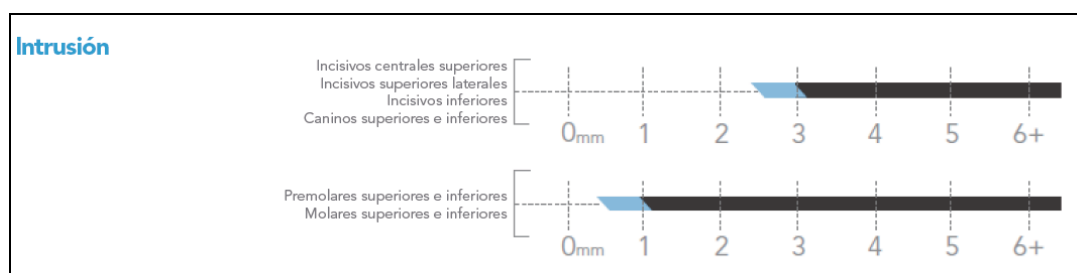
En el movimiento de extrusión (Figura 9), el rango aplicado en el grupo incisivo y caninos superiores e inferiores alberga entre 0-2,5mm, considerándose moderado (azul) cuando la extrusión alcanza entre 2,5-3,5mm y avanzado (negro) cuando supera los 3,5mm. Sin embargo, en los premolares y molares

superiores e inferiores, el movimiento de extrusión alcanza un rango moderado cuando la extrusión realizada comprende entre 0,5-1mm y avanzado cuando excede 1mm<sup>50</sup>.



**Figura 9:** Evaluación del movimiento dental: Extrusión.  
Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

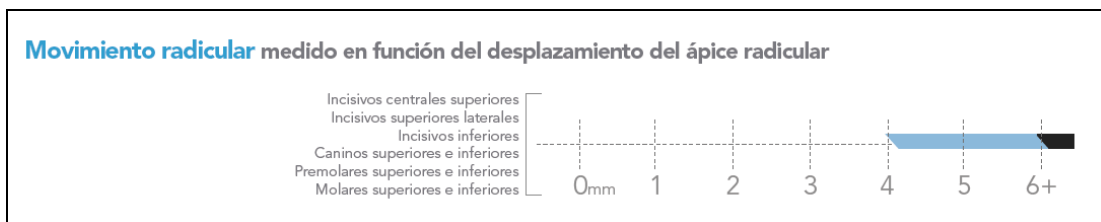
Ante el movimiento de intrusión (Figura 10) en el grupo incisivo y canino superior e inferior, Align Technology, Inc. considera que el movimiento óptimo se alberga entre 0-2,5mm, considerándose moderado entre 2,5-3,5mm y avanzado cuando excede 3,5mm., mientras que en el grupo premolar y molar superior e inferior, el movimiento se considera moderado cuando comprende 0,5-1mm y avanzado cuando excede 1mm<sup>50</sup>.



**Figura 10:** Evaluación del movimiento dental: Intrusión.  
Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

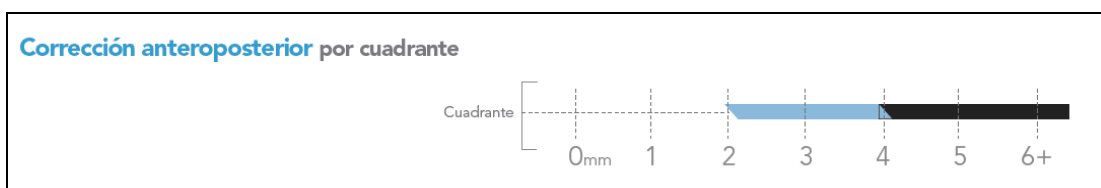
No obstante, el movimiento radicular (Figura 11) se considera óptimo en todos los dientes hasta alcanzar 4mm, siendo moderado entre 4-6mm y avanzado cuando supera 6mm. En cuanto a la corrección anteroposterior (Figura 12) por cuadrante, se considera óptima cuando no excede los 2mm, moderada entre 2-4mm y avanzada cuando se superan los 4mm<sup>50</sup>.





**Figura 11:** Evaluación del movimiento dental: Movimiento radicular.

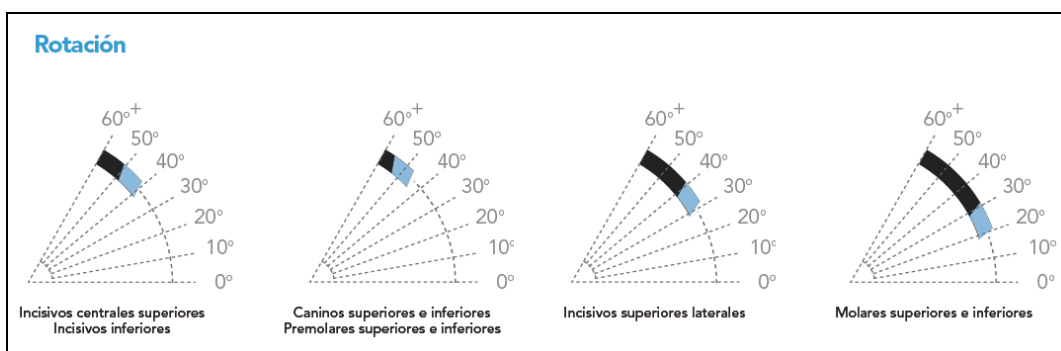
Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.



**Figura 12:** Evaluación del movimiento dental: Corrección anteroposterior.

Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

Finalmente, el movimiento de rotación (Figura 13) en los incisivos centrales superiores e incisivos inferiores se considera óptimo entre 0-40°, moderado entre 40-50° y avanzado cuando excede los 50°. Sin embargo, en los caninos y premolares superiores e inferiores el movimiento es óptimo hasta alcanzar los 45°, moderado entre 45-55° y avanzado cuando supera los 55°, siendo menos predecible en los incisivos laterales superiores, siendo un movimiento moderado 30-40° y avanzado cuando supera los 40°, los molares superiores e inferiores alcanzan un valor óptimo entre 0-20°, moderado 20-30° y avanzado cuando supera los 30°<sup>50</sup>.



**Figura 13:** Evaluación del movimiento dental: Rotación.

Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

---

A continuación, en Noviembre de 2011, se introdujo la generación G4, con ciertas mejoras en el sistema *Smart Force* para la obtención de resultados superiores clínicos en los tratamientos de mordida abierta, mejorar la predictibilidad de los incisivos superiores laterales y aumentar el control sobre la inclinación de la raíz de los caninos y los incisivos superiores centrales.




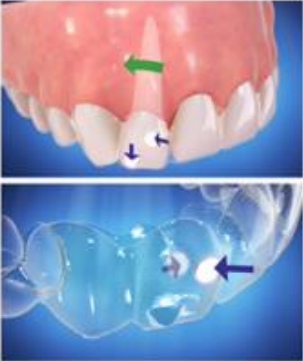
Se incorporó el ***Optimized Extrusion Attachment***, (Figura 14) el cual se trata de un *attachment* rectangular horizontal biselado de 1mm de espesor en incisal y 0,25mm en gingival<sup>54</sup>. Estos *attachment* permiten una mejora de los resultados clínicos en los tratamientos de mordida abierta anterior, mediante la colocación individual del *attachment* de extrusión para ejercer una fuerza extrusiva, gracias a su diseño en forma de cuña que forma un ángulo muy agudo en gingival, es decir, el *attachment* presenta menos grosor en gingival y mayor grosor en incisal u oclusal, permitiendo realizar más eficazmente el movimiento de extrusión. Esto se debe a un continuo contacto del *attachment* con el alineador durante el cambio de este mismo, debido a su anatomía triangular, favoreciendo el movimiento hacia oclusal ya que el alineador tiene la forma predeterminada para el *attachment* e impidiendo la recidiva hacia gingival<sup>55</sup>. Estos *attachment* extruyen los dientes anteriores como una sola unidad, usando los dientes posteriores como anclaje y aplicando fuerzas intrusivas sobre estos. Son colocados de forma automática cuando la extrusión solicitada es mayor o igual a 0,5mm.

Para la mejora del movimiento de los incisivos laterales superiores, que son sometidos a movimientos de extrusión junto con movimientos de rotación y/o inclinación de la corona, se introdujo el ***Optimized Multi-Plane Movement*** (Figura 14), permitiendo un mejor movimiento multiplano. Dicho *attachment* incorpora un *Optimized Extrusión Attachment* en la cara vestibular, que genera

---

fuerzas extrusivas junto con un *Pressure Point* en la cara lingual del alineador, para un mejor control del movimiento de rotación y/o inclinación del lateral. Esta función es incorporada por el VOT cuando se requiere un movimiento de extrusión mayor de 0,1mm junto con rotación y/o inclinación en el incisivo lateral superior<sup>50</sup>.




Con el fin de proporcionar un mayor control de la inclinación mesiodistal de la raíz, se introdujo el ***Optimized Root Control Attachment*** (Figura 14). Este *attachment* se adapta a la morfología de los dientes de cada paciente y presenta varios puntos de contacto vestibular, lo que hace que el *attachment* tenga mejores condiciones para el movimiento. Entre sus aplicaciones clínicas, se incluyen el cierre y la apertura de espacios, el control mesiodistal de la raíz y el movimiento dental en masa. Se puede emplear en incisivos superiores, caninos y premolares superiores e inferiores. En caso de ser requerido en un incisivo lateral superior, este irá acompañado de un *Pressure Point* en la cara lingual y vestibular del alineador. En el caso de los premolares, por defecto, se colocarán dos *Optimized Root Control Attachments*, para realizar un efecto cupla. Sin embargo, cuando el espacio para colocar dos *attachments* es insuficiente, se colocará un *Optimized Root Control Attachment* en la cara vestibular del diente, más un *Pressure Point* que se situará en la cara vestibular del alineador, para crear un sistema de fuerzas apropiado. Estos *attachments* son colocados de forma automática cuando la inclinación radicular es mayor o igual a 0,75mm en incisivos centrales y laterales y en traslaciones mayores de 0,5mm desde el centro de resistencia para caninos y premolares<sup>50</sup>.

<i>Optimized Extrusion Attachments</i>	
<i>Optimized Multi-Plane Movement</i>	
<i>Optimized Root Control Attachments</i>	
<i>Optimized Root Control Attachments en incisivo lateral superior + Pressure Point</i>	

**Figura 14:** Funciones SmartForce G4. Optimized Attachment y Power Ridge. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

Finalmente, en Marzo de 2014 se introdujo la generación G5 con nuevas incorporaciones en las funciones *Smart Force*, para la mejora en el tratamiento de las mordidas profundas gracias al aumento del control de la intrusión anterior y la extrusión de premolares. Para ello, se incorporó una **zona de presión** (Figura 15) en la cara lingual del alineador de los incisivos superiores e inferiores, proporcionando un mayor control de la intrusión para redirigir la fuerza intrusiva por el eje vertical de los dientes anteriores. Esto unido al uso de los **Optimized Deep Bite Attachment** (Figura 15), para un mayor control de la extrusión de los premolares y del anclaje mientras se realiza intrusión anterior. En el caso de solicitar extrusión de los premolares, los *attachments* vendrán

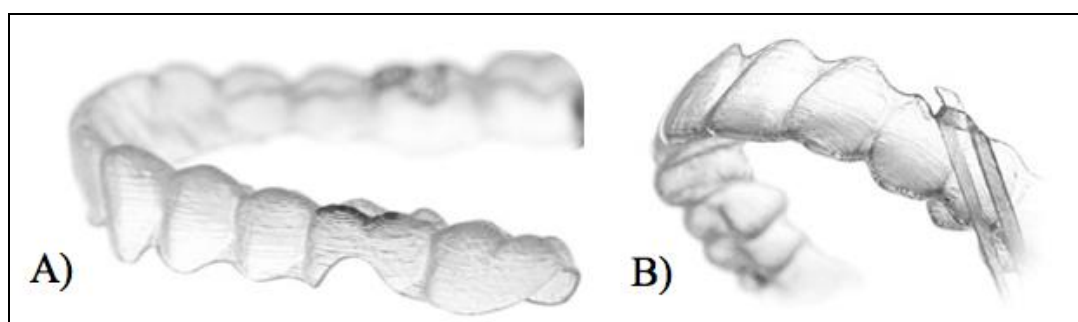
activados para proporcionar fuerzas extrusivas, mientras que si no se solicita extrusión posterior, los attachments serán igualmente colocados por el VOT de forma automática, pero serán pasivos. Se puede solicitar además, el uso de **rampas de mordida de precisión** (Figura 15) para la disoclusión de los dientes posteriores, con el objetivo de mejorar la eficacia de los tratamientos de mordida profunda, ya que las fuerzas de mordida posterior pueden actuar en contra de dicha corrección, las rampas de mordida de precisión crean un contacto en la región anterior que disocluen los dientes posteriores, eliminando las fuerzas de la mordida posterior no deseadas. Estas rampas son prominentes en la superficie lingual de los alineadores superiores (no rellenas con composite) con una profundidad de hasta 3mm, por lo que no son compatibles con los *Pressure Point*, además se personalizan automáticamente para cada paciente y para cada etapa del alineador para mantener el contacto anterior en todas las etapas del movimiento.

<b>Zona de presión</b>	
<b>Optimized Deep Bite Attachment</b>	
<b>Rampas de mordida de precisión</b>	

**Figura 15:** Funciones SmartForce G5. Tratamiento de las mordidas profundas. Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)<sup>50</sup>.

### 1.4.2. Precision Cuts

En un inicio, hasta el lanzamiento de G3, junto con la creación de los *Precision Cuts* o cortes de precisión (Figura 16A, B), la utilización de elásticos para la corrección de la oclusión en sentido antero-posterior, se realizaba mediante el cementado de botones en la cara vestibular de los dientes, y el recorte de los alineadores en la zona donde era cementado el botón. Generalmente, los botones eran localizados en el canino superior y primer molar superior en caso de presentar una maloclusión de Clase II y a la inversa en los casos de maloclusión de Clase III<sup>56,57</sup>.



**Figura 16:** Cortes de precisión o *Precision Cuts*. A) Recorte para botón B) Recorte para elástico.  
Tomado de [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es)

Otra alternativa a la colocación de botones, era la ejecución de cortes de forma manual con el uso de las tijeras, sin embargo, esto solía causar discomfort y deformación del propio alineador, por lo que se fabricaron unos alicates especiales denominados *Hole-Punching Tool* (Figura 17) para efectuar estos ganchos de forma sencilla y con una mínima deformación del alineador, lo que nos permite la utilización elásticos intra e inter-maxilares<sup>58</sup>.



**Figura 17:** *Alicate Hole-Pushing Tool.*

Finalmente, con la incorporación de G3, se introdujeron los *Precision Cuts* (Figura 16) para el empleo de elásticos directos a los alineadores o para la colocación de botón, estos cortes de precisión son realizados en el alineador durante el proceso de fabricación<sup>57</sup>. Los *Precision Cuts* para elástico (16B) son ganchos que pueden tener disposición mesial o distal en función de la maloclusión a tratar o el tipo de anclaje requerido. Una de las desventajas de la utilización de estos cortes, es la desinserción de los alineadores por las fuerzas verticales de los elásticos<sup>56</sup>, por ello, autores como Rivero y Roman<sup>2</sup>, sugieren la colocación de *attachments* pasivos en los dientes adyacentes a la colocación de los cortes de precisión, aumentando así el anclaje del alineador, estos cortes de precisión preformados no son compatibles con *attachment* optimizados, en estos casos es necesario efectuarlos de forma manual o sustituir el *attachment* optimizado por un *attachment* convencional.

Otra opción para la corrección de la maloclusión de Clase II, es la combinación de cortes de presión para elásticos en los caninos superiores (Figura 16B) y

---

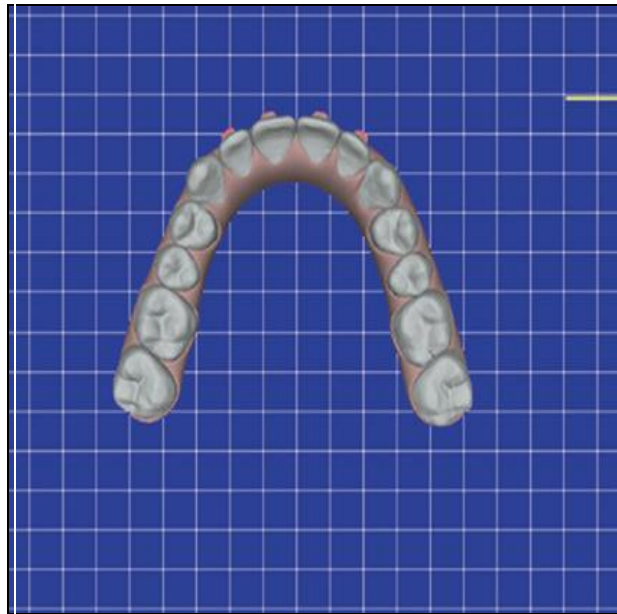
cortes para botón en los molares inferiores (Figura 16A). El Dr. Dayan<sup>50</sup>, recomienda el uso de elásticos de Clase II desde los cortes de precisión de los caninos superiores a los botones localizados en los segundos molares inferiores, con el fin de conseguir un mayor vector horizontal de la fuerza ejercida por el elástico con un menor componente de extrusión de los segundos molares inferiores. Hay que tener en cuenta que el empleo de estos elásticos produce un efecto de proinclinación de los incisivos inferiores y retroinclinación de los superiores en el caso de las maloclusiones de Clase II<sup>50</sup>.

#### 1.4.3. *ToothMeasure*<sup>®</sup>

La tecnología digital en el campo de la ortodoncia ha abierto una nueva puerta dentro del diagnóstico y plan de tratamiento, análisis de los resultados post-tratamiento y en el diseño de aparatos. La habilidad de evaluar superficies en imágenes tri-dimensionales y obtener valores numéricos que pueden ser evaluados y utilizados para mejorar los tratamientos.

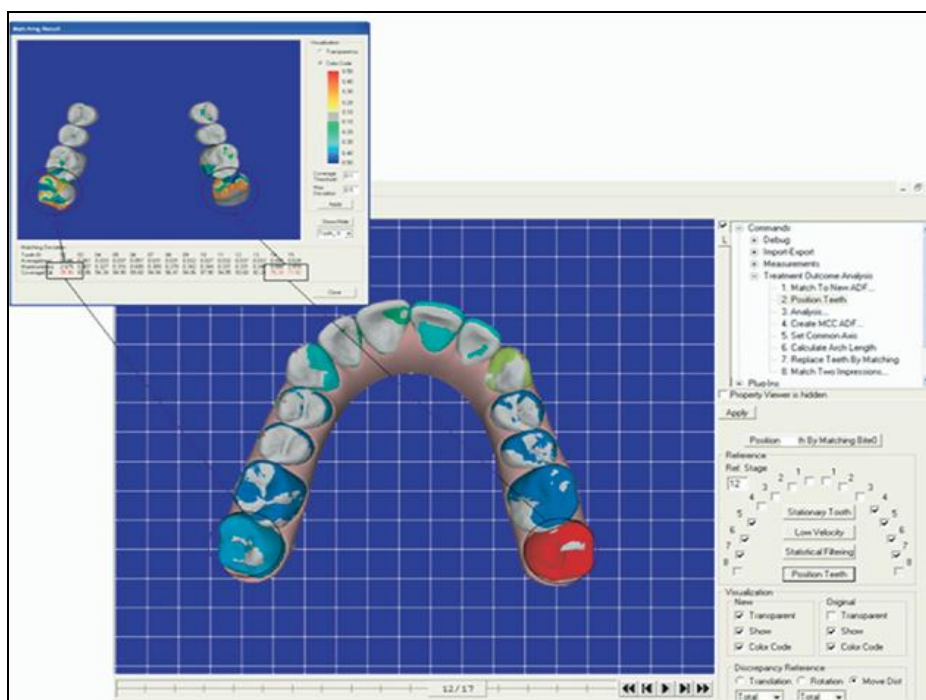
Align Technology, Inc. (Santa Clara, CA) ha desarrollado un programa que permite superponer el *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial y final, empleando una cuadrícula para la medición de los cambios<sup>59</sup> (Figura 18), de esta manera, el usuario puede analizar los efectos que se van a producir de forma individual en cada uno de los dientes mediante la comparación de los dos modelos. La posición de cada diente está determinada por unas coordenadas de rotación (Rx, Ry, Rz) y traslación (x, y, z) en grados y milímetros respectivamente<sup>60</sup>. A través del programa podemos medir la forma de cada diente, valores intra-arcada (*tipping*, torque, rotación, apiñamiento y alineamiento) así como valores inter-arcada (resalte, sobremordida, contactos oclusales, relación entre arcadas y discrepancias).





**Figura 18:** *Plantilla ToothMeasure®. Modificado de Kravitz y col.<sup>59</sup>, 2009.*

Autores como Kravitz y col.<sup>59</sup>, hicieron un estudio junto con Align Technology, Inc. para cuantificar la predictibilidad del *ClinCheck®* en los dientes anteriores, para ello, se tomaron impresiones de polivinilsiloxano después de completar la serie de alineadores y fueron enviados por correo a Align Technology, Inc. Se asignaron dos técnicos de Align Technology, Inc. para superponer el *ClinCheck®* final y el modelo 3D final de cada paciente, tomando los dientes posteriores como punto de referencia, ya que no fueron movidos durante el tratamiento (Figura 19).



**Figura 19:** Plantilla ToothMeasure®. Superposición del ClinCheck® y modelo 3D final, tomando como punto de referencia los dientes posteriores. Modificado de Kravitz y col.<sup>59</sup>, 2009.

### 1.5. Ventajas e inconvenientes

Uno de los beneficios esenciales del sistema Invisalign® es la mejora estética que aporta durante el tratamiento ortodóncico, Ziuchkovski y col.<sup>61</sup> valoraron el atractivo y la aceptabilidad de los alineadores invisibles frente a los brackets metálicos convencionales, de autoligado, cerámicos y brackets linguales en el adulto y en sus hijos, posteriormente Rosvall y col.<sup>62</sup>, evaluaron una mayor variedad de opciones de brackets, además de incluir el valor económico que estarían dispuestos a pagar por los aparatos estéticos. Ambos estudios encontraron que tanto la aceptabilidad como el atractivo, varían significativamente en función del tipo de aparato, siendo los más estéticos los brackets linguales y los alineadores invisibles, seguido de los brackets cerámicos, autoligado cerámicos y finalmente, los brackets de autoligado metálicos y los gemelares metálicos clásicos, no se encontraron diferencias

---

significativas entre las distintas marcas o estilos dentro de una misma categoría. Estos estudios mostraron que el consumidor adulto tiene una menor aceptabilidad cuanto mayor sea la exposición de metal, sin embargo, en los aparatos evaluados para ser colocados a sus hijos, Ziuchkovski y col.<sup>61</sup> observaron que todos los aparatos que habían sido catalogados como los menos aceptables para el adulto, eran significativamente mayor en referencia a sus hijos, Rosvall y col.<sup>62</sup> sin embargo, no encontraron diferencia en relación a la aceptabilidad de los aparatos en función de si eran para ellos mismos o para sus hijos.

No es hasta el año 2010<sup>63</sup>, cuando se realiza un estudio para evaluar la aceptabilidad de los diferentes tipos de aparatos en niños a desiguales rangos de edad, observando que la edad es un factor significativamente correlacionado con la aceptabilidad del tipo de aparato, existiendo una menor tolerancia cuando estos eran mayores de quince años.

Para algunos pacientes, las consideraciones estéticas durante el tratamiento de ortodoncia son tan importantes como otros factores, como el confort, dolor, costo u duración del tratamiento, Shalish y col.<sup>64</sup> efectuaron un estudio en el que evalúan la capacidad de recuperación tras las dos primeras semanas después de insertar tres tipos de aparatos: brackets vestibulares, brackets linguales e Invisalign®. El nivel de dolor fue considerablemente mayor en el grupo tratado con Invisalign® y brackets linguales comparativamente con el grupo de brackets vestibulares, pero las diferencias entre ellos, no fueron estadísticamente significativas. En el día uno, el mayor porcentaje de pacientes que reportaron dolor fue el grupo de Invisalign® (38,1%), sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa al compararlo con el resto de los grupos. En el día dos, se produjo un incremento dramático de dolor severo en los pacientes tratados con brackets linguales (61,5%), siendo estadísticamente significativo

---

( $p=0,003$ ) en comparación con los brackets vestibulares, ya que sólo un 9-10% de pacientes con brackets vestibulares padeció de dolor severo en los días 1-4, un 5% en el quinto día y un 0% en los días 6-14<sup>64</sup>.

El consumo de analgésicos en el día inicial, fue mayor con un 36,8% en los pacientes con aparatología lingual, pero no de forma significativa en comparación con el resto de grupos, el patrón de consumo de analgésicos fue similar en el grupo con aparatología bucal y lingual, con una progresiva reducción a lo largo del estudio, en el quinto día, un 5,2% de los pacientes con brackets linguales seguía consumiendo analgésicos, mientras que el grupo con brackets vestibulares alcanzó un 0% en el día cuatro, el grupo de Invisalign® sin embargo, mostró un patrón de consumo diferente, con un aumento en el consumo entre los día 1-3 y 4-5, alcanzando en el día seis un 0%<sup>64</sup>.

Miller y col.<sup>65</sup>, observaron que en los pacientes tratados con Invisalign® en el día cuatro, los valores de medición volvían al umbral basal, a diferencia de los pacientes tratados con aparatología fija vestibular, que tras una semana, los valores de medición del dolor seguían siendo superior al umbral de inicio además de consumir una mayor ingesta de medicamentos analgésicos entre los días 1-3 el grupo tratado con aparatología fija vestibular frente a Invisalign®, esta diferencia no fue estadísticamente significativa entre los días 4-7.

Otro factor analizado por Shalish y col.<sup>64</sup> fue la disfunción oral, en la que se valoraron aspectos como el habla, deglución y la apertura de boca, observando una diferencia significativa en el grupo con brackets linguales en comparación con los brackets vestibulares ( $p=,0004$ ) e Invisalign® ( $p=,050$ ), no existiendo diferencia entre estos dos últimos grupos. En cuanto a la dificultad de comer y los síntomas orales como lengua, mejillas, labios, mal sabor y acumulación de

---

comida, los autores observaron que el grupo que menos interacciones presentaba era el grupo con Invisalign®, seguido de aquellos tratados con aparatología vestibular y finalmente con aparatología lingual.

Otras de sus ventajas es la mejora la higiene oral, disminuyendo el riesgo de descalcificaciones, caries, gingivitis y enfermedad periodontal, es bien sabido, que los tratamientos con ortodoncia fija vestibular generan una gran retención de placa, aumentando el riesgo de aparición de manchas blancas, caries y periodontitis, es por ello, que la evaluación de como eliminar estos factores de riesgos, ha sido de gran interés para muchos autores<sup>66-75</sup>, siendo mejor el índice de higiene oral en pacientes con aparatos removibles<sup>76,77</sup>. Miethke y col.<sup>78</sup>, llevaron a cabo un estudio con una muestra de sesenta pacientes, -treinta de ellos tratados con aparatología fija convencional y los treinta restantes con Invisalign®, les midió en tres tiempos con un intervalo de tres-cuatro semanas, el índice gingival, índice de sangrado, índice de placa y la profundidad de surco. Los resultados mostraron una respuesta similar en el índice de sangrado, gingival y profundidad de surco durante la primera toma, mientras que el índice de placa fue estadísticamente menor en el grupo tratado con Invisalign® frente al tratado con brackets, no obstante, en la segunda y tercera toma, ambos grupos sufrieron una mejora, no existiendo diferencias entre ellos, aunque siempre en una mayor medida el grupo con Invisalign®. La profundidad de surco fue el cambio o mejora que menos se apreció entre todos los parámetros<sup>78</sup>.

Dos años más tarde, este mismo grupo de treinta pacientes tratados con aparatología Invisalign®, fueron comparados por el mismo autor<sup>79</sup> con una muestra de treinta pacientes tratados con brackets linguales, observando a diferencia del anterior estudio, que el índice de placa y gingival en la primera evaluación era el doble de alto en pacientes con aparatología lingual que con

---

Invisalign®, todos los índices mostraron un empeoramiento en la segunda y tercera toma en los pacientes con brackets linguales, mientras que el grupo de Invisalign® mostró una notoria mejoría entre la primera y tercera toma. El autor sugiere que esto no se debe a una falta de motivación como indicaba en el primer artículo, sino a no poder hacerlo mejor, siendo la diferencia mayor del doble en Invisalign® frente a lingual en la tercera cita<sup>79</sup>.

Otra de las ventajas planteadas, es la disminución de la reabsorción radicular debido a la aplicación de fuerzas ligeras, sin embargo, son solo cuatro los artículos publicados en relación a la reabsorción radicular apical con aparatos termoplásticos removibles (alineadores)<sup>80-83</sup>. El primer artículo publicado trataba de un caso clínico<sup>80</sup> de un individuo de veinticinco años de edad tratado con aparatología Invisalign®, al que descubren una vez finalizado el tratamiento una reabsorción radicular severa en la zona de los incisivos, Barbagallo y col.<sup>81</sup> investigaron los efectos de los aparatos removibles termoplásticos versus fuerzas ligeras y fuertes con aparatología fija convencional en premolares, estos fueron extraídos tras ocho semanas para su estudio. Los autores observaron, que los dientes que fueron sometidos a fuerzas ortodóncicas presentaban una mayor reabsorción radicular que los dientes controles, los pacientes tratados con aparatos removibles termoplásticos presentaron una reabsorción radicular similar que aquellos tratados con aparatología fija convencional con 25 gramos de fuerza. Entre las limitaciones de este estudio se encuentran las ocho semanas de duración del tratamiento y la dirección del movimiento limitada en sentido sagital<sup>81</sup>. Un año más tarde, Sombuntham y col.<sup>82</sup> en un estudio experimental emplearon férulas termoplásticas cementadas a la boca de roedores, entre sus hallazgos mostraron una reabsorción radicular superficial similar a la reabsorción radicular hallada en las ratas sometidas a una fuerza contante con *coil Springs*, estos resultados no son equiparables a los producidos con las férulas termoplásticas de Invisalign®, ya que estas son retiradas varias veces al día, para la ingesta de comida e higiene oral.

---

No es hasta el año 2013 cuando se publica un estudio descriptivo retrospectivo en cien pacientes tratados con Invisalign®<sup>83</sup>, con maloclusión de Clase I, con apiñamiento y sin reabsorción radicular aparente en sus registros iniciales, en sus resultados, los autores observaron que tanto sexo como la edad no tenían asociación significativa con la incidencia de reabsorción radicular apical, no se encontró correlación significativa con el movimiento ortodóncico sagital y vertical, excepto en los incisivos superiores que fueron sometidos a movimiento de extrusión, sin embargo, no fue considerado clínicamente relevante debido al pequeño porcentaje (4%). A la vez, los primeros molares a pesar de ser sometidos a un menor movimiento, sufrieron una reducción en la longitud de la raíz, todos los pacientes presentaron reabsorción radicular al compararlo con sus registros iniciales, con una media de afectación de 7,36 dientes por paciente, un 54% de los 1600 dientes medidos, no mostraron diferencia en la longitud de la raíz, mientras que un 27,75% mostraron una reducción de >0-10% y >10-20% en el 11,94%, tan sólo un 6,31% de todos ellos fueron afectados con una considerable reducción >20%<sup>83</sup>.

Otra de las ventajas a destacar es la visualización de los objetivos antes de iniciar el tratamiento a través de un programa denominado *ClinCheck*®, el clínico tiene la habilidad de visualizar la corrección de la maloclusión movimiento por movimiento, permitiendo realizar las correcciones necesarias antes de determinar el plan de tratamiento<sup>19</sup>. En las visitas control se evaluarán los cambios producidos, comparando la situación clínica del paciente con el *ClinCheck*® o situación virtual, en caso de que la clínica difiera del *ClinCheck*®, se puede optar por alargar el periodo de uso del alineador en boca o bien tomar nuevas medidas para realizar un “Cambio a mitad de tratamiento”<sup>48</sup>.

---

Entre sus grandes inconvenientes cabe destacar la dependencia de la colaboración del paciente y posible pérdida del aparato, es por lo que en un inicio, esta técnica estaba limitada a los adultos<sup>21</sup>, en la actualidad este tratamiento también está indicado en pacientes adolescentes, ya que Invisalign® ha agregado un tratamiento denominado Invisalign Teen®, que incorpora un detector de colaboración en cada uno de los alineadores, además de un máximo de seis alineadores de sustitución<sup>84</sup>. Brendão y col.<sup>85</sup> observaron que al monitorizar el uso del anclaje extraoral, se incrementaban las horas de uso, emplearon una muestra de veintiún niños a los que colocaron el anclaje extraoral sin mencionar que este incorporaba un detector de uso, siendo instruidos en la necesidad de llevarlo catorce horas al día, setenta días más tarde se les volvió a colocar el anclaje extraoral, mencionándoles que iban a ser monitorizados. En los resultados obtenidos, comprobaron que la cantidad de horas mencionadas por los pacientes era menor a la realmente empleada, además de un aumento ostensible en el uso del aparato cuando eran instruidos de que estaban siendo monitorizados<sup>85</sup>. Un estudio similar fue el que realizaron Tuncay OC y col.<sup>86</sup> con el fin de determinar el nivel de colaboración en adolescentes durante el tratamiento con la técnica Invisalign®, comprobaron que la decoloración del indicador de colaboración estaba altamente correlacionada con el número de horas de empleo descrita por cada uno de los pacientes, por lo que concluyen que el indicador de colaboración tiene una considerable influencia en la mejora de la eficiencia y la eficacia en los tratamientos de ortodoncia con alineadores transparentes. Sin embargo, se ha demostrado que este indicador de colaboración puede ser alterado por la ingesta de bebidas gaseosas ácidas, el empleo de pastillas limpiadoras o el almacenamiento en agua en altas temperaturas, dando lugar a falsos positivos en cuanto a la detección de falta de uso<sup>84</sup>.



---

Align Technology, Inc. muestra que aproximadamente un 20-30% de los pacientes tratados requieren correcciones mediante impresiones de refinamiento para poder cumplir todos los objetivos propuestos<sup>50</sup>, no obstante, autores como Sheridan<sup>87</sup> afirman que esta cifra asciende a un 70-80%, necesitando un refinamiento previo a la finalización del tratamiento, incluso la conversión por aparatología fija multibrackets. Bollen y col.<sup>22</sup> afirmaron que todos los pacientes del estudio que finalizaron el protocolo de los alineadores, necesitaron una fase de refinamiento o terminación con brackets, y aquellos que no pudieron finalizar el tratamiento con los alineadores, se debió a un mal ajuste de los mismos, nueva planificación de plan de tratamiento ó la disconformidad de continuar con el protocolo de tratamiento. Por tanto, solo quince de los cincuenta y un sujetos iniciales completaron la serie de alineadores predeterminada, la exploración de la muestra mostró que los sujetos con dos o más extracciones presentaron el mayor índice de tratamiento incompleto, siendo cero el número de pacientes que finalizaron el protocolo de alineadores, existiendo una gran diferencia en el éxito del tratamiento si el paciente era sometido a más de dos extracciones o por el contrario no se realizaban extracciones o estas eran menor de dos. La limitación de este estudio radica en que se seleccionaron casos complejos, -aproximadamente la mitad de ellos con extracciones de premolares- y se emplearon dos protocolos de cambio de las férulas -siete días frente a quince días- y de material del alineador -material blando en comparación con el rígido- que fueron aleatoriamente asignados<sup>22</sup>.

Otra de las desventajas, es la posible aparición de mordida abierta posterior, Djeu y col.<sup>88</sup>, llevaron a cabo un artículo con el objetivo de comparar la finalización según los criterios del comité Americano del sistema de ortodoncia (ABO) en pacientes tratados con aparatología multibrackets e Invisalign®. Seleccionaron una muestra de cuarenta y ocho pacientes de cada grupo a los

---

que se les realizó el análisis del ABO, entre los criterios evaluados, el grupo tratado con brackets recibió una mejor puntuación en relación a los puntos de contacto frente a los pacientes tratados con aparatología Invisalign®, esto se achaca a la doble capa de la que se compone el alineador (un grosor total de 0,06 micras) y a las fuerzas de la masticación, creando generalmente una intrusión posterior a los tres meses de haber iniciado el tratamiento, aumentando la distancia interoclusal<sup>59</sup> aunque dicho efecto, puede resultar beneficioso para los pacientes con escasa sobremordida, mordida anterior borde a borde o ligera mordida abierta<sup>89</sup>, son varios los artículos publicados los que han mostrado un déficit de contactos oclusales posteriores tras finalizar el tratamiento<sup>44</sup>.

Razdolsky y col.<sup>90</sup> observaron que los movimientos verticales continúan hasta 21 meses después de retirar la aparatología multibrackets, Sheridan y col.<sup>13</sup> han sugerido la utilización de un retenedor Essix® modificado de canino a canino, incluso la utilización de los últimos alineadores del tratamiento recortados de canino a canino<sup>44</sup> para mejorar esos puntos una vez retirados los aparatos, permitiendo un acoplamiento vertical posterior.

#### **1.6. Paciente óptimo para tratamiento con Invisalign®.**

Un cuestionario realizado en Alemania<sup>91</sup> ha mostrado que el perfil de los pacientes que solicitan tratamiento ortodóncico con alineadores son en su mayoría mujeres (72%), con una media de edad de treinta y cinco años, siendo la edad más común 20-29 años, mientras que en hombres alberga entre los 30-39 años, observando a su vez, que la aceptación del tratamiento tiene una alta asociación con el nivel socioeconómico, ya que el 76% de las personas que solicitaban tratamiento con alineadores eran trabajadores asalariados o estudiantes de universidad o escuela secundaria, y el 51% pertenecían a una

---

compañía de salud Alemana. Todos ellos requerían estética, rechazando un 62% un tratamiento con aparatología multibrackets por vestibular, el 64% había cursado un tratamiento ortodóncico en la adolescencia pero sólo un 8% había sido con aparatología fija, en cuanto a la duración del tratamiento, sólo un 25% admitió un 2,5 años de duración, y un 41% un 1,5 años, un 97% solicitó dicho tratamiento por razones estéticas, siendo sólo un 40% los que además solicitaban mejorar la masticación, el habla y la salud bucal.

Align Technology, Inc. afirmó que el 90% de los pacientes ortodóncicos son candidatos para un tratamiento con Invisalign<sup>®16</sup>, esto incluye aquellos pacientes con apiñamiento y espaciado dental leve-moderado (1-6mm), compresión de arcadas de causa no esquelética y aquellos casos que han presentado recidiva tras el tratamiento mediante aparatología fija. En el año 2005-2006, autores como Boyd<sup>29</sup>, Womack<sup>92</sup> y Hönn<sup>93</sup> ya mostraron casos de gran complejidad, desde casos con extracciones<sup>92,93</sup> hasta casos ortodóncicos-quirúrgicos<sup>29</sup>, finalizados con éxito.

Entre los pacientes candidatos cabe destacar aquellos que cursen tratamiento periodontal, debido a la disminución de placa bacteriana discutida anteriormente en comparación con aparatología fija bucal o lingual<sup>78,79</sup>, Boyd y col.<sup>89</sup> incluyen entre sus pacientes candidatos, aquellos que presentan un acortamiento de la raíz, sin embargo, como ya vimos con anterioridad, esto no está demostrado, ya que tanto en el tratamiento con Invisalign<sup>®</sup> como en el tratamiento con brackets, se ha mostrado un acortamiento de la longitud de la raíz más localizado en la zona de los incisivos<sup>94</sup>, por lo que un estudio comparativo debería realizarse al respecto para resolver dicha cuestión. Baumrid S y col<sup>95</sup>, observaron que en un 10% de los pacientes tratados con aparatología fija se producía una reabsorción radicular igual o mayor a 3mm.

---

El tratamiento con alineadores resulta altamente beneficioso en aquellos con mordida abierta anterior leve<sup>89</sup> al presentar el material termoplástico un doble grosor en su cara oclusal, en combinación con la fuerza de masticación del paciente, ejercen una fuerza de intrusión en los dientes posteriores, produciendo una disoclusión posterior, cerrando ligeramente la mordida a nivel anterior<sup>96-98</sup>, a diferencia del componente extrusivo que presentan los tratamientos con aparatología fija, produciendo una disminución de la sobremordida, especialmente cuando se emplean elásticos intermaxilares<sup>99</sup>.

Asimismo, son buenos candidatos para tratamientos con alineadores los pacientes con bruxismo, ya que los propios aparatos funcionan de forma similar a un aparato de protección nocturno. Una vez finalizado el tratamiento, los alineadores son colocados de forma nocturna con el fin de disminuir los efectos nocturnos de apretamiento o bruxismo<sup>89</sup>. Esta disoclusión de los dientes causada por el grosor de los alineadores, evitan a su vez las interferencias que se producen con la aparatología fija<sup>16,89,100</sup> favoreciendo la corrección de mordidas cruzadas anteriores y posteriores.

A su vez, resulta beneficioso para aquellos portadores de puentes de porcelana, metal o con grandes rehabilitaciones orales, debido a que la adhesión de la aparatología fija resulta más compleja para su retención ante dichas superficies, pudiendo incluso causar un deterioro en la porcelana en el descementado<sup>89</sup>.

### **1.7. Predictibilidad del movimiento ortodóncico con alineadores**

Las fuerzas y los momentos generados por los alineadores plásticos han sido poco estudiados teniendo en cuenta que, la cantidad de movimiento lineal estándar -tanto sagital como vertical establecida por Align Technology Inc.- es

---

de 0,25mm (0,15-0,25mm) por alineador, 2° para las rotaciones y 1° para los cambios de torque de los incisivos<sup>101</sup>.

Joffe<sup>19</sup> sugirió que la tasa de éxito del sistema Invisalign® es mayor en maloclusiones con apiñamiento medio (1-5mm), problemas de mordida profunda corregido a expensas de intrusión o avance de incisivos, compresiones de las arcadas de causa no esquelética y recidivas tras tratamiento fijo ortodóncico.

Se ha demostrado que a menor complejidad mayor tasa de éxito en el tratamiento. Vlaskalic y Boyd<sup>44</sup> en un estudio sobre treinta y ocho pacientes, en los que evaluaron el tiempo y el éxito del tratamiento, dividiendo la muestra en tres grupos según el grado de la maloclusión, el tiempo medio de tratamiento fue medido desde el día de la toma de impresión de silicona hasta la colocación del aparato de retención, -aunque no todos los alineadores fueron cambiados cada catorce días pero con un mínimo de diez días- ya que en un inicio el tiempo de activación era desconocido.

El grupo 1 constaba de pacientes con maloclusión de Clase I con leve apiñamiento o diastemación, con un índice del 90% y una duración media de 20 meses y con una media de espera de 4,8 meses, algunos de los alineadores se fabricaron de diferente espesor, observando una mayor disoclusión posterior en aquellos pacientes que habían llevado los alineadores de 0,40" frente a los 0,30" convencionales.

El grupo 2, estaba formado por pacientes con Clase I con apiñamiento moderado, presencia de mordida cruzada y maloclusión de Clase III con

---

apiñamiento anterior leve o moderado y mordida cruzada anterior, con un éxito del 66,7% y un tiempo medio de tratamiento de 27,2 meses y con una media de espera de 3,6 meses.

Finalmente, el grupo 3, lo formaban pacientes con maloclusión de Clase I y II con apiñamiento severo tratados en su mayoría con extracciones, el éxito del tratamiento fue de 61,5%, un tiempo medio de tratamiento de 31,5 meses y con un tiempo medio de espera de 3,3 meses<sup>44</sup>.

Kravitz y col.<sup>59</sup> llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la eficacia de los movimientos dentarios con alineadores removibles en la zona anterior. Para ello, seleccionaron treinta y siete pacientes tratados con Invisalign® sólo en la zona anterior, evaluando 401 dientes (198 del maxilar superior y 203 del maxilar inferior) mediante la herramienta de *ToothMeasure*®, la muestra fue limitada a pacientes con apiñamiento o espaciamiento no mayor de 5mm con buena interdigitación vestibular, los modelos digitales finales con el movimiento logrado, fueron superpuestos sobre los modelos virtuales finales (*ClinCheck*® final) con el movimiento planificado, empleando como punto de referencia los dientes posteriores, los movimientos estudiados fueron: expansión, constricción, intrusión, extrusión, *tipping* mesio-distal y buco-lingual y rotación. En los resultados, los autores observaron que la constricción lingual fue el movimiento con mayor exactitud (47,1%), siendo más predecible a nivel de los caninos inferiores e incisivos laterales, mientras que el movimiento de extrusión fue el menos predecible (29,6%), más acentuado en el incisivo lateral maxilar. A la hora de analizar la eficacia de cada movimiento, la rotación fue el único movimiento con una diferencia significativa entre los distintos dientes ( $p=,001$ ), siendo la rotación en los caninos inferiores (32,2%) significativamente menor que la conseguida en los incisivos centrales superiores (54,2%) e incisivos laterales inferiores (51,6%). Igualmente, los autores observaron una correlación

---

entre el grado de rotación del canino superior y la eficacia del movimiento, reduciéndose de forma significativa cuando esta era mayor a 15°.

Un año más tarde, estos mismo autores<sup>102</sup>, realizaron un estudio prospectivo con el objetivo de determinar la influencia del *attachment* e IPR, en la efectividad de la rotación en los caninos debido a que son muchos los clínicos que han encontrado dificultad en la corrección de rotaciones con el tratamiento de Invisalign®, especialmente en los caninos y premolares, siendo uno de los problemas más prevalentes, necesitando mayoritariamente la utilización de refinamiento o la colocación de aparatología fija<sup>87</sup>.

En el año 2001 Boyd y Vlaskalic<sup>16</sup>, sugirieron el empleo de *attachments* bucales y linguales para la corrección de rotaciones con el tratamiento de Invisalign®. Kravitz y col.<sup>102</sup> estudiaron el comportamiento en cincuenta y tres caninos (treinta y tres maxilares y veinte mandibulares) en tres situaciones distintas: sólo con *attachment*, sólo con IPR y ausencia de *attachment* e IPR, superpusieron los modelos tomando como punto de referencia los dientes no tratados, rugas palatinas o implantes. Entre sus resultados, observaron que el grupo con IPR fue el que mostró una mayor predictibilidad (43,1%), con doce de los dieciocho caninos con rotaciones mayores de 5°, seguido de aquellos a los que se les había colocado *attachment* (33,3%), con quince de los diecisiete caninos con rotaciones mayores de 5° y finalmente aquellos a los que no se les había realizado IPR ni colocado *attachment* (30,8%), con sólo dos de los dieciocho caninos con rotaciones mayores de 5°, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos, aunque los caninos que recibieron IPR reportaron una desviación estándar menor. Los *attachments* empleados en este estudio fueron los elipsoides con 0,75mm de grosor, sin embargo, como comentamos anteriormente, con la evolución del sistema se han ido incorporando nuevos *attachment*, ejemplo de ello el *attachment* optimizado de rotación, por lo que se deberían realizar estudios al respecto.

---

Krieger y col.<sup>17</sup> realizaron un estudio piloto para valorar la predictibilidad del modelo inicial -con el *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial- y el modelo final -con el *ClinCheck*<sup>®</sup> final elaborado-, con el fin de determinar la precisión del montaje inicial del *ClinCheck*<sup>®</sup> y la predictibilidad de los movimientos en la zona anterior. Seleccionaron una muestra de treinta y cinco pacientes con maloclusión de Clase I con un apiñamiento leve-moderado, IPR, proinclinación o combinación de ambas como plan de tratamiento, en el 49% de la muestra se realizó IPR para resolver el apiñamiento anterior, y en un 47% se combinó el IPR con la proinclinación. Los resultados reportaron una diferencia mínima entre el modelo y *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial, de 0,08mm (SD±0,3) en el resalte, 0,3mm (SD±0,4) de sobremordida y 1mm (SD±0,4) de línea media, estas desviaciones fueron mayores al comparar el modelo y *ClinCheck*<sup>®</sup> final, con una diferencia de 0,4mm (SD±0,7), 0,9mm (SD±0,9), 0,4mm (SD±0,5) respectivamente. Todos los movimientos fueron muy predecibles, aunque los movimientos verticales en una menor medida, por lo que los autores recomiendan para su mayor efectividad el uso de elásticos verticales, la realización de refinamiento con *attachment* horizontales y solicitar sobre corrección en el *ClinCheck*<sup>®</sup> final<sup>17</sup>.

Un año más tarde<sup>18</sup>, estos mismos autores llevaron a cabo otro estudio basado en su estudio piloto previo<sup>17</sup>, con una muestra de cincuenta pacientes con un apiñamiento de 5,30mm (mínimo 1,50mm, máximo 14,50mm) en el maxilar y 5,95mm (mínimo 2,00mm, máximo 11,50mm) en la mandíbula. Las diferencias entre el modelo y *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial fueron similares a las halladas en otros estudios<sup>17,20</sup> con una diferencia de -0,08mm (SD±0,29) en el resalte, 0,17mm (SD±0,38) en la sobremordida y 0,09mm (SD±0,29) para la desviación de la línea media, en cuanto a los resultados obtenidos en la predictibilidad de los movimientos, todos presentaron una alta predictibilidad con un 98,57% en el test de equivalencia a excepción del movimiento de extrusión, la diferencia entre el modelo y *ClinCheck*<sup>®</sup> final fue de 0,04mm (SD±0,65) para la longitud de



---

arcada anterior del maxilar, 0,01mm (SD±0,48) para la mandíbula, -0,13mm (SD±0,59) en la distancia intercanina superior, -0,13mm (SD±0,59) en la inferior, -0,34mm (SD±0,54) para el resalte, -0,71mm (SD±0,87) para la sobremordida, y -0,24mm (SD±0,46) para la desviación de la línea media<sup>18</sup>.

Recientemente, Simon y col.<sup>101</sup> han estudiado la predictibilidad del movimiento de rotación, torque y distalización y su influencia con los auxiliares (*attachment, Power Ridge*) en la eficacia del tratamiento. Para ello, realizaron un estudio retrospectivo en el que recolectaron una muestra de treinta pacientes tratados con Invisalign®, los cuales requirieron al menos uno de los tres movimientos, con un cambio de torque en los incisivos >10°, una desrotación premolar >10° y una distalización molar >1,5mm. Para el análisis de los movimientos, los modelos de inicio y fin de tratamiento fueron escaneados mediante un láser, los puntos de medición se registraron mediante un dispositivo de cámara de carga-acoplada (CCD) con una precisión de aproximadamente 20 micras, a continuación, los escaneados individuales fueron agrupados y fusionados en una única nube de puntos mediante el ordenador para obtener un conjunto de datos 3D. Los *ClinCheck*® fin de tratamiento fueron proporcionados por Align Technology, Inc. como modelo virtual 3D. El conglomerado de puntos del modelo pre-tratamiento (T1), post-tratamiento (T2), así como el *ClinCheck*® post-tratamiento (Ck T2) se analizaron en el software Surfacer 10.0 (Imageware / Siemens PLM Software, Plano, Texas, EE.UU.). Cada punto de la nube de (T1), (T2) y (Ck T2) fueron segmentados en dientes individuales, el modelo post-tratamiento (T2) y el *ClinCheck*® final (Ck T2) fueron superpuestos sobre la situación inicial (T1) mediante un algoritmo de coincidencia. Finalmente, para calcular el movimiento planificado, se superpuso el modelo inicial (T1) sobre el *ClinCheck*® final (Ck T2) y para determinar la eficacia de los movimientos, se calculó la diferencia existente entre el *ClinCheck*® final (Ck T2) y el modelo post-tratamiento (T2).

---

Para el estudio de los movimientos, los autores realizaron un estudio a boca partida, de forma que los movimientos se dividieron en dos subgrupos, en función de si se emplearon o no auxiliares. En el primer subgrupo, se emplearon *attachment* colocados por los técnicos de Align Technology, Inc. Siguiendo su protocolo de colocación de *attachment* para el refuerzo de los movimientos, mientras que en el otro subgrupo no se emplearon *attachments*. El grupo sometido a corrección de torque incisivo, fue dividido en un subgrupo tratado con *attachment* horizontal elipsoidal y otro subgrupo tratado con *Power Ridge*, asimismo, el grupo con corrección de rotación premolar, fue dividido en un subgrupo tratado con *Optimized Rotation Attachment*, frente a otro subgrupo sin *attachment*. Finalmente, el grupo tratado con distalización, fue dividido en un subgrupo con *attachment* biselado horizontal, mientras que el otro subgrupo no presentó *attachment*.

En los resultados obtenidos, los autores observaron una eficacia media de todos los movimientos de un  $59\pm 0,2\%$ , presentando una efectividad en el movimiento de torque de  $42\pm 0,2\%$  y no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre el subgrupo tratado con *Power Ridge* y el tratado con *attachment* elipsoidal horizontal. El movimiento de desrotación premolar fue el menos predecible, con un predictibilidad de un  $40\pm 0,3\%$ , no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre el subgrupo tratado con y sin *attachments*, observaron a su vez, que la predictibilidad disminuía ostensiblemente cuando la rotación era mayor a  $15^\circ$ . Finalmente, el movimiento más predecible fue la distalización con una tasa de  $87\pm 0,2\%$ , no existiendo diferencia entre ambos subgrupos<sup>101</sup>.

Para determinar la eficacia del *Power Ridge*, Castroflorio y col.<sup>53</sup> examinaron doce incisivos superiores de seis pacientes tratados con Invisalign®, los cuales

---

requerían torque radículo-lingual. En sus resultados observaron una pequeña desviación en el montaje del *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial frente a los modelos escaneados de inicio, con un coeficiente de correlación cercano a 1 ( $p < ,0001$ ). El movimiento de torque esperado (*ClinCheck*<sup>®</sup> final) fue muy similar al movimiento logrado (modelo final escaneado), 10,55° y 10,53° respectivamente, con un cambio de 10,4° de media y un coeficiente de correlación cercano a 1 ( $p < ,0001$ )<sup>53</sup>.

Otro de los movimientos más difíciles de conseguir con este tipo de aparatología es el control radicular durante el cierre de espacios. Son múltiples los casos clínicos publicados sin éxito<sup>92,103</sup> en la paralización de las raíces al finalizar el cierre de los espacios. Vlaskalic y Boyd<sup>44</sup>, recomiendan el relleno del pónico en los casos de extracciones con VPS del mismo color que los dientes vecinos, no sólo por motivos estéticos, sino para aportar una mayor rigidez al alineador en la zona de la extracción, además de evitar un movimiento indeseado de los dientes vecinos.

Autores como Womack<sup>92</sup> han demostrado que el enderezamiento radicular en los casos de extracciones es deficiente, requiriendo en ocasiones elementos auxiliares, como *Power Arm* para su corrección. Publicó un caso clínico de un paciente con maloclusión de Clase I con apiñamiento severo, al que se le efectuaron extracciones de los cuatro primeros bicúspides. Para la correcta angulación de las raíces, el autor empleó junto con las férulas de refinamiento unos *Power Arms* posicionados en la parte más gingival de los cuatro caninos y unos botones en los cuatro primeros molares, a los que se les colocaron unos elásticos intramaxilares desde el *Power Arm* hasta el botón, con el objetivo de enderezar la raíz de los caninos. El autor a su vez, propuso la colocación de minitornillos a la altura de los primeros molares superiores e inferiores y los

---

*Power Arms* en los caninos al comienzo del tratamiento, con el fin de evitar la distoinclinación de los caninos desde el inicio, requiriendo el uso de los elásticos nocturnos. Asimismo, recalcó la importancia de los *attachments* seleccionados, recomendando el empleo de *attachment* vertical rectangular convencional en los dientes posteriores a la extracción y un *attachment* vertical rectangular con 1mm de grosor, 5mm de largo y 2mm de ancho en el canino. Sin embargo, como ya comentamos anteriormente, en los posteriores años, se han ido añadiendo *attachment* nuevos, como el optimizado de inclinación que ha reemplazado el uso de estos otros. Otros autores como Giancotti y col.<sup>103</sup> han sugerido la utilización de aparatología fija una vez finalizado el caso con Invisalign®, ó realizar el cierre de espacio con aparatología fija desde el inicio del tratamiento, seguido de aparatología Invisalign®.

Con el objetivo de determinar en mayor profundidad el comportamiento de los dientes adyacentes al espacio de extracción, Baldwin y col.<sup>24</sup> realizaron un estudio sobre veinticuatro pacientes tratados con al menos una extracción de premolar con el sistema Invisalign®, la muestra fue dividida de forma aleatoria en cuatro grupos según el periodo de cambio del alineador, cada semana o cada dos semanas, y material del alineador, rígido o blando. El *tipping* de los dientes adyacentes a la extracción fueron evaluados mediante modelos de escayola y ortopantomografía en tres tiempos: al inicio del tratamiento con alineadores (T0), al finalizar el tratamiento con alineadores (T2) y al finalizar el tratamiento con aparatología fija (T3). Al analizar los resultados, los autores observaron que ninguno de los pacientes finalizó la serie de alineadores, produciéndose un *tipping* estadísticamente significativo en los dientes adyacentes a la extracción del premolar, produciéndose un cambio en el ángulo interdental radiográfico entre T2 y T0 de 17,2° ( $p < 0,0001$ ) y en los modelos de 17,3° ( $p < 0,0001$ ). Los pacientes que fueron continuados con aparatología fija, sufrieron un enderezamiento significativo de los dientes, entre T3 y T2 de -15,5° ( $p < 0,0001$ ).

---

El análisis mediante modelos de escayola mostró una alta correlación con el análisis mediante ortopantomografía ( $r=0,61$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el material empleado o periodo de cambio del alineador, sólo uno de los veinticuatro pacientes finalizó el tratamiento con alineadores, diecinueve mediante aparatología fija y los cuatro restantes se perdieron a lo largo del estudio<sup>24</sup>.

Otro patrón de extracción, es la extracción de un incisivo inferior, aunque son escasas las publicaciones sobre el tratamiento de estos casos clínicos<sup>104,105,106</sup>, esto se puede ser debido a que son pocos los pacientes que cumplen los estándares para este tipo de tratamiento como: Clase I molar, apiñamiento incisivo inferior moderado, apiñamiento leve o ausencia de apiñamiento en la arcada superior, perfil de los tejidos blandos aceptable, sobremordida leve-moderada, mínimo potencial de crecimiento, discrepancia en el tamaño dentario, como microdoncia de los incisivos laterales, lo que va a evitar la realización de *stripping* superior para el ajuste del resalte.

Clements y col.<sup>23</sup> observaron en su estudio, que los resultados en el cierre de extracciones de incisivos inferiores son mejores a los obtenidos con la extracción de premolares maxilares o mandibulares, sin embargo, la diferencia en la cantidad absoluta de cierre no fue significativa ( $p<,05$ ). Se observaron mejores resultados en el cierre de espacio cuando el alineador fue colocado durante un periodo de dos semanas frente a una semana, esta diferencia sólo fue significativa en el cierre de espacio de incisivo inferior<sup>23</sup>.

Autores como Miller y col.<sup>104</sup>, recomiendan el empleo de *attachment* rectangular vertical en los dientes adyacentes a la extracción con el fin de lograr una

---

correcta paralelización. Sin embargo, a pesar del uso de los *attachments* verticales rectangulares, los autores muestran mediante un caso clínico una excesiva inclinación distal de la raíz del canino adyacente y una ligera angulación mesial del incisivo adyacente, además de una ligera reabsorción radicular a nivel de los incisivos.

## 1.8. Características biomecánicas en el uso de alineadores: tipos de movimientos

### 1.8.1. Movimiento de torque

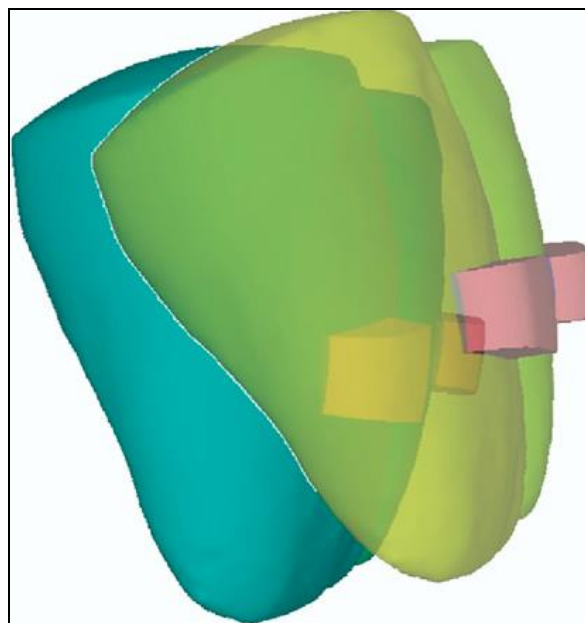
Son pocos los estudios que evalúan la predictibilidad de este movimiento<sup>53,101</sup>. Castroflorio y col.<sup>53</sup> examinaron doce incisivos superiores de seis pacientes tratados con Invisalign®, los cuales requerían torque radículo-lingual, observando que el movimiento de torque esperado (*ClinCheck*® final) fue muy similar al movimiento logrado (modelo final escaneado), 10,55° y 10,53° respectivamente, con un cambio de 10,4° de media y un coeficiente de correlación cercano a 1 ( $p < 0,0001$ )<sup>53</sup>.

Un año más tarde, Simon y col.<sup>101</sup> realizaron un estudio en el que evaluaron una serie de movimientos, entre ellos el movimiento de torque superior a 10° y la influencia de los *attachment* y *Power Ridge* con la eficacia del tratamiento. Los pacientes que habían sido sometidos a cambio de torque fueron divididos en dos grupos en función del elemento auxiliar empleado; un grupo fue tratado con *attachment* horizontal elipsoidal, mientras que el otro grupo fue tratado con *Power Ridge*. Para poder analizar la eficacia clínica, los modelos de inicio y fin de tratamiento fueron escaneados, para una coincidencia superficie/ superficie algorítmica, y su posterior comparación con la cantidad de movimiento planificada en el *ClinCheck*®. Los resultados mostraron una efectividad en el movimiento de torque de un 42±0,2%, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre el subgrupo tratado con *Power Ridge* y el tratado con *attachment* elipsoidal horizontal<sup>101</sup>.

---

### 1.8.2. Movimiento de extrusión

Es importante conocer la diferencia existente entre la extrusión absoluta y la extrusión relativa, la cual conlleva la lingualización de la corona, siendo un gran desafío para el ortodoncista el tratamiento de extrusión absoluta<sup>54</sup>. Son diversos los autores que afirman la baja predictibilidad del movimiento de extrusión con el empleo de alineadores Invisalign®<sup>16,59</sup>. Kravitz y col.<sup>59</sup> encontraron que el incisivo central maxilar fue el diente con menor grado de extrusión (18,3%), seguido del incisivo central mandibular (24,5%), siendo el incisivo lateral maxilar el diente con mayor requerimiento de extrusión, solo trece de los sesenta y cuatro dientes consiguieron extrusiones mayores de 1mm (1,0-1,8mm), siendo 0,56mm la extrusión media obtenida. Por ello, el ortodoncista podría considerar como alternativa para una mayor predictibilidad del movimiento, la combinación de extrusión con movimientos más precisos, tales como retracción o retroinclinación, lo que comúnmente se conoce como extrusión relativa (Figura 20).



**Figura 20:** Extrusión relativa: extrusión + retroinclinación.  
Tomada de Kravitz ND<sup>59</sup>, 2009.

---

Clements y col.<sup>23</sup> observaron al analizar las distintas variables del índice PAR, que de los cincuenta y un pacientes tratados con Invisalign®, sólo dos no partían de una situación de sobremordida favorable, finalizando el tratamiento con una situación peor a la inicial.

Son varios los autores<sup>16,54,55</sup> que han destacado la importancia de las variaciones en el tamaño, forma y posición de los *attachment* para alcanzar eficazmente los resultados. Inicialmente, el *attachment* empleado para los movimientos de extrusión presentaba forma elipsoidal y era colocado en cualquier diente que requiriese más de 0,4mm de extrusión, pudiendo ser cementado en la cara vestibular o palatina para una mayor estética<sup>54</sup>. Sin embargo, el problema observado con el empleo del *attachment* elipsoidal radica en el “salto” que se origina al cambiar de alineador, quedando separado el nuevo alineador del diente y por tanto, del *attachment*, dejando espacio para permitir que se produzca el movimiento. Este alejamiento del alineador unido a la fuerza de recidiva efectuada por las fibras transeptales, da lugar a la “escurrimiento” del *attachment* por el alineador no obteniendo movimiento<sup>55</sup>.

Para la resolución de dichos problemas, Align Technology, Inc. incorporó la función *Smart Force*, con los *Optimized Attachment*, estos son creados de forma individual y colocados en la zona más óptima de cada diente, para el movimiento de extrusión concretamente, implantaron el *Optimized Extrusion Attachment*<sup>54</sup>.

Dada la baja predictibilidad de este movimiento, son varios los autores<sup>55,58</sup> que recomiendan dejar este movimiento para las fases finales del tratamiento, combinarlo con movimientos más precisos como retracción (constricción lingual) o retroinclinación, para mejorar la predictibilidad del movimiento



---

dentario<sup>48</sup> o emplear aparatología auxiliar en caso de ser necesario. El elemento auxiliar más comúnmente utilizado para la resolución de la extrusión, es el uso de botones, pudiendo cementar un único botón en la cara lingual del diente y realizar unos cortes en la cara vestibular del alineador para posicionar el elástico, o colocar dos botones, uno en la cara vestibular y otro en la cara lingual del diente<sup>48</sup>.

Autores como Lin y col.<sup>107</sup>, han optado por el empleo de anclaje óseo temporal para aumentar la predictibilidad de dicho movimiento. Recientemente, estos autores han publicado un caso clínico de una paciente con mordida abierta anterior con escasa exposición de los incisivos superiores, a la que implantaron un minitornillo de (2 x 9mm) en el centro de la sínfisis mandibular y botones estéticos cementados en la parte más gingival de los cuatro incisivos superiores (Figura 21), para la posterior colocación de elásticos intermaxilares en combinación con los *Optimized Extrusion Attachment*. Tras dieciocho meses, la paciente finalizó el tratamiento satisfactoriamente, mostrando en la superposición cefalométrica una extrusión absoluta de los incisivos superiores de 2mm con proinclinación de 1°, retroinclinación de 9° e intrusión de 2mm de los incisivos inferiores, manteniéndose constante la posición vertical del primer molar superior e inferior. Sin embargo, todo esto se concluye a partir de información en base a un caso clínico, lo cual no debe de otorgarse una evidencia científica extrapolable a todos los tratamientos en nuestra clínica, son necesarios estudios randomizados que permitan confirmar este tipo de impresiones clínicas vertidas por los autores Lin y col.<sup>107</sup>.



**Figura 21:** A) Elásticos intermaxilares desde minitornillo en sínfisis mandibular y botones en cara vestibular de incisivos superiores vista frontal. B) Elásticos intermaxilares desde minitornillo en sínfisis mandibular y botones en cara vestibular de incisivos superiores vista lateral. Tomado de Lin JC<sup>107</sup>, 2014.

### 1.8.3. Movimiento de intrusión

A diferencia del movimiento de extrusión, la intrusión del sector anterior es considerada por muchos autores un movimiento de alta predictibilidad<sup>16,19</sup>, no obstante, cuando esta situación es significativa, es decir, existe una gran sobremordida, su eficacia disminuye ostensiblemente<sup>23</sup>.

Para la intrusión de los dientes anteriores, Align Technology, Inc. ha recomendado la utilización del *attachment* horizontal biselado en los dientes adyacentes distales a los dientes a intruir en ambas hemiarquadas, ya que la fuerza de intrusión ejercida en los incisivos produce una fuerza de extrusión en los dientes posteriores que tiende a desplazar a los alineadores. Con la incorporación de G5 en el 2014, los *attachment* horizontales biselados han sido sustituidos por los *Deep Bite Attachments*, en el caso de necesitar extrusión de los premolares a la vez que intrusión anterior, los *attachments* de retención de los premolares se fabricarán con una superficie activa que ayude a la extrusión

---

relativa del segmento bucal durante la intrusión de los dientes anteriores. Es frecuente que los dientes distales a los dientes a intruir, caninos y premolares, estén rotados y requieran desrotación, en dichos casos, los *Deep Bite Attachments* serán sustituidos por los *Optimized Rotation Attachment*.

Autores como Nguyen y col.<sup>108</sup>, han encontrado una precisión media para el movimiento de intrusión anterosuperior del 79%, mientras que la media de intrusión para Kravitz y col.<sup>59</sup> fue menor (41,3%), siendo incluso algo más preciso la intrusión anteroinferior (46,6%) que la anterosuperior (44,7%). El diente con menor capacidad de intrusión fue el incisivo lateral superior, probablemente, debido a la fuerza generada por el canino adyacente, estos autores encontraron que solo cuarenta y uno de los ciento ochenta y nueve dientes habían logrado una intrusión mayor de 1mm y solo dos dientes fueron intruidos más de 2mm.

Es fundamental evaluar la cantidad de exposición dentaria maxilar y mandibular antes de corregir la sobremordida profunda en cualquier paciente, ya que en caso de presentar una exposición de los incisivos maxilares correcta, no debemos intruir los incisivos superiores, debemos intruir los incisivos inferiores para no empeorar la sonrisa<sup>109</sup>. Con el sistema Invisalign®, se puede elegir donde queremos actuar, ya sea sólo en los dientes superiores o inferiores, o realizar una combinación de ambas arcadas o incluso combinarlo con la extrusión de los dientes posteriores. Giancotti y col.<sup>30</sup> presentaron en 2008 una serie de casos clínicos finalizados exitosamente, que ilustran las diferentes modalidades de corrección de la sobremordida aumentada en pacientes adultos con el sistema Invisalign®.

---

Rivero y Román<sup>2</sup> han sugerido mediante un caso clínico el empleo de elementos auxiliares como los microtornillos de anclaje temporal, para facilitar el movimiento de intrusión en casos de sobremordida severa y sonrisa gingival. Para ello, emplearon unos botones estéticos cementados en el tercio gingival de la corona de los incisivos superiores y dos microtornillos posicionados en el maxilar entre el espacio inter-radicular del incisivo lateral y canino, (Figura 22) mediante el uso de un elástico en forma de caja se conectaron los dos microtornillos y los cuatro botones cementados a los incisivos, de forma que se produjo un efecto de intrusión de los incisivos. Todo esto se concluye a partir de información de un caso clínico publicado por Lin y col.<sup>107</sup>, no debiéndose de otorgar una evidencia científica extrapolable a todos los tratamientos en nuestra clínica.



**Figura 22:** *Uso de microtornillos de anclaje óseo temporal para una intrusión verdadera de los dientes anterosuperiores. Tomado de Rivero JC<sup>2</sup>, 2009.*

Otra alternativa para la corrección de la mordida profunda empleada por algunos doctores desde hace unos años, es el uso de rampas de mordida convencionales en sus alineadores. Estas rampas son prominencias sin rellenar del material de alineador linguales a los incisivos maxilares, sin embargo, dichas

---

rampas no permiten su colocación a diferentes alturas además de ser constantes, impidiendo un continuo contacto con los bordes de los incisivos inferiores. Por el contrario, las nuevas rampas de mordida de precisión incorporadas con Invisalign® G5 se llevan a cabo por etapas, cambiando a medida que avanza el tratamiento, de manera que siempre están en contacto con los incisivos inferiores, haciendo más duradero el resultado positivo de las rampas de mordida en el tratamiento. Otra incorporación de Invisalign® G5, son las zonas de presión, incompatibles con la colocación de las rampas de mordida, ya que van incorporadas en la cara lingual del alineador de los incisivos superiores e inferiores, dichos puntos proporcionan un mayor control de la intrusión para redirigir la fuerza intrusiva por el eje vertical de los dientes anteriores, aunque dichos efectos deben ser estudiados mediante estudios randomizados.

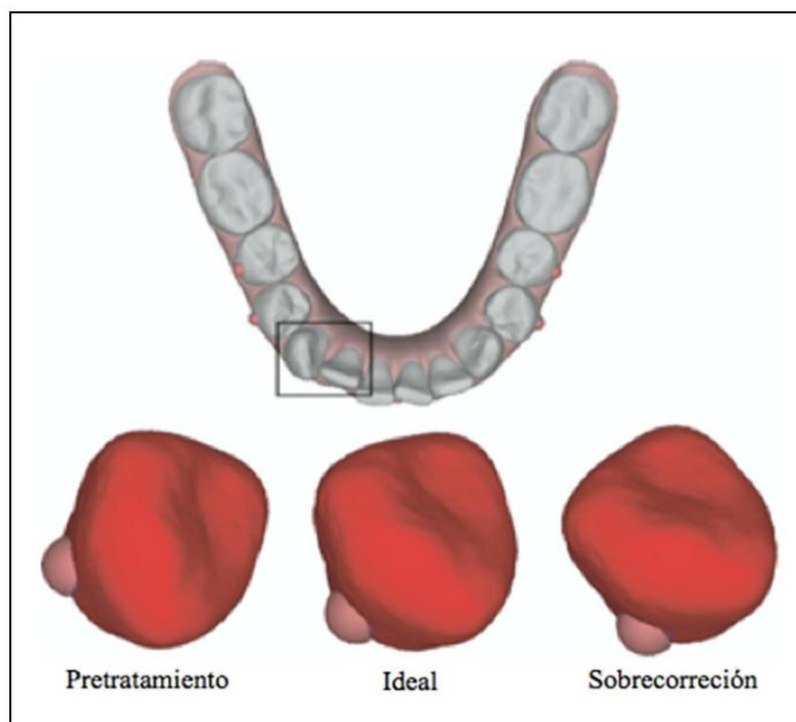
#### *1.8.4. Movimientos de rotación*

En el año 2001, Boyd<sup>16</sup> sugirió la colocación de *attachments* (bucales, linguales o una combinación de ambos) para la corrección de rotaciones de dientes redondos como los caninos o premolares, no siendo necesarios para la corrección de rotaciones de incisivos, además de aconsejar la utilización previa de aparatología multibrackets, para reducir los grados de rotación cuando la rotación era superior a los 45°.

Unos años más tarde, Nguyen y Cheng<sup>108</sup> verificaron que los dientes con mayor capacidad de rotación eran los incisivos (60%) frente a caninos y premolares (39%). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Kravitz y col.<sup>59</sup> ellos observaron que la mayor capacidad de rotación radica en el incisivo central maxilar (54,2%) y la menor capacidad en el canino inferior (29,1%), a su vez, la

---

rotación de caninos superiores e inferiores fue evaluada en función de si la rotación era mayor o menor a  $15^\circ$ , observando una disminución en la capacidad de rotación en los caninos maxilares cuando la rotación era superior a los  $15^\circ$ . Estos datos sugieren que el movimiento de rotación para dientes con coronas redondas, presentan una menor precisión, por lo que estos autores<sup>59</sup> recomiendan realizar una sobre corrección de la rotación tanto para caninos como para premolares además de añadir *attachment* (Figura 23) o elementos auxiliares, así la forma de la corona tendrá una mayor influencia que el tamaño de la misma en cuanto a precisión de movimientos con el sistema Invisalign®.



**Figura 23:** En los dientes redondos rotados puede ser necesaria la colocación *attachments* y realizar sobrecreció.

Modificado de Kravitz N<sup>59</sup>, 2009.

---

En un inicio, hasta la aparición de la función *Smart Force* con el *Optimized Rotation Attachment*, el *attachment* empleado por defecto para la rotación de dientes redondos era el *attachment* rectangular vertical, el problema que presentaba dicho *attachment* radicaba en el “salto” que se originaba con el cambio del alineador, quedando separado el nuevo alineador del diente y por lo tanto, del *attachment*. Este alejamiento del alineador es lo que daba lugar a la “pérdida” del *attachment* por el alineador y, a la no obtención del movimiento. Con el fin de disminuir este problema, se realizó una modificación en el *attachment* rectangular vertical, biselando el *attachment* en sentido contrario a la rotación<sup>2</sup>. Finalmente, con la creación de la función *Smart Force*, se introdujo el *Optimized Rotation Attachments* con el fin de obtener mejores resultados clínicos y hacer el movimiento más predecible. Inicialmente sólo estaba disponible para la rotación de los caninos, pero con la incorporación del G3 se amplió a los premolares y se realizó una modificación con la reducción de tamaño para aquellos caninos que a su vez estaban inclinados o apiñados y no permitían la colocación del *Optimized Rotation Attachments* convencional.

Autores como Frongia<sup>110</sup> sin embargo, han mostrado mediante un caso clínico resultados satisfactorios en la corrección de rotaciones de 45° de incisivos inferiores sin necesidad de aparatología fija e IPR, pero si con la necesidad de colocación *attachments* optimizados gracias a la incorporación de G3 y G4 con una media de 2° de corrección por alineador.

Son muchos los autores<sup>16,59</sup> que recomiendan la utilización de *attachments* para aumentar la predictibilidad del movimiento, sin embargo son pocos los que han analizado la influencia existente entre la predictibilidad del movimiento de rotación y la utilización de *attachments* y realización de IPR. Kravitz y col.<sup>102</sup> mostraron que el grupo con IPR presentó una mayor predictibilidad (43,1%),

---

seguido de aquellos a los que se les había colocado *attachments* (33,3%), y finalmente aquellos a los que no se les había realizado IPR, ni colocado *attachments* (30,8%). Sin embargo, dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas, aunque los caninos que recibieron IPR reportaron una desviación estándar menor. Hay que tener en cuenta que los *attachments* empleados en este estudio fueron los elipsoides con 0,75mm de grosor, no obstante, como comentamos anteriormente, a lo largo de la evolución del sistema se han incorporando los *Optimized Rotation Attachments* para mejorar la predictibilidad, por ello Simon y col.<sup>101</sup> realizaron un estudio para evaluar la predictibilidad del movimiento de rotación con los *attachment* optimizados, empleando una muestra de veinte pacientes dividida de manera equitativa en dos grupos. Diez de ellos tratados con *Optimized Rotation Attachments* y los diez restantes sin presencia de *attachments*, obteniendo una eficacia de  $37,5\pm 0,3\%$  en aquellos tratados con *attachments* y  $42,4\pm 0,3\%$  en aquellos en los que no se emplearon *attachments*, no encontrando diferencia significativa entre ambos grupos.

#### ***1.8.5. Movimiento antero-posterior***

Los movimientos mesiodistales con Invisalign® han despertado un continuo interés para todos los clínicos. A nivel anterior autores como Kravitz y col.<sup>59</sup> han observado en su estudio realizado en treinta y siete pacientes, que el movimiento mesio-distal más predecible se produjo en el incisivo lateral mandibular (48,6%), seguido del incisivo lateral maxilar (43,1%), canino superior (35,5%) e incisivo central maxilar (38,6%), el diente con menor fiabilidad de movimiento fue el canino inferior (26,9%). Estos datos sugieren que dientes con raíces más largas presentan mayor dificultad para conseguir un movimiento mesiodistal.



---

En cuanto a la corrección sagital de la maloclusión, son varios los autores que han sugerido el potencial limitado de dichos aparatos<sup>23,88,111</sup> en el año 2003 Clements y col.<sup>23</sup> observaron que de los 50 pacientes tratados con Invisalign® partían de una posición oclusal antero-posterior incorrecta, mejorando sólo en el 32% de los pacientes, mientras que un 32% no mostraba cambio y un 36% empeoraba respecto a la oclusión inicial. Otro aspecto antero-posterior a valorar es el resalte, del cual diez de los cincuenta pacientes partían de un resalte adecuado, produciéndose sólo en uno de ellos un empeoramiento, los cuarenta pacientes restantes partían con un resalte incorrecto, produciéndose una mejoría en veintiuno de los pacientes (52,5%) y un empeoramiento en siete de ellos (17,5%), estos pacientes no emplearon elementos auxiliares como elásticos intermaxilares ni fueron sometidos a refinamiento.

Más adelante Djeu y col.<sup>88</sup> compararon los resultados obtenidos según el índice ABO en cuarenta y ocho pacientes tratados con Invisalign®, frente a cuarenta y ocho pacientes tratados con aparatología multibrackets (Tip-edge), obteniendo valores de resalte ( $p<,0036$ ) y relación oclusal ( $p<,0149$ ) estadísticamente mejores en los pacientes tratados con aparatología multibrackets frente a los tratados con Invisalign®. Los pacientes tratados con Invisalign® no fueron sometidos a refinamiento ni utilización de elásticos.

Un estudio más reciente es el publicado por Kassas y col.<sup>111</sup> en el año 2013, en el que estudiaron la calidad de finalización según el sistema ABO en treinta y un pacientes tratados con Invisalign®. Estos autores observaron que tras finalizar el tratamiento el resalte mejoraba pero no de forma significativa ( $p>,05$ ), sin embargo, los valores que fueron obtenidos tras comparar la relación oclusal inicial y final fueron negativos. Hay que tener en cuenta que no se emplearon elásticos intermaxilares ni fueron sometidos a refinamiento.

---

La corrección anteroposterior de las maloclusiones de Clase II o III determinado por Invisalign® puede realizarse mediante distalamiento secuencial y/o empleo de elásticos<sup>57,112</sup>. A diferencia de la corrección con elásticos, el número de alineadores necesarios para la corrección anteroposterior con distalamiento es mucho mayor, además de requerir igualmente el empleo de elásticos para aumentar el anclaje posterior<sup>49</sup>. La corrección mediante elásticos en las maloclusiones de Clase II resulta de una combinación de movimiento distal de la arcada maxilar y/o de movimiento mesial de la arcada mandibular, esto se representa en el plan de tratamiento del *ClinCheck*® mediante una simulación elástica de Clase II (lo que también se conoce como salto de mordida) al final del plan de tratamiento. El efecto de los elásticos se simulará en un solo estadio al final del tratamiento, lo que permite verificar la coordinación y oclusión de ambas arcadas<sup>49</sup>. Distorrotar los primeros y segundos molares en caso de estar mesiorrotados, facilitará la corrección de clase, ya que se ha demostrado que un 85% de los pacientes con Clase II presentan rotación mesial en los primeros molares maxilares<sup>113</sup>, y su corrección no solo ayuda a crear una relación molar de Clase I sino que también crea espacio para una posterior distalización y corrección de Clase I del resto de la dentición bucal. La utilización de los elásticos se realizará desde el inicio del tratamiento hasta lograr la situación anteroposterior de Clase I deseada, que tendrá lugar durante el tiempo de tratamiento o mantenerse una vez finalizado<sup>49</sup>. Sin embargo, no existe ningún artículo científico que evalúe la predictibilidad de este salto de mordida.

El distalamiento secuencial establecido por Invisalign®, consiste en mover los molares, premolares y caninos hacia atrás uno a uno, de forma que cuando el segundo molar se encuentre a mitad de su recorrido, el primer molar inicia el distalamiento y así sucesivamente con el segundo y primer premolar y canino, finalizando con la retracción del frente anterior. De esta forma, se crea un anclaje recíproco, es decir, los molares empujan contra el resto de su arcada a

---

medida que se distalizan, siendo necesario la utilización de elásticos con disposición de Clase II o III (en función si el distalamiento es superior o inferior) desde la férula 8 hasta que los caninos se encuentren en Clase I, con el fin de reforzar el anclaje y evitar la protrusión de los dientes anteriores. Ya en los inicios de esta técnica se han encontrado distalamientos ligeramente mayores a 3mm con gran éxito<sup>16</sup>.

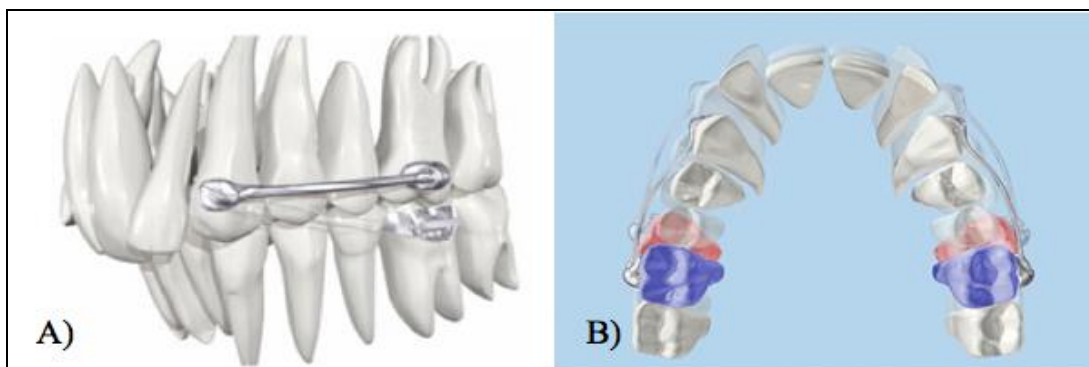
Daher<sup>50</sup> realizó un estudio retrospectivo en pacientes con maloclusión de Clase II tratados con distalización secuencial, en los que obtuvo resultados satisfactorios en corrección de clase de hasta 4mm. Los pacientes tratados en este estudio fueron catorce adultos con una media de edad de treinta y dos años, comprendidas entre veinticuatro y cincuenta y cuatro años, todos ellos con maloclusión de Clase II, siendo un 42,9% división 1 y un 57,1% división 2. En la mayoría de los pacientes esta Clase II fue bilateral (85,7%) y sólo un 21,4% presentaban Clase II completas frente a un 78,6% que eran incompletas. El protocolo de tratamiento seguido fue el descrito por Invisalign®, junto con elásticos de Clase II para incrementar el anclaje posterior, sin utilizarse ningún otro elemento auxiliar como aparato de Herbst o brackets, la distalización de los molares maxilares se realizó molar a molar con distalización secuencial, empleando elásticos de Clase II durante veintiuna horas al día, desde la etapa ocho hasta la distalización de los caninos a Clase I, en los casos en los que se presentaban terceros molares superiores, estos fueron extraídos, se expandió la arcada maxilar y se desrotaron los molares cuando fue necesario. El tiempo medio de tratamiento fue 19,3 meses, con una media de alineadores de treinta y tres superiores y veintitrés inferiores, solo un 1,3% requirió refinamiento con una media de once superiores y diez inferiores disminuyendo el intervalo de cambio de alineador a diez días por alineador.

---

A pesar del uso de elásticos de Clase II, el cambio en el plano mandibular (Go-Gn) fue mínimo, con una diferencia entre el inicio y el fin del tratamiento de  $-0,1 \pm 1,1$  mm respecto Sella-Nasion (SN) y  $-0,3 \pm 1,2$  respecto Frankfurt, y en el plano oclusal respecto a SN de  $0,0 \pm 0,4$ . En todos los pacientes se mostró una distalización cefalométrica, midiendo la distancia desde la cara distal del primer molar superior a la perpendicular pterigoidea (perpendicular al plano de Frankfurt), a nivel incisivo, se observó una proinclinación del incisivo inferior respecto al plano mandibular (IMPA) de  $0,6 \pm 5,8^\circ$  debido al uso de los elásticos, además de una reducción de la sobremordida de  $-0,6 \pm 1,5$  mm. En los pacientes con Clase II div 1, el resalte se redujo  $-1,9 \pm 3,1$  mm, mientras que en los pacientes con Clase II div 2, el resalte aumentó  $0,3 \pm 1,2$  mm. En la maloclusión de Clase II división 1 y 2, el ángulo interincisivo sufrió un cambio favorable finalizando con una media de  $132,1^\circ$  y  $129,1^\circ$  respectivamente.

Más recientemente, Simon y col.<sup>101</sup> han evaluado la predictibilidad del movimiento de distalización, además del movimiento de rotación y torque. El estudio se realizó a boca partida dividiendo la muestra en un grupo tratado con distalización y presencia *attachment* biselado horizontal, mientras que en el otro grupo no se emplearon *attachment*. En los resultados se observaron que el movimiento de distalización fue el movimiento más predecible frente a la desrotación y el torque, con una tasa de  $87 \pm 0,2\%$ , no existiendo diferencia entre los pacientes con y sin presencia de *attachment*.

Otra alternativa de corrección antero-posterior, es el empleo de elementos auxiliares combinados con la aparatología Invisalign®, como es el sistema Carriere® Distalizer™ (Figura 24). Autores como Schupp y col.<sup>56</sup>, han observado mediante dos casos clínicos, que el tiempo empleado para la corrección de Clase II mediante distalamiento secuencial es nueve meses mayor a la corrección mediante Distalizer™<sup>56</sup>.



**Figura 24:** Distalizer™ de Carriere® A) Distalizer™ con barra lingual y disposición de elástico de Clase II B) Distalizer™ desde una visión oclusal. Movimiento de todos los dientes posteriores desde el canino o premolar hasta el molar, de forma independiente. Modificado de Invisalign.es<sup>50</sup>.

Otro dispositivo distalador es el BeneSlider<sup>114</sup> (Figura 25) que se puede ser empleado junto con el sistema Invisalign® sin necesidad de cooperación del paciente. Este dispositivo emplea mini-implantes en la parte anterior del paladar como anclaje único para la distalización de los molares. Autores como Wilmes y col.<sup>115</sup> han obtenido el distalamiento molar deseado tras 6-10 meses, con una media de movimiento distal de  $4,6 \pm 1,5$ mm, rotación mesial de  $3,4 \pm 2,0^\circ$ , expansión de  $1,0 \pm 1,0$ mm y un *tipping* distal de  $1,9 \pm 1,3^\circ$ .



**Figura 25:** Aparato distalador BeneSlider. A) Aparato distalador BeneSlider inactivo. B) BeneSlider activado C) Dimensiones recomendadas para los mini implantes: 2 x 11mm (anterior) y 2 x 9mm (posterior). Modificado de Wilmes B<sup>114</sup>, 2012.

Celenza<sup>116</sup>, propone la utilización de minitornillos en el proceso dentoalveolar de la zona molar tanto en vestibular como en palatino (Figura 26) junto con elásticos intramaxilares o *coil spring* con la técnica Invisalign®, como método para asegurar el anclaje posterior o aumentar la predictibilidad del distalamiento.



**Figura 26:** Anclaje óseo en zona del proceso dentoalveolar posterior superior para movimientos anteroposteriores. A) Minitornillo en la parte posterior del paladar con Power Arm cementado en la cara palatina del primer bicúspide y coil cerrado como unión de ambos elementos. B) Minitornillo en la parte posterior del maxilar por vestibular con corte de precisión en vestibular del canino y elástico intermaxilar como unión de ambos elementos. Tomado de Celenza F<sup>116</sup>, 2012.

Otra alternativa es el avance mandibular mediante aparatología funcional en adolescentes<sup>117</sup>, minimizando el efecto dentoalveolar de los elásticos y finalizando el tratamiento con la aparatología Invisalign® con un tiempo reducido. Entre sus efectos indeseables cabe destacar la mordida abierta posterior que se produce por intrusión molar inferior, además de la retroinclinación de los incisivos superior.

Al igual que en las Clases II, las maloclusiones de Clase III de origen dentario pueden corregirse mediante el uso único de elásticos en disposición de Clase III, con el fin de conseguir un movimiento mesial de la arcada maxilar y distal de la arcada mandibular, siendo predecible en Clases III leves, menores de 2mm. El tiempo necesario para la corrección de Clase III es independiente del número de alineadores necesarios para alinear los dientes, ya que se debe tener en cuenta el tiempo preciso para la corrección anteroposterior, o mediante distalamiento secuencial de la arcada inferior junto con el uso de elásticos, para el reforzamiento del anclaje.

Son pocos los estudios publicados sobre la corrección anteroposterior de Clase

---

III, siendo todos casos clínicos<sup>29,31,107</sup>. Uno de ellos, es el publicado por Lin y col.<sup>107</sup> en el cual trataron la maloclusión de Clase III mediante distalamiento inferior con la ayuda de minitornillos (2 x 13mm) implantados en la zona retromolar con la previa extracción de los terceros molares (Figura 27). Emplearon elásticos intra-maxilares desde los minitornillos hasta unos cortes de precisión localizados en la cara bucal de los primeros molares inferiores, pasado cuatro meses, se trasladó a los segundos premolares inferiores para aumentar la fuerza de retracción además de solicitar *attachments* rectangulares en los premolares y caninos inferiores. En la arcada superior se requirieron veinte alineadores frente a los treinta y uno de la arcada inferior, con un refinamiento de veinte alineadores y un tiempo total de veinticuatro meses de tratamiento, consiguiendo una Clase I canina y molar. La superposición cefalométrica confirmó una retroinclinación del incisivo inferior de 15°, ligera retroinclinación del incisivo superior de 5,5°, retracción en masa de la dentición mandibular sin aumentar la altura respecto al cuerpo mandibular y sin un aumento del plano mandibular.



**Figura 27:** *Elástico intramaxilar desde minitornillo en zona retromolar y recorte de precisión en segundo premolar. Tomado de Lin JC<sup>107</sup>, 2014.*

---

Otros dos artículos publicados sobre la corrección de la maloclusión de Clase III, son los de Boyd<sup>29</sup> y Mazcuzzi y col.<sup>31</sup> ambos dirigidos a la corrección mediante cirugía. La técnica de preparación quirúrgica ha ido mejorando con el paso del tiempo, requiriendo en sus inicios de aparatología fija en ambas arcadas para el procedimiento de la cirugía<sup>29</sup>, Mazcuzzi y col.<sup>31</sup> sin embargo, nos propone mediante un caso clínico, el empleo de botones para la fijación rígida, logrando resultados satisfactorios pre-quirúrgicos con tan sólo once alineadores en la arcada superior y nueve en la arcada inferior.

#### *1.8.6. Movimiento de expansión/constricción*

Clements y col.<sup>23</sup> observaron que de los cincuenta pacientes tratados con Invisalign®, veintiséis de ellos partían de una situación transversal ideal, no mostrando cambios en ninguno de ellos. Los veinticuatro pacientes restantes partían con una situación transversal incorrecta, mejorando en un 79%, un 17% no mostró cambio y sólo un 4% empeoró respecto a la situación inicial.

Kravitz y col.<sup>59</sup>, tras analizar la predictibilidad de los movimientos de la zona anterior en treinta y siete pacientes, concluyeron que la constricción lingual es el movimiento con mayor exactitud (47,1%), siendo el diente más predecible el canino inferior (59,3%), seguido del incisivo lateral (54,8%) y el menos predecible el canino superior (34,7%). La expansión sin embargo, tuvo una menor predictibilidad (40,7%) siendo más predecible el incisivo lateral mandibular (50,8%) y menos predecible el incisivo central mandibular (27,4%).

Con el objetivo de evaluar los cambios en la dimensión transversal y el perímetro de arcada maxilar producido por los brackets de baja fricción de



---

autoligado (Time3®,) y los alineadores de Invisalign®, Pavoni y col.<sup>118</sup>, estudiaron los cambios transversales en una muestra total de cuarenta pacientes dividida de forma equitativa entre ambos grupos, todos los pacientes presentaban maloclusión de Clase I con apiñamiento leve, dentición permanente sin anomalías craneofaciales, ausencia de agenesias y sin tratamiento de ortodoncia previo. Las mediciones se realizaron sobre los modelos iniciales y finales, analizando la anchura intercanina a nivel de la cara lingual y de la cúspide, anchura de primer, segundo premolar y primer molar desde la cara lingual y fosa, además de la profundidad de arcada y el perímetro de arcada.

En el grupo tratado con brackets de baja fricción, se observó un aumento de la anchura intercanina cuspídea de 3,15mm, así mismo un incremento de la anchura del primer premolar a nivel lingual y de la fosa, con un aumento de 3,40mm y 2,45mm respectivamente, similar a la anchura obtenida en los segundos premolares (lingual y fosa), 2,50mm y 2,15mm respectivamente, mientras que en el grupo tratado con Invisalign®, mostró un aumento significativo en la anchura entre el segundo premolar y primer molar a nivel de la fosa con 0,45mm y 0,50mm respectivamente. Se observaron diferencias estadísticamente mayores en el grupo tratado con aparatología multibrackets de baja fricción frente al tratado con Invisalign® en la anchura intercanina a nivel de la cúspide ( $p<,000$ ), anchura de primer premolar tanto lingual como fosa ( $p<,000$  y  $p<,000$  respectivamente), anchura de segundo premolar desde lingual y fosa ( $p<,001$  y  $p<,000$  respectivamente) y profundidad de arcada ( $p<,034$ ). El tiempo medio de tratamiento fue similar para ambos grupos,  $18\pm 3$  meses en el grupo tratado con aparatología multibrackets de baja fricción frente a los  $18\pm 2$  meses tratados con Invisalign®.

---

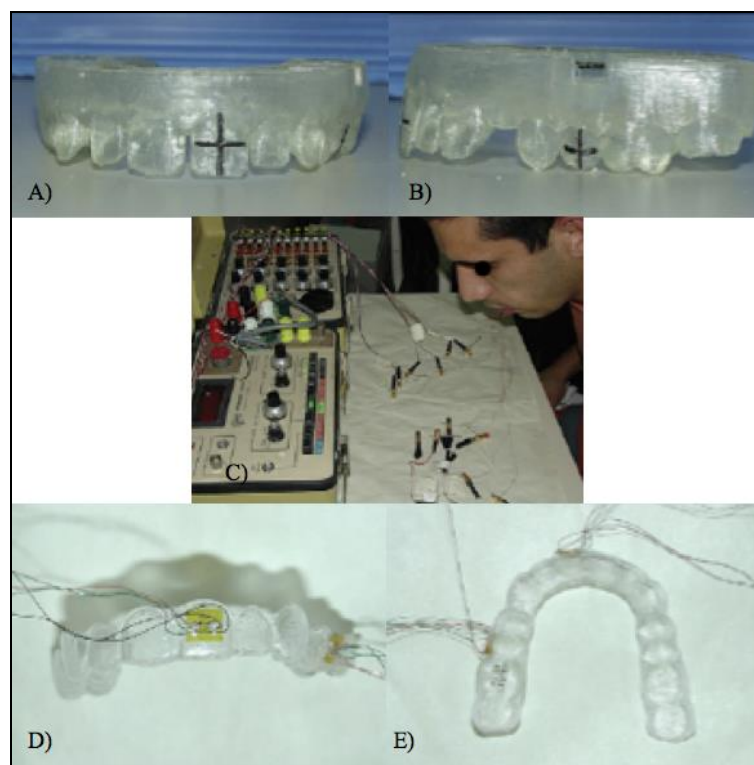
### 1.9. Consideraciones biomecánicas: Fuerza aplicada, dolor y movimiento dentario

Originariamente, el grosor 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<sup>44</sup>, la dureza de dicho material fue estudiada por Bollen y col.<sup>22-24</sup> junto con la compañía Align Technology, Inc. mediante varios ensayos clínicos aleatorizados, no encontrando diferencias estadísticamente significativas en ninguno de sus estudios.

Barbagallo y col.<sup>119</sup>, realizaron un estudio *in vivo* con el fin de investigar la fuerza transmitida por los alineadores termoplásticos del sistema ClearSmile® (Clear Smile appliance, Woollongong, Australia) empleando capas transmisoras Pressurex® (Fuji Photo Film Co, Ltd, Tokyo, Japan). Estas capas fueron colocadas bajo los alineadores, con objeto de detectar y grabar las fuerzas recibidas, las mediciones se realizaron el primer día y tras dos semanas de llevar el alineador, observando una alta fuerza inicial y una fuerza final baja después de las dos semanas, concluyendo que la curva de fuerza no es lineal, sino más bien, exponencial.

Estos resultados concuerdan con los hallados por Vardimon AD y col.<sup>120</sup>, los cuales diseñaron un nuevo modelo para medir *in vivo* las fuerzas generadas a nivel de los incisivos centrales durante la retracción del frente anterior (Figura 28A) y en los dientes de anclaje posterior (Figura 27B). Para ello seleccionaron tres pacientes tratados con Invisalign® con retracción del frente anterior sin movimiento en los dientes posteriores, examinaron 61 alineadores, se

realizaron dos series idénticas de alineadores, la serie 1 fue empleada por el paciente con un periodo de cambio de alineadores de dos semanas y la serie 2 se empleó para las mediciones *in vivo* de von Mises (Figura 28C) llevadas por el paciente sólo durante la medición de las fuerzas, a esta última serie se le incorporaron unos medidores de presión, uno de cementado en la cara bucal del alineador del incisivo central (unidad activa) (Figura 28D) y otro en la cara bucal del primer o segundo premolar (unidad pasiva de anclaje) (Figura 28E). Estas mediciones se llevaron a cabo en los días uno, dos, nueve y quince de cada alineador.



**Figura 28:** Medidor de fuerza diseñado por los autores. A) Modelo estereolitográfico para medir *in vivo* las fuerzas recibidas por los incisivos centrales durante la retracción del frente anterior. B) Modelo estereolitográfico para medir *in vivo* las fuerzas recibidas en los dientes de anclaje posterior durante la retracción del frente anterior. C) Von Mises. D) Alineador con medidor de presión en la cara bucal del incisivo central. E) Alineador con medidor de presión en la cara bucal de primer o segundo premolar. Modificado de Vardimon AD<sup>120</sup>, 2008.

---

En los pacientes 1 y 2, se encontró una alteración entre el tiempo y localización ( $p<,005$ ,  $p<,006$  respectivamente), indicando que el tiempo tuvo una influencia diversa en función del sitio de medición de la fuerza, observando que el mayor pico de fuerza en los incisivos tuvo lugar en el primer día (23%, 43% respectivamente). En el paciente 1, el día uno presentó valores mayores frente al resto de los días, disminuyendo en el segundo día y manteniéndose constante desde el día dos hasta el día quince. Sin embargo, en el paciente 2, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los días uno y nueve ( $p=,062$ ) o día quince ( $p=,081$ ). En la zona de los premolares, en el paciente 1, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los quince días de empleo de cada alineador, mientras que en el paciente 2 se encontró una diferencia significativa entre el día uno y quince ( $p<,038$ ). Diferentes resultados se observaron en el paciente 3, ya que no se encontró una interacción entre el tiempo y localización ( $p=,299$ ), indicando que el tiempo tiene un efecto similar en ambas localizaciones. Sin embargo, al igual que en el paciente 1, se observó una diferencia estadísticamente significativa en la fuerza de los incisivos entre el día uno y el resto de los días ( $p=,001$ ), siendo el día uno mayor (29%) que en el resto de los días, disminuyendo en el segundo día y manteniéndose constante desde el día dos hasta el día quince. No se encontraron diferencias en la zona posterior entre los distintos días<sup>120</sup>.

Algunos de estos resultados, coinciden con estudios<sup>65</sup> realizados sobre la medición del dolor, los cuales han observado que a partir del día dos se produce una disminución del dolor, volviendo a los valores iniciales en el día cuatro, a diferencia de los pacientes tratados con aparatología fija que tras una semana los valores de medición del dolor seguían estando por encima del umbral de inicio.

---

Levrini y col.<sup>121</sup> realizaron un estudio piloto con el objetivo de observar los cambios en la concentración de sustancia P en los dientes que son sometidos a fuerzas ortodóncicas durante el tratamiento con Invisalign®. La sustancia P es un neuropéptido presente en el fluido crevicular, que tiene como función transmitir señales nociceptivas (dolor e inflamación), en particular, se puede observar un aumento de esta sustancia ante pacientes que padecen caries, pulpitis y granulomas y durante el movimiento dentario consecuente de un tratamiento de ortodoncia. En sus resultados comprueban que al realizar un movimiento de proinclinación, la concentración de la sustancia P era de 13,4 pg (SD±6,8), mientras que en el grupo control sólo hubo un 4,2 pg (SD±0,6) habiendo una diferencia significativa entre ambos grupos ( $p<,01$ ), mientras que en los estudios realizados en pacientes tratados con brackets<sup>122</sup>, esta concentración asciende a 0,40µL (SD±0,06) en los brackets convencionales y 0,39µL (SD± 0,07) en los de autoligado.

Unos años más tarde, Simon y col.<sup>123</sup>, elaboraron un estudio con el objetivo de cuantificar el sistema de fuerzas inicial que es liberado por alineador, medir el sistema de fuerzas generado por una serie de alineadores, e investigar la influencia de los auxiliares (*attachments, Power Ridges*) en la fuerza transmitida, 970 alineadores del sistema Invisalign® fueron analizados (sesenta serie de alineadores), los alineadores procedían de treinta pacientes consecutivos tratados entre 2011-2012, de los cuales se analizaron tres movimientos dentales (torque de los incisivos, desrotación de premolares y distalización molar) con veinte movimientos por alineador. Los tres grupos de movimientos fueron subdivididos en dos, de manera que 10 movimientos fueron reforzados con *attachments* y los diez restantes no. El *ClinCheck*® de los pacientes fue planeado para que los movimientos estudiados se realizaran de manera aislada en el respectivo cuadrante, se tomaron réplicas de resina de la situación intraoral de los pacientes antes del inicio del movimiento estudiado y fueron

---

montados en un sistema de medición biomecánica. Al analizar los resultados observaron que el momento inicial era aproximadamente 7,3 N mm en el movimiento de torque de los incisivos maxilares y aproximadamente 1,0 N para la distalización. La diferencia significativa significativa se observó en el movimiento de desrotación de premolares, siendo de 8,8 N mm en el grupo apoyado con *attachment* y de 1,2 N mm en el grupo sin *attachment*. Todas las mediciones mostraron un cambio de fuerza exponencial.

Todos estos estudios han sido realizados con el material Ex30, debido a que hasta el año 2013 no se introdujo el material *SmartTrack*, con el objetivo de eliminar la pérdida de fuerza que se producía con el paso de los días, ejerciendo presión sólo durante los primeros días. Este material presenta mayor elasticidad, lo cual permite una mejor adaptación a la morfología de los dientes, otorgando un mayor control en el movimiento dental. Sin embargo, sólo existe un estudio que evalué dichas propiedades, y este ha sido realizado por la compañía Align Technology, Inc., mostrando una mejoría estadísticamente significativa en el control de los movimientos dentales como la rotación y extrusión ( $p < ,001$ ), en comparación con los pacientes tratados con alineadores Invisalign® Ex30. Futuros estudios ajenos a la compañía se deben realizar para demostrar el comportamiento de dicho material y la predictibilidad de los movimientos, así como su comparativa con el material Ex30, por ello, hoy en día se desconocen muchos aspectos como la predictibilidad de la expansión que vamos a estudiar en nuestro trabajo.

---

# Hipótesis de Trabajo

2





---

Para alcanzar los objetivos planteados, desarrollaremos 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.

**H<sub>0</sub>**. La cuantificación de la expansión ortodóncica, en las distintas variables que la definen, en las reproducciones virtuales mediante *ClinCheck*<sup>®</sup> no difiere ( $p > 0.05$ ) respecto a la cuantificación final real medida en el modelo superior obtenido del paciente al finalizar el tratamiento. Por tanto, el *ClinCheck*<sup>®</sup> constituye una herramienta virtual con una predictibilidad clínica porcentual absoluta respecto al movimiento de expansión con alineadores.

**H<sub>E</sub>**. Existen diferencias ( $p < 0.05$ ) entre la cuantificación de la expansión ortodóncica, en las distintas variables que la definen, en las reproducciones virtuales mediante *ClinCheck*<sup>®</sup> respecto a la cuantificación final clínica real medida en el modelo superior obtenido del paciente al finalizar el tratamiento. El *ClinCheck*<sup>®</sup> constituye una herramienta virtual con una predictibilidad no absoluta y con un rango de predictibilidad a definir respecto al movimiento de expansión ortodóncica con alineadores.



---

# Objetivos





---

Basándonos en la hipótesis de trabajo planteada y para la ratificación de la misma, centramos los siguientes objetivos:

*Objetivos generales:*

Dar sustento bibliográfico actual a la evidencia científica existente en cuanto a la corrección transversal mediante el sistema de alineadores removibles (Invisalign®).

- Recapitular y analizar de modo crítico los efectos producidos por los distintos tipos de alineadores removibles, que han surgido a lo largo de la historia de la ortodoncia.
- Describir la predictibilidad de los distintos movimientos con el sistema de alineadores removibles (Invisalign®).
- Profundizar en la efectividad de la expansión con el sistema de alineadores removibles (Invisalign®).

*Objetivos específicos:*

- Validación del sistema de superposición de los modelos virtuales empleando como punto de referencias las rugas palatinas.
- Validación del sistema de cuantificación pre y post-tratamiento en el modelo virtual en relación a los movimientos expansivos en sus distintas variables.
- Determinación del grado de correlación del montaje virtual inicial simulado en el *ClinCheck*® inicial respecto al modelo digitalizado real inicial pre-tratamiento.

- 
- Determinación del grado de predictibilidad del montaje virtual final de recreación en el *ClinCheck*® final respecto al movimiento observado en el modelo real post-tratamiento inmediato.
  - Estimación estadística de las diferencias cuantificadas en relación a los cambios dentarios producidos por el sistema de alineadores removibles (*Invisalign*®), entre los modelos digitales pre y post-tratamiento (ModT1 y ModT2) en comparación con las simulaciones virtuales (*ClinCheck*®) pre y post-tratamiento (CkT1 y CkT2).
  - Estimación de la significación clínica y estadística de dichas diferencias potenciales o del grado de correlación en los movimientos de expansión en las distintas variables que lo definen.

---

# Material y Método







---

#### 4.1. Estrategia de búsqueda bibliográfica

Se realizó una búsqueda electrónica en la base de datos MEDLINE (Entrez PubMed, [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)) (desde de 2003 hasta diciembre de 2014) introduciendo los siguientes términos Mes: (“Invisalign” OR “invisible removable aligners” OR “Invisible aligners” OR “orthodontic removable clear aligner”) AND (“expansion” OR “palatal expansion technique” OR “tooth movement”). Se revisaron además las bases de datos EMBASE, SCOPUS y Cochrane Library.

Los siguientes criterios de inclusión fueron utilizados para seleccionar los artículos en relación al objetivo del estudio: que el lenguaje fuese inglés y español, estudios clínicos prospectivos y retrospectivos sin restricción inicial en el tamaño muestral. Adicionalmente, se incorporó y revisó literatura gris así como información obtenida a partir de casos clínicos y de la web corporativa: Invisalign **Ho**. La cuantificación de la expansión ortodóncica, en las distintas variables que la definen, en las reproducciones virtuales mediante *ClinCheck*<sup>®</sup> no difiere ( $p>0.05$ ) respecto a la cuantificación final real medida en el modelo superior obtenido del paciente al finalizar del tratamiento. Por tanto, el *ClinCheck*<sup>®</sup> constituye una herramienta virtual con una predictibilidad clínica porcentual absoluta respecto al movimiento de expansión con alineadores.

([www.invisalign.es/](http://www.invisalign.es/)). Se emplearon los siguientes criterios de exclusión: resúmenes, cartas y artículos que no seguían el objetivo de esta revisión.

#### 4.2. Diseño y muestra del estudio

Se realizó un estudio observacional analítico retrospectivo de casos y controles. Todos los procedimientos contemplaron el análisis de la muestra, fueron realizados previa aprobación por parte del Comité Ético de la Universidad de

---

Sevilla y cumplieron con las directrices marcadas por la Declaración de Helsinki para estudios realizados sobre sujetos humanos (2002 versión, [www.wma.net/e/policy/b3.htm](http://www.wma.net/e/policy/b3.htm)).

#### *4.2.1. Criterios de inclusión y exclusión de la muestra*

Sobre la muestra total inicial se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión fueron: 1) Pacientes tratados en la clínica dental privada en Ortodoncia en Stuttgart, Alemania desde Marzo de 2005 hasta el mes Noviembre del año 2013, de ambos sexos, en edades comprendidas entre los 16,5 a 73,7 años. 2) Pacientes con compresión de causa no esquelética superior a 0,24 mm. 3) Pacientes en dentición permanente con erupción de los segundos molares maxilares. 4) Pacientes sometidos a expansión durante el tratamiento exclusivamente con alineadores removibles (Invisalign®). 5) Pacientes con estudio radiográfico (telerradiografía y ortopantomografía) y presencia de modelos de inicio (T1) y fin de tratamiento (T2). 6) Modelos, tanto T1 como T2 con buena localización de la tercera ruga palatina de ambas hemiarquadas. 7) Todos aquellos modelos, tanto T1 como T2, sin presencia de *attachments* en los modelos reales digitalizados. 8) Pacientes con tratamiento mínimo de 10 alineadores removibles. 9) Pacientes con un cumplimiento de las normas estrictas de uso de los alineadores. 10) Pacientes tratados al menos en la arcada dentaria superior.

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) Todo aquel modelo que no tuviese una buena localización de la tercera ruga palatina por falta de precisión en ambas hemiarcadas. 6) Pacientes con falta de registros de modelos T1 y T2. 7) Pacientes con ausencia de alguna radiografía de diagnóstico ya fuese T1 o T2. 8) Pacientes con tratamiento de un número menor a 10 alineadores removibles. 9) Pacientes que no recibieron tratamiento en la arcada superior. 10) 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. 11) Pacientes en tratamiento farmacológico o con enfermedades sistémicas que alteren el normal metabolismo óseo y la tasa de movimiento dentario fisiológica. 12) Pacientes afectados de Síndromes que alteren la anatomía del maxilar superior o pacientes con fisura labial, palatina o mixta. 13) Pacientes con agenesias dentarias maxilares sin incluir los terceros molares.

#### *4.2.2. Tamaño de la muestra y grupos de selección*

Todos los pacientes seleccionados fueron obtenidos a partir de los tratamientos realizados en una clínica especializada en Ortodoncia en Stuttgart, Alemania desde Marzo de 2005 hasta el mes Noviembre del año 2013.

Inicialmente se invitó a participar en el estudio a 365 pacientes tratados con aparatología Invisalign, sobre los cuales se aplicaron criterios de exclusión e inclusión específicos descritos en relación a los objetivos del trabajo.

De este modo, de los 365 pacientes, 235 habían sido sometidos a expansión, de los cuales 116 pacientes cumplían todos los criterios de inclusión. Los 116 pacientes fueron divididos en cuatro grupos en función del grado de expansión.

---

>> Grupos: G1 (40 pacientes), G2 (45 pacientes), G3 (14 pacientes), G4 (10 pacientes). Siete pacientes no pudieron clasificarse dentro de este grupo al presentar ausencia de uno o ambos primeros molares superiores.

En cada uno de los grupos se realizaron las mediciones descritas a continuación.

1º. G1(n=40): Grupo sometido a expansión igual o menor de 1,99mm en la medición de anchura cuspídea intermolar.

2º. G2(n=45): Grupo sometido a expansión igual o menor de 3,99mm en la medición de anchura cuspídea intermolar.

3º. G3(n=14): Grupo sometido a expansión igual o menor de 5,99mm en la medición de anchura cuspídea intermolar.

4º. G4(n=10): Grupo sin mordida cruzada inicial y sometido a expansión igual o mayor de 6mm en la medición de anchura cuspídea intermolar.

#### *4.2.3. Selección de variables clínicas recopiladas*

La muestra se filtró según el tipo de maloclusión, presencia o no de mordida cruzada, corrección sagital mediante realización o no de extracciones, mesialización o distalización, compresión, expansión y su magnitud, empleo de aparatología auxiliar como elásticos cruzados u aparatología de expansión a dos bandas; excluyendo todos aquellos a los que no se les realizó movimiento de expansión.

---

### 4.3. Metodología de trabajo

Para la puesta en prueba y demostración de la hipótesis planteada, diseñamos un protocolo en dos fases. En una primera etapa, se procesaron y analizaron la superposición de los modelos digitales al inicio de tratamiento (ModT1) y fin de tratamiento (ModT2) sobre las rugas palatinas. En la segunda fase, se analizó el grado de predictibilidad del modelo virtual *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial (CkT1) y modelo virtual *ClinCheck*<sup>®</sup> final (CkT2) respecto a los modelos digitales inicio (ModT1) y fin de tratamiento (ModT2).

#### *4.3.1. Creación de los modelos digitales maxilares y creación de la simulación en ClinCheck<sup>®</sup>*

Para la obtención de los modelos digitales reales, se tomaron impresiones con alginato mejorado con aceite de silicona (Hydrogum, Zhermarck<sup>®</sup>) y estas fueron positivadas en escayola tipo IV Fuji Rock<sup>®</sup> al menos un mes antes de la colocación los alineadores, estos modelos se digitalizaron con el escáner dental DigiScan DSTM<sup>®</sup> (RSI GmbH Oberursel, Germany). Los modelos 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, estas imágenes fueron almacenadas (T1), y una vez finalizado el tratamiento con los alineadores, se volvió a realizar el mismo procedimiento (T2).

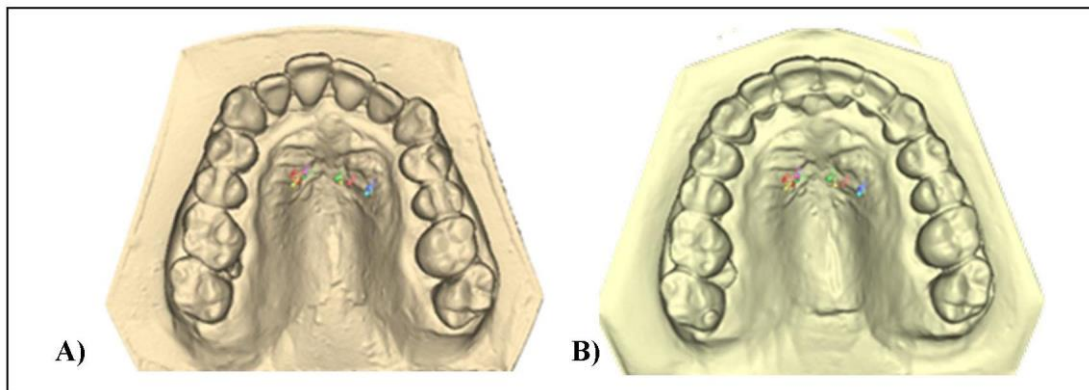
Para la creación de la simulación del *ClinCheck*<sup>®</sup> fue necesaria la toma de impresiones con silicona de polivinilsiloxano (VPS) al inicio del tratamiento mediante cubetas de plástico, las cuales fueron enviadas a la empresa Align Technology, Inc. para el posterior escaneado y creación del *ClinCheck*<sup>®</sup>. En

---

primer lugar, el técnico virtual de ortodoncia (VOT) realizó cortes sobre los modelos virtuales entre cada diente para moverlos de manera individual e introdujo el tejido gingival virtual a lo largo de la línea gingival de la corona clínica que sirve de margen en la fabricación de los alineadores. Las indicaciones fueron dadas por un único examinador con experiencia (B.S.), las cuales fueron seguidas durante el posicionamiento y alineación dentaria. Una vez conseguida la configuración final de cada uno de los modelos virtuales, los movimientos dentales fueron organizados para que no existieran interferencias oclusales o interproximales, estableciendo la velocidad de los movimientos según los criterios establecidos por la empresa, el número de etapas necesarias dependió de la cantidad y complejidad del movimiento. Los datos procesados fueron enviados al ortodoncista por el VOT de manera que pueda comprobar el tratamiento propuesto por Invisalign a través de la web y pueda realizar las correcciones oportunas<sup>32</sup>.

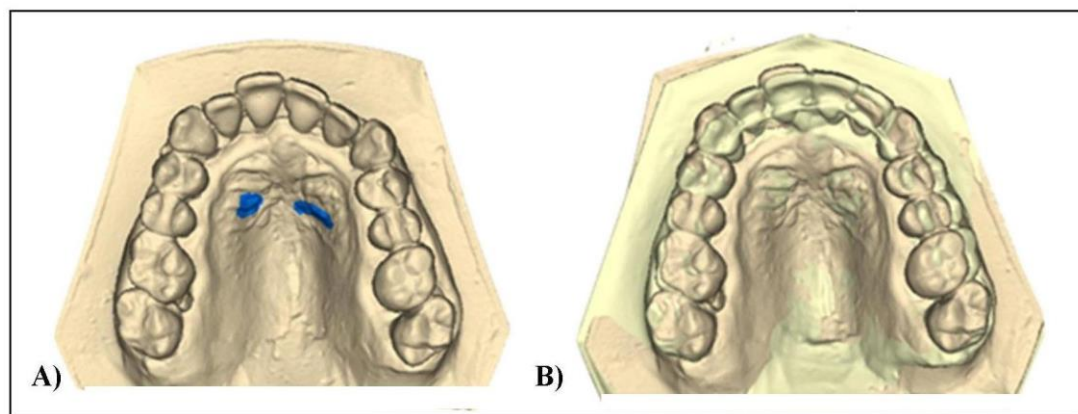
#### *4.3.2. Superposición de modelos digitales*

La zona de referencia empleada para la superposición de los modelos digitales fue la zona de las rugas palatinas. Para ello se localizó la tercera ruga palatina de cada hemi-arcada en sus dos tercios mediales en los modelos T1 y T2 mediante el software NemoCast® (Nemotec, Madrid, España), se excluyeron todos aquellos modelos que no tuvieron una buena localización de las rugas palatinas por falta de precisión, se definieron al menos 5 puntos de los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina de ambas hemi-arcadas en el modelo T1 (Figura 29A), y a continuación se localizaron los mismos puntos en el modelo T2 (Figura 29B) para una superposición pre-ajustada.



**Figura 29:** Pre-ajuste de superposición. A) Localización de los puntos en los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina en modelo T1. B) Localización de los puntos en los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina en modelo T2.

Finalmente, se definió el área de los dos tercios mediales de la tercera ruga de ambas hemi-arcadas en el modelo T1 y T2, para una superposición más exacta mediante un algoritmo (Figura 30).

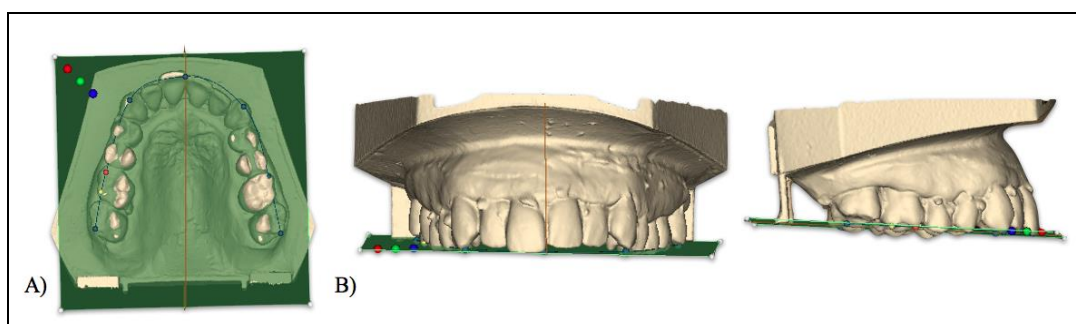


**Figura 30:** Ajuste de superposición. A) Localización del área de los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina. B) Superposición de modelo T1 y T2.

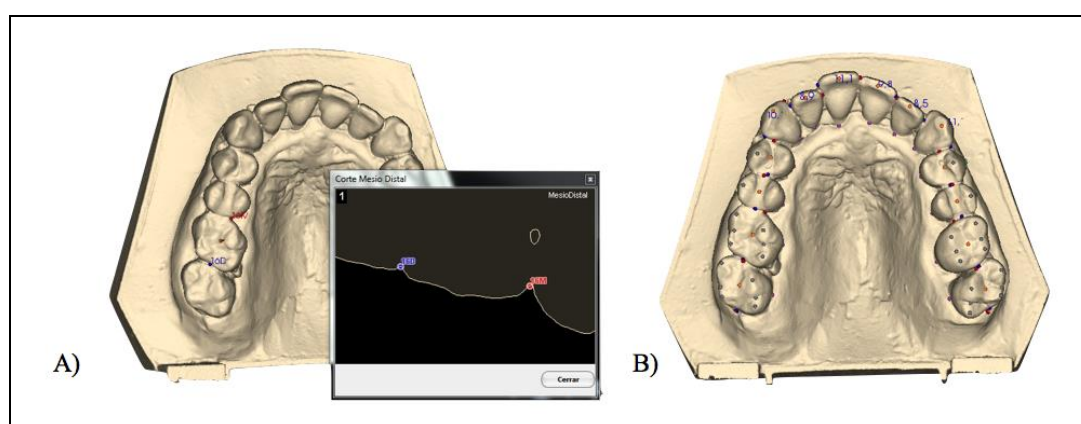
#### 4.3.3. Procesado y cuantificación sobre los modelos digitales

Los modelos maxilares digitales en T1 y T2 (ModT1, ModT2) fueron procesados con el software analítico NemoCast® (Nemotec, Madrid, España), para su posterior medición. En un primer lugar, cada modelo fue orientado en los tres

planos del espacio, localizando el rafe palatino (Figura 31A) y el plano oclusal (Figura 31B). A continuación se individualizaron cada uno de los dientes posicionando los puntos mesial, distal y centroide, además de limitar los márgenes gingivales vestibulares y palatinos (Figura 32A). Finalmente se posicionaron los puntos de las cúspides de los caninos, cúspide vestibular y lingual de primer y segundo premolar, y la cúspide mesio-vestibular, disto-vestibular, mesio-palatina y disto-palatina de los primeros molares superiores (Figura 32B).



**Figura 31:** Orientación del modelo en los tres plano del espacio. A) Localización del rafe palatino B) Posicionamiento del plano oclusal.



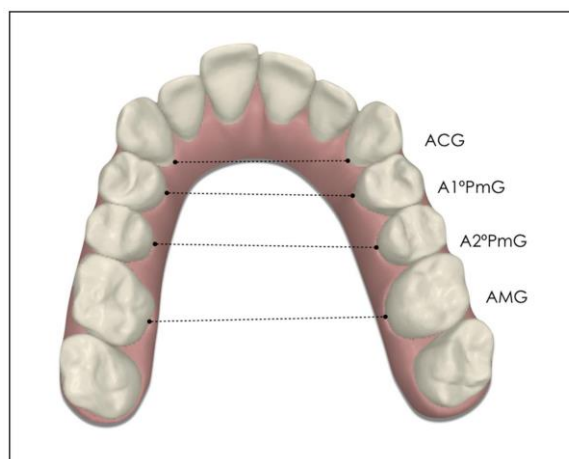
**Figura 32:** Localización de los puntos. A) Localización de los puntos mesial y distal B) Localización de los puntos gingivales vestibular y palatino, cúspide de caninos, cúspide bucal y palatina de primer y segundo premolar y cúspide mesio-vestibular, disto-vestibular, mesio-palatino y disto-palatino de primer molar superior.



---

Una vez bien delimitados, se procedió al ajuste de puntos para el posterior cálculo de las medidas o variables de interés en la cuantificación de la expansión. Las variables cuantitativas definidas para la valoración del grado de expansión realizado fueron las siguientes:

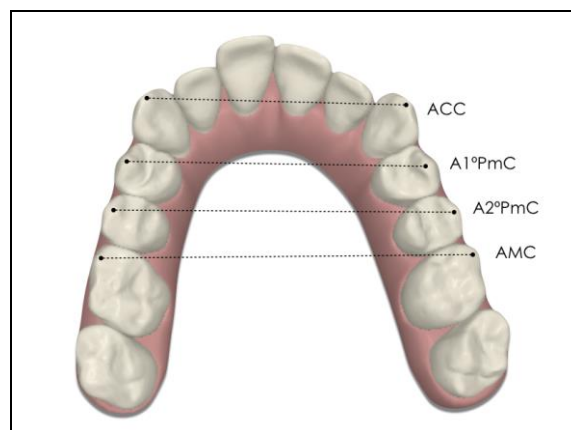
**Anchura canina gingival (ACG), primer premolar gingival (A1ºPmG), segundo premolar gingival (A2ºPmG) y molar gingival (AMG)**<sup>124</sup> (Figura 33): La medición se realizó desde el centro de la cara gingival del canino, primer premolar, segundo premolar y primer molar de una hemi-arcada a los mismos puntos de la hemi-arcada 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 33:** Anchura canina gingival (ACG), primer premolar gingival (A1ºPmG), segundo premolar gingival (A2ºPmG) y molar gingival (AMG).

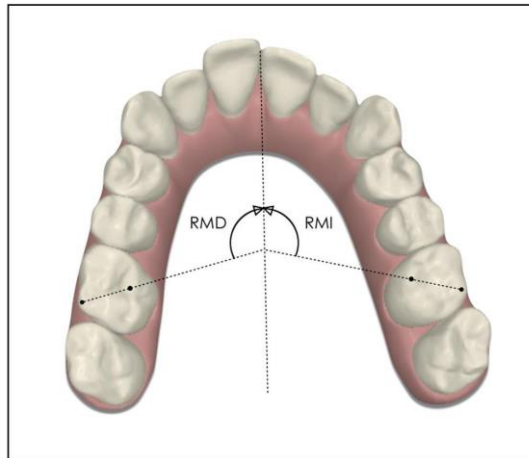
---

**Anchura canina cúspide (ACC), primer y segundo premolar cúspide y molar cúspide (AMC)**<sup>125</sup> (Figura 34): La medición se realizó desde la cúspide del canino, cúspide vestibular de primer y segundo premolar y cúspide mesio-vestibular del primer molar de una hemi-arcada a los mismos puntos de la hemi-arcada contralateral.



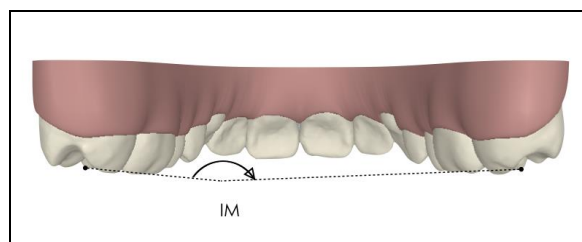
**Figura 34:** Anchura canina cúspide (ACC), primer premolar cúspide (A1°PmC), segundo premolar cúspide (A2°PmC) y molar cúspide (AMC).

**Rotación molar derecha (RMD) e izquierda (RMI)**<sup>126</sup> (Figura 35): La medición consistió en valorar el ángulo anterior formado por la línea que une la cúspide disto-vestibular y mesio-palatina del primer molar, al cortar dicha línea con el rafe palatino. Cada primer molar de cada hemi-arcada se midió de forma individual con el rafe palatino.



**Figura 35:** Rotación molar derecha (RMD), rotación molar izquierda (RMI).

**Inclinación molar (IM)**<sup>124</sup> (Figura 36): 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.

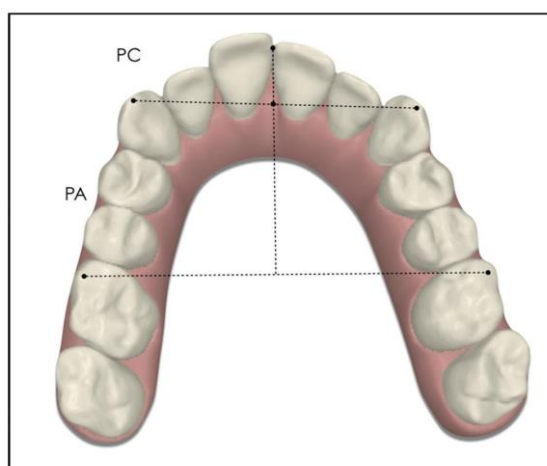


**Figura 36:** Inclinación molar (IM).

**Profundidad canina (PC)**<sup>127</sup> (Figura 37): 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)**<sup>127</sup> (Figura 37): 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 37:** Profundidad canina (PC), profundidad arcada (PA).

#### 4. 3.4. Procesado y cuantificación sobre los ClinChecks®

Para la medición de los ClinChecks® se empleó la aplicación Measure®, se trata de un calibre informático flotante que permite analizar dimensiones, proporciones y angulaciones sobre la imagen existente en la pantalla del ordenador, permitiendo medir con exactitud. Se llevó a cabo una calibración del ClinCheck®, mediante la medición mesio-distal del primer molar superior derecho o izquierdo en su ausencia.

Las mismas medidas descritas anteriormente en el análisis de los modelos digitales se realizaron en el ClinCheck® tanto en T1 como T2 (CkT1, CkT2).

---

#### 4.4. Análisis estadístico

##### 4.4.1 Cálculo del error intra-observador y de la precisión del método

Todas las mediciones fueron realizadas por una única examinadora (B.S.M.) en relación a la medición de los modelos digitalizados pre y post-tratamiento (ModT1, ModT2), asimismo, las cuantificaciones realizadas sobre las simulaciones virtuales en *ClinCheck*<sup>®</sup> (CkT1, CkT2) fueron ejecutadas por una única operadora (B.S.M.). Se llevó a cabo la calibración previa de las imágenes obtenidas mediante simulación y los modelos digitalizados. Del mismo modo, para cuantificar el error de medición intra e interobservador se realizaron mediciones dobles sobre los registros pre y postratamiento de 15 pacientes, seleccionados aleatoriamente y separados por un intervalo de 2 semanas. El error del método se calculó mediante la fórmula  $SE \frac{1}{4} p Pd2 = \delta 2nD$ , donde d es la diferencia entre las medidas dobles realizadas y n el número total de medidas emparejadas realizadas<sup>128</sup>. Este procedimiento se cuantificó para la medición sobre los modelos simulados virtualmente, los modelos digitalizados y para establecer las diferencias en la estimación de la entre ambos. Adicionalmente, se realizó el test *t de Student* para medidas pareadas estableciéndose el rango de  $p > ,05$  como valor no estadísticamente significativo y coherente con una estimación adecuada en cuanto al método de medición y el índice de correlación intraclase entre idénticas variables en cada uno de los modelos virtuales.

La descripción del muestreo se realizó a través de un análisis descriptivo univariante para la obtención de frecuencias y porcentajes en relación a la respuesta clínica obtenida en los modelos digitales iniciales y finales (ModT1 y ModT2) y las simulaciones virtuales (CkT1 y CkT2). El análisis estadístico comparativo para las distintas variables que definen la expansión se efectuó mediante el test de ANOVA para variables continuas y la U de Mann Whitney para variables mixtas cuanti-cualitativas. Estos análisis permitieron la comparativa entre los modelos digitales (ModT1, ModT2), los modelos virtuales

---

(CkT1 y CkT2) y la estimación de la predictibilidad clínica del movimiento de expansión con alineadores.

Se comprobó la distribución en relación a normalidad en la presente muestra haciendo un análisis mediante el test de *Kolmogorov-Smirnov* para la valoración de cada uno de las variables cuantificadas. Las muestras y variables en las que se observó cumplimiento de los criterios de normalidad, fueron contrastadas mediante el test t de *Student* para muestras pareadas, empleándose el test rango de *Wilcoxon* para muestras pareadas para las variables que no cumplieron criterio de normalidad.

Asimismo, se realizó el coeficiente de correlación r de *Spearman* para valorar potenciales asociaciones entre las variables clínicas y se llevó a cabo un análisis de regresión logística multivariante para cuantificar la influencia de los distintos factores clínicos como potenciales factores confundentes en la diferencias observadas, en relación a la expansión predecida o simulada y la expansión clínica finalmente obtenida en los modelos digitalizados post-tratamiento ortodóncico.

Para todas los contrastes estadísticos se estableció el nivel de significación estadística para un valor de  $p < ,05$  y un intervalo de confianza de un 95%. Para la elaboración del análisis estadístico se utilizó el programa informático SPSS 17.0 para Windows (SPSS, USA).

---

# Resultados

5





## 5.1. Test de normalidad

Para el análisis de la normalidad se realizaron los test de Kolmogorov-Smirnov y *Shapiro-Wilk* para las variables clínicas (Tabla 1, figura 38) y las medidas, observando una distribución normal en los modelos digitales en las mediciones realizadas en T1 (Figura 39, tabla 2) en las variables de anchura gingival de primer y segundo premolar ( $p=,124$ ,  $p=,169$  respectivamente) y primer molar ( $p=,399$ ), anchura cuspídea de caninos ( $p=,498$ ), primer y segundo premolar ( $p=,555$ ,  $p=,371$  respectivamente), y primer molar ( $p=,789$ ), además de la profundidad canina ( $p=,273$ ), profundidad de arcada ( $p=,477$ ) y rotación molar izquierda ( $p=,858$ ). Las variables de anchura canina gingival, rotación molar derecha e inclinación molar, mostraron incumplimiento de la hipótesis de normalidad,  $p=,020$ ,  $p=,047$ ,  $p=,015$  respectivamente.

**Tabla 1:** Test de normalidad de las variables de las distintas variables clínicas.

	Kolmogorov-Sminov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig (2-tailed)	Estadística	df	Sig (2-tailed)
<b>Paciente</b>	,101	42	,200*	,950	42	,062
<b>Maloclusión</b>	,424	42	,000	,595	42	,000
<b>Mordida cruzada derecha</b>	,530	42	,000	,335	42	,000
<b>Mordida cruzada izquierda</b>	,530	42	,000	,335	42	,000
<b>Sexo</b>	,242	42	,000	,595	42	,000
<b>Edad</b>	,064	42	,200*	,976	42	,537
<b>Refinamiento</b>	,234	42	,000	,821	42	,000
<b>Tiempo de tratamiento</b>	,141	42	,035	,893	42	,001

---

Al analizar la distribución de las variables en el *ClinCheck*® de T1 (Figura 40, Tabla 2), se observó una distribución normal en las mismas variables halladas en el modelo T1. anchura gingival de primer y segundo premolar ( $p=,083$ ,  $p=,075$  respectivamente) y primer molar ( $p=,532$ ), anchura cuspídea de caninos ( $p=,069$ ), primer y segundo premolar ( $p=,399$ ,  $p=,432$  respectivamente), y primer molar ( $p=,754$ ), además de la profundidad canina ( $p=,311$ ), profundidad de arcada ( $p=,209$ ) y rotación molar izquierda ( $p=,925$ ). Las variables de anchura canina gingival, rotación molar derecha e inclinación molar, mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=,004$ ,  $p=,029$ ,  $p=,031$  respectivamente).

**Tabla 2:** Test de normalidad de las variables de las mediciones de los modelos digitales y montajes virtuales pre-tratamiento.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig (2-tailed)	Estadística	df	Sig (2-tailed)
<b>CGWM odT1</b>	,111	42	,200*	,936	42	,020
<b>1°PmGWM odT1</b>	,120	42	,141	,958	42	,124
<b>2°PmGWM odT1</b>	,101	42	,200*	,962	42	,169
<b>M GWM odT1</b>	,090	42	,200*	,973	42	,399
<b>1°PmCWM odT1</b>	,109	42	,200*	,977	42	,555
<b>2°PmCWM odT1</b>	,120	42	,137	,972	42	,371
<b>CCWM odT1</b>	,078	42	,200*	,976	42	,498
<b>M CWM odT1</b>	,085	42	,200*	,983	42	,789
<b>LMRM odT1</b>	,083	42	,200*	,985	42	,858
<b>RMRM odT1</b>	,102	42	,200*	,946	42	,047
<b>CDM odT1</b>	,125	42	,099	,968	42	,273
<b>ADM odT1</b>	,093	42	,200*	,975	42	,477
<b>MIM odT1</b>	,144	42	,029	,932	42	,015
<b>CGWckT1</b>	,134	42	,056	,916	42	,004
<b>1°PmGWckT1</b>	,142	42	,032	,953	42	,083
<b>2°PmGWckT1</b>	,123	42	,116	,952	42	,075
<b>M GWckT1</b>	,069	42	,200*	,977	42	,532
<b>1°PmCWckT1</b>	,096	42	,200*	,973	42	399
<b>2°PmCWckT1</b>	,110	42	,200*	,974	42	,432
<b>CCWckT1</b>	,074	42	,200*	,951	42	,069
<b>M CWckT1</b>	,079	42	,200*	,982	42	,754
<b>LMRckT1</b>	,052	42	,200*	,988	42	,925
<b>RMRckT1</b>	,144	42	,028	,940	42	,029
<b>CDckT1</b>	,115	42	,187	,969	42	,311
<b>ADckT1</b>	,104	42	,200*	,964	42	,209
<b>MICKT1</b>	,162	42	,008	,941	42	,031

**ACGModT1:** Anchura canina gingival modelo inicio; **A1°PmGModT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio; **A2°PmGModT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio; **AMGModT1:** Anchura molar gingival modelo inicio; **A1°PmCModT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio; **A2°PmCModT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio; **ACCModT1:** Anchura canina cuspea modelo inicio; **AMCModT1:** Anchura molar cuspea modelo inicio; **RMIModT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio; **RMDModT1:** Rotación molar derecha modelo inicio; **PCModT1:** Profundidad canina modelo inicio; **PAModT1:** Profundidad de arcada modelo inicio; **IMModT1:** Inclinación molar modelo inicio; **ACGckT1:** Anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGckT1:** Anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGckT1:** Anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGckT1:** Anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCckT1:** Anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCckT1:** Anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCckT1:** Anchura canina cuspea ClinCheck® inicio; **AMCckT1:** Anchura molar cuspea ClinCheck® inicio; **RMICKT1:** Rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDckT1:** Rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCckT1:** Profundidad canina ClinCheck® inicio; **PACkT1:** Profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMckT1:** Inclinación molar ClinCheck® inicio.

---

En relación a los modelos digitales realizados en T2, tal como se resumen en la figura 41 y tabla 3, se encontró una distribución normal en la anchura gingival de caninos ( $p=,461$ ), primer y segundo premolar ( $p=,281$ ,  $p=,185$  respectivamente), y primer molar ( $p=,214$ ), anchura cuspídea canina ( $p=,499$ ) y molar ( $p=,536$ ), rotación molar izquierda ( $p=,974$ ), además de la profundidad canina ( $p=,800$ ) y profundidad de arcada ( $p=,942$ ). Observándose alteraciones sobre la distribución de normalidad en las variables de anchura cuspídea de primer y segundo premolar ( $p=,020$ ,  $p=,043$  respectivamente), rotación molar derecha ( $p<,000$ ) e inclinación molar ( $p=,030$ ).

Finalmente, cuando se analizaron las variables de las reproducciones virtuales de los *ClinCheck*® medidos en T2, tal y como se ilustra en la figura 42 y tabla 3, las medidas de anchura gingival de caninos ( $p=,888$ ), primer y segundo premolar ( $p=,096$ ,  $p=,198$  respectivamente), y primer molar ( $p=,214$ ), anchura cuspídea canina ( $p=,817$ ), segundo premolar ( $p=,165$ ) y molar ( $p=,256$ ), rotación molar derecha e izquierda ( $p=,131$ ,  $p=,963$  respectivamente), inclinación molar ( $p=,367$ ), además de la profundidad canina ( $p=,855$ ) y profundidad de arcada ( $p=,816$ ) mostraron una distribución normal, excepto la anchura cuspídea de los primeros premolares ( $p=,023$ ).

**Tabla 3:** Test de normalidad de las variables de las mediciones de los modelos digitales y montajes virtuales post-tratamiento.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig (2-tailed)	Estadística	df	Sig (2-tailed)
AGGM odT2	,100	42	,200*	,974	42	,461
A1°PmGM odT2	,104	42	,200*	,968	42	,281
A2°PmGM odT2	,116	42	,174	,963	42	,185
AMGM odT2	,069	42	,200*	,965	42	,214
A1°PmCM odT2	,134	42	,056	,935	42	,020
A2°PmCM odT2	,142	42	,033	,945	42	,043
ACCM odT2	,080	42	,200*	,976	42	,499
AMCM odT2	,096	42	,200*	,977	42	,536
RMIM odT2	,088	42	,200*	,990	42	,974
RMDM odT2	,408	42	,000	,258	42	,000
PCModT2	,081	42	,200*	,984	42	,800
PAM odT2	,063	42	,200*	,988	42	,942
IMModT2	,141	42	,035	,941	42	,030
ACGCKT2	,074	42	,200*	,986	42	,888
A1°PmGCKT2	,124	42	,105	,955	42	,096
A2°PmGCKT2	,100	42	,200*	,964	42	,196
AMGCKT2	,089	42	,200*	,949	42	,058
A1°PmCCKT2	,096	42	,200*	,937	42	,023
A2°PmCCKT2	,128	42	,082	,961	42	,165
ACCCKT2	,072	42	,200*	,984	42	,817
AMCCKT2	,083	42	,200*	,967	42	,256
RMICKT2	,080	42	,200*	,990	42	,963
RMDCKT2	,084	42	,200*	,959	42	,131
PCCKT2	,081	42	,200*	,985	42	,855
PACKT2	,066	42	,200*	,984	42	,816
IMCKT2	,082	42	,200*	,971	42	,387

*ACGModT1-ACGCKT1:* Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; *A1°PmGModT1-A1°PmGCKT1:* Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; *A2°PmGModT1-A2°PmGCKT1:* Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; *AMGModT1-AMGCKT1:* Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; *A1°PmCModT1-A1°PmCCKT1:* Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; *A2°PmCModT1-A2°PmCCKT1:* Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; *ACCModT1-ACCCKT1:* Anchura canina cuspidéa modelo inicio versus anchura canina cuspidéa ClinCheck® inicio; *AMCModT1-AMCCKT1:* Anchura molar cuspidéa modelo inicio versus anchura molar cuspidéa ClinCheck® inicio; *RMIModT1-RMICKT1:* Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; *RMDModT1-RMDCKT1:* Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; *PCModT1-PCCKT1:* Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; *PAModT1-PACKT1:* Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; *IMModT1-IMCKT1:* Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar ClinCheck® inicio; *ACGModT2-ACGCKT2:* Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; *A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2:* Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; *A2°PmGModT2-A2°PmGCKT2:* Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; *AMGModT2-AMGCKT2:* Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; *A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2:* Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; *A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2:* Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; *ACCModT2-ACCCKT2:* Anchura canina cuspidéa modelo final; *AMCModT2:* Anchura molar cuspidéa modelo final; *RMIModT2:* Rotación molar izquierda modelo final; *RMDModT2:* Rotación molar derecha modelo final; *PCModT2:* Profundidad canina modelo final; *PAModT2:* Profundidad de arcada modelo final; *IMModT2:* Inclinación molar modelo final.

---

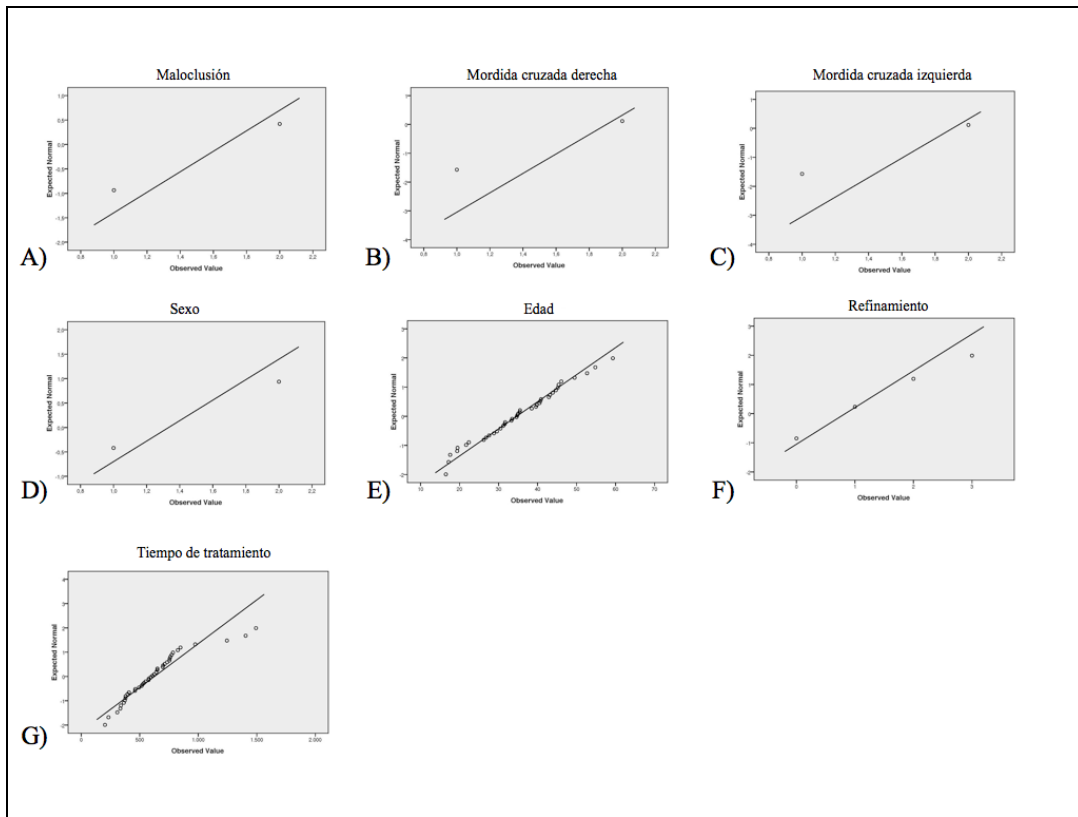
A su vez, se analizó si las variables cumplían una distribución normal cuando el modelo y el *ClinCheck*® eran comparados entre sí al inicio y final del tratamiento. Al comparar las variables de las mediciones en los modelos y *ClinCheck*® en T1 (Figura 43, tabla 4), se observaron diferencias significativas en la anchura molar gingival ( $p=,003$ ), anchura cusplídea del primer y segundo premolar ( $p=,002$ ,  $p<,000$  respectivamente), rotación molar derecha e izquierda ( $p=,001$ ,  $p=,001$  respectivamente), profundidad canina y de arcada ( $p=,005$ ,  $p=,029$  respectivamente) e inclinación molar ( $p<,000$ ).

No obstante, únicamente se observó incumplimiento de la distribución normal en las variables de anchura primer premolar gingival ( $p=,019$ ), anchura canina cusplídea ( $p=,006$ ) y rotación molar derecha ( $p<,000$ ) cuando el modelo y *ClinCheck*® en T2 (Figura 44) fueron comparados.

**Tabla 4:** Test de normalidad de las variables de las mediciones de los modelos digitales y montajes virtuales post-tratamiento.

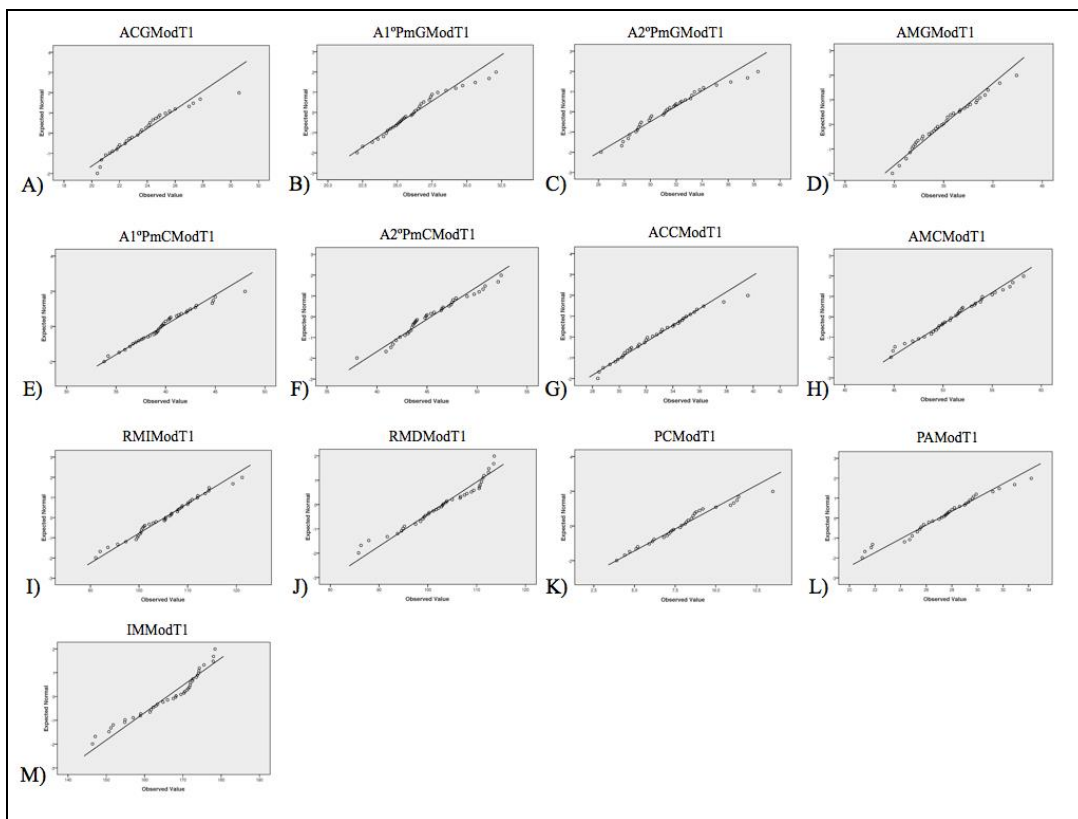
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadística	df	Sig (2-tailed)	Estadística	df	Sig (2-tailed)
<b>ACGM</b> odT1- <b>ACGCKT1</b>	,114	42	,194	,980	42	,670
<b>A1°PmGM</b> odT1- <b>A1°PmGCKT1</b>	,087	42	,200*	,980	42	,659
<b>A2°PmGM</b> odT1- <b>A2°PmGCKT1</b>	,083	42	,200*	,975	42	,481
<b>AMGM</b> odT1- <b>AMGCKT1</b>	,109	42	,200*	,910	42	,003
<b>A1°PmCM</b> odT1- <b>A1°PmCCKT1</b>	,139	42	,040	,914	42	,004
<b>A2°PmCM</b> odT1- <b>A2°PmCCKT1</b>	,136	42	,051	,904	42	,002
<b>ACCM</b> odT1- <b>ACCCCKT1</b>	,272	42	,000	,806	42	,000
<b>AMCM</b> odT1- <b>AMCCKT1</b>	,112	42	,200*	,971	42	,344
<b>RMIM</b> odT1- <b>RMICKT1</b>	,178	42	,002	,891	42	,001
<b>RMDM</b> odT1- <b>RMDCKT1</b>	,140	42	,038	,897	42	,001
<b>PCM</b> odT1- <b>PCCKT1</b>	,151	42	,017	,917	42	,005
<b>PAM</b> odT1- <b>PACKT1</b>	,132	42	,064	,940	42	,029
<b>IMM</b> odT1- <b>IMCKT1</b>	,220	42	,000	,818	42	,000
<b>ACGM</b> odT2- <b>ACGCKT2</b>	,108	42	,200*	,967	42	,271
<b>A1°PmGM</b> odT2- <b>A1°PmGCKT2</b>	,097	42	,200*	,935	42	,019
<b>A2°PmGM</b> odT2- <b>A2°PmGCKT2</b>	,120	42	,136	,957	42	,112
<b>AMGM</b> odT2- <b>AMGCKT2</b>	,110	42	,200*	,953	42	,085
<b>A1°PmCM</b> odT2- <b>A1°PmCCKT2</b>	,065	42	,200*	,981	42	,705
<b>A2°PmCM</b> odT2- <b>A2°PmCCKT2</b>	,132	42	,065	,963	42	,191
<b>ACCM</b> odT2- <b>ACCCCKT2</b>	,135	42	,053	,920	42	,006
<b>AMCM</b> odT2- <b>AMCCKT2</b>	,084	42	,200*	,971	42	,358
<b>RMIM</b> odT2- <b>RMICKT2</b>	,071	42	,200*	,976	42	,506
<b>RMDM</b> odT2- <b>RMDCKT2</b>	,464	42	,000	,197	42	,000
<b>PCM</b> odT2- <b>PCCKT2</b>	,092	42	,200*	,971	42	,369
<b>PAM</b> odT2- <b>PACKT2</b>	,184	42	,006	,950	42	,064
<b>IMM</b> odT2- <b>IMCKT2</b>	,098	42	,200*	,968	42	,292

**ACGModT1-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGModT1-AMGCKT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCModT1-ACCCCKT1:** Anchura canina cuspidéa modelo inicio versus anchura canina cuspidéa ClinCheck® inicio; **AMCModT1-AMCCKT1:** Anchura molar cuspidéa modelo inicio versus anchura molar cuspidéa ClinCheck® inicio; **RMIModT1-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDModT1-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCModT1-PCCKT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; **PAModT1-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMModT1-IMCKT1:** Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar ClinCheck® inicio; **ACGModT2-ACGCKT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; **A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; **A2°PmGModT2-A2°PmGCKT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; **AMGModT2-AMGCKT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; **A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; **A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; **ACCModT2-ACCCCKT2:** Anchura canina cuspidéa modelo final versus anchura canina cuspidéa ClinCheck® final; **AMCModT2-AMCCKT2:** Anchura molar cuspidéa modelo final versus anchura molar cuspidéa ClinCheck® final; **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® final; **RMDModT2-RMDCKT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® final; **PCModT2-PCCKT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® final; **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® final; **IMModT2-IMCKT2:** Inclinación molar modelo final versus inclinación molar ClinCheck® final.

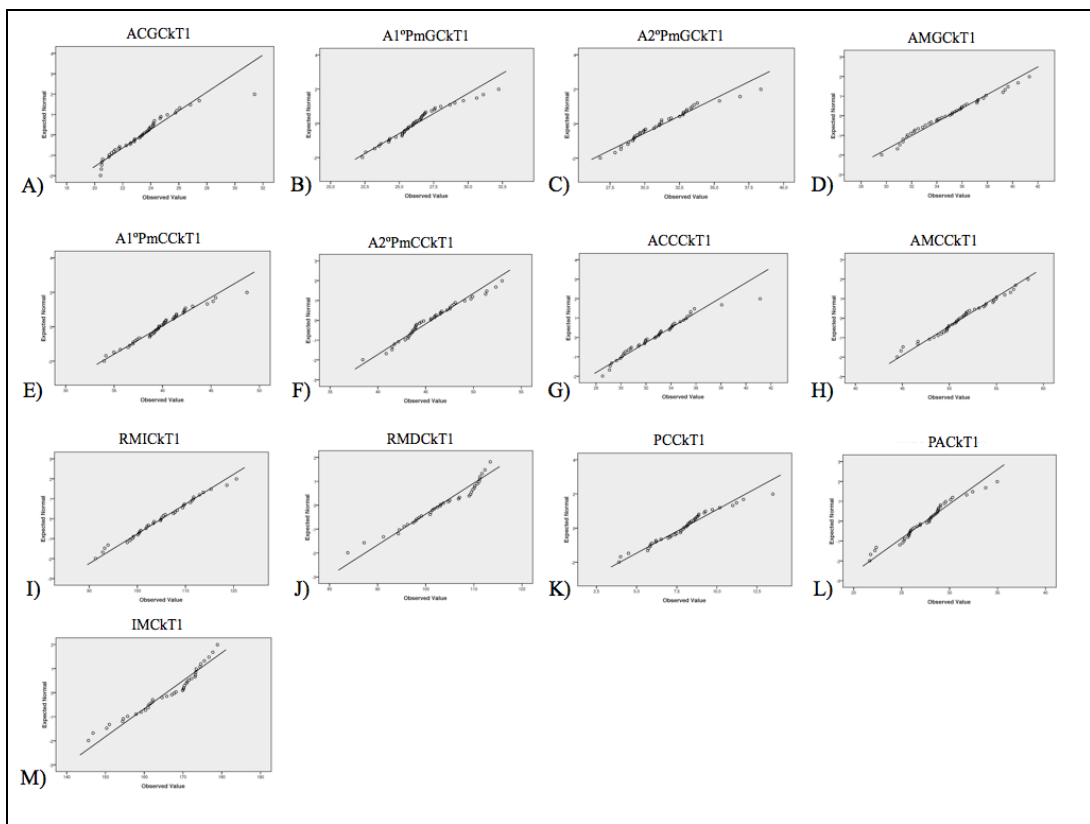


**Figura 38:** Gráfico Normal Q-Q Plot de variables clínicas. A) Maloclusión; B) Mordida cruzada derecha; C) Mordida cruzada izquierda; D) Sexo; E) Edad; F) Refinamiento; G) Tiempo de tratamiento.

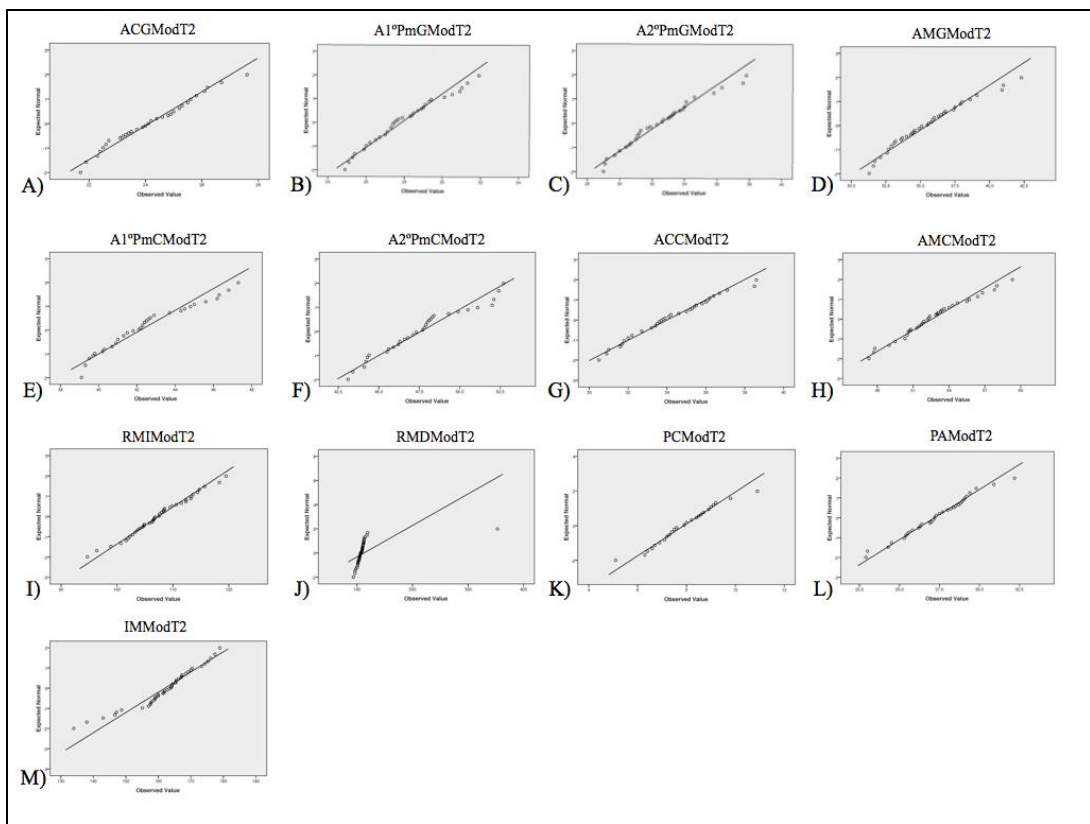




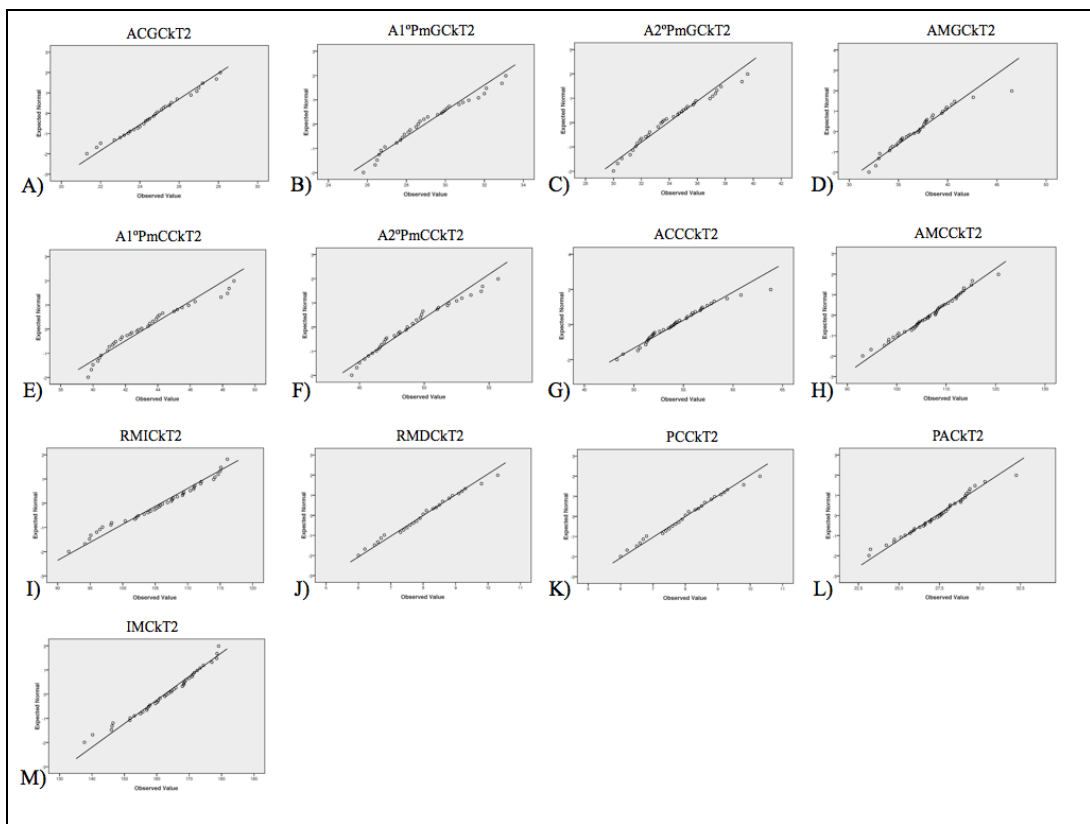
**Figura 39:** Gráfico Normal Q-Q Plot de las variables medidas en los modelos digitales pre-tratamiento. A) **ACGModT1:** Anchura canina gingival modelo inicio; B) **A1°PmGModT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio; C) **A2°PmGModT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio; D) **AMGModT1:** Anchura molar gingival modelo inicio; E) **A1°PmCModT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio; F) **A2°PmCModT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio; G) **ACCModT1:** Anchura canina cuspidéa modelo inicio; H) **AMCModT1:** Anchura molar cuspidéa modelo inicio; I) **RMIModT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio; J) **RMDModT1:** Rotación molar derecha modelo inicio; K) **PCModT1:** Profundidad canina modelo inicio; L) **PAModT1:** Profundidad de arcada modelo inicio; M) **IMModT1:** Inclinación molar modelo inicio.



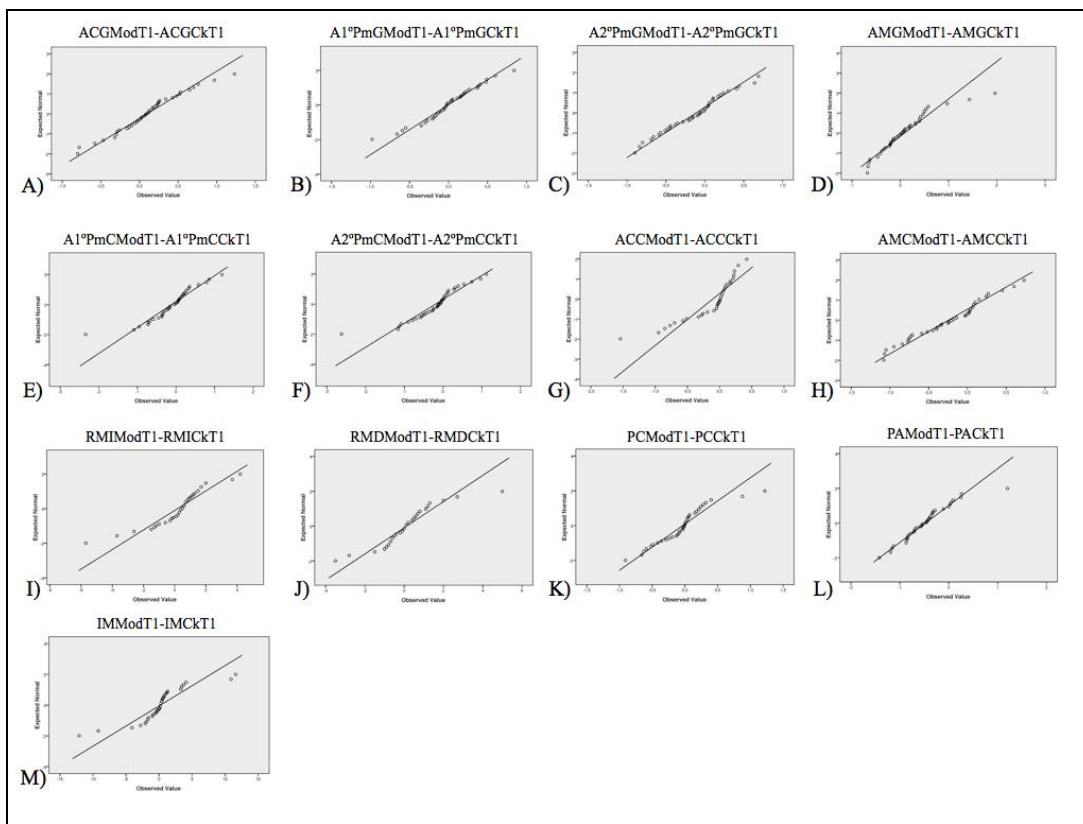
**Figura 40:** Gráfico Normal Q-Q Plot de las variables medidas en los reproducciones virtuales pre-tratamiento. A) **ACGckT1:** Anchura canina gingival ClinCheck® inicio; B) **A1°PmGckT1:** Anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; C) **A2°PmGckT1:** Anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; D) **AMGckT1:** Anchura molar gingival ClinCheck® inicio; E) **A1°PmCckT1:** Anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; F) **A2°PmCckT1:** Anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; G) **ACCckT1:** Anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; H) **AMCckT1:** Anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; I) **RMickT1:** Rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; J) **RMDckT1:** Rotación molar derecha ClinCheck® inicio; K) **PCckT1:** Profundidad canina ClinCheck® inicio; L) **PACckT1:** Profundidad de arcada ClinCheck® inicio; M) **IMckT1:** Inclinación molar ClinCheck® inicio.



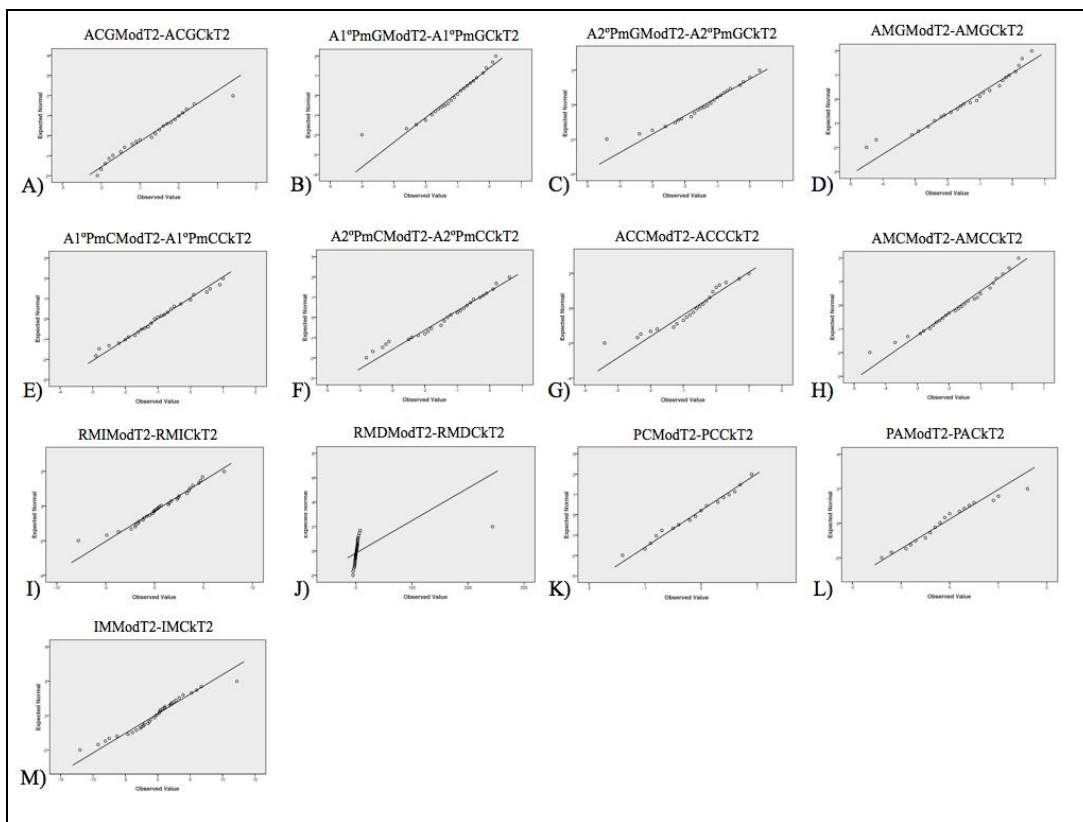
**Figura 41:** Gráfico Normal Q-Q Plot de las variables medidas en los modelos digitales post-tratamiento. A) **ACGModT2:** Anchura canina gingival modelo final; B) **A1°PmGModT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final; C) **A2°PmGModT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final; D) **AMGModT2:** Anchura molar gingival modelo final; E) **A1°PmCModT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final; F) **A2°PmCModT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final; G) **ACCModT2:** Anchura canina cuspeada modelo final; H) **AMCModT2:** Anchura molar cuspeada modelo final; I) **RMIModT2:** Rotación molar izquierda modelo final; J) **RMDModT2:** Rotación molar derecha modelo final; K) **PCModT2:** Profundidad canina modelo final; L) **PAModT2:** Profundidad de arcada modelo final; M) **IMModT2:** Inclinación molar modelo final.



**Figura 42:** Gráfico Normal Q-Q Plot de las variables medidas en los reproducciones virtuales post-tratamiento. A) **ACGckT2:** Anchura canina gingival ClinCheck® final; B) **A1°PmGckT2:** Anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; C) **A2°PmGckT2:** Anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; D) **AMGckT2:** Anchura molar gingival ClinCheck® final; E) **A1°PmCckT2:** Anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; F) **A2°PmCckT2:** Anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; G) **ACCckT2:** Anchura canina cuspidéa ClinCheck® final; H) **AMCckT2:** Anchura molar cuspidéa ClinCheck® final; I) **RMICKT2:** Rotación molar izquierda ClinCheck® final; J) **RMDckT2:** Rotación molar derecha ClinCheck® final; K) **PCckT2:** Profundidad canina ClinCheck® final; L) **PACKT2:** Profundidad de arcada ClinCheck® final; M) **IMCKT2:** Inclinación molar ClinCheck® final.



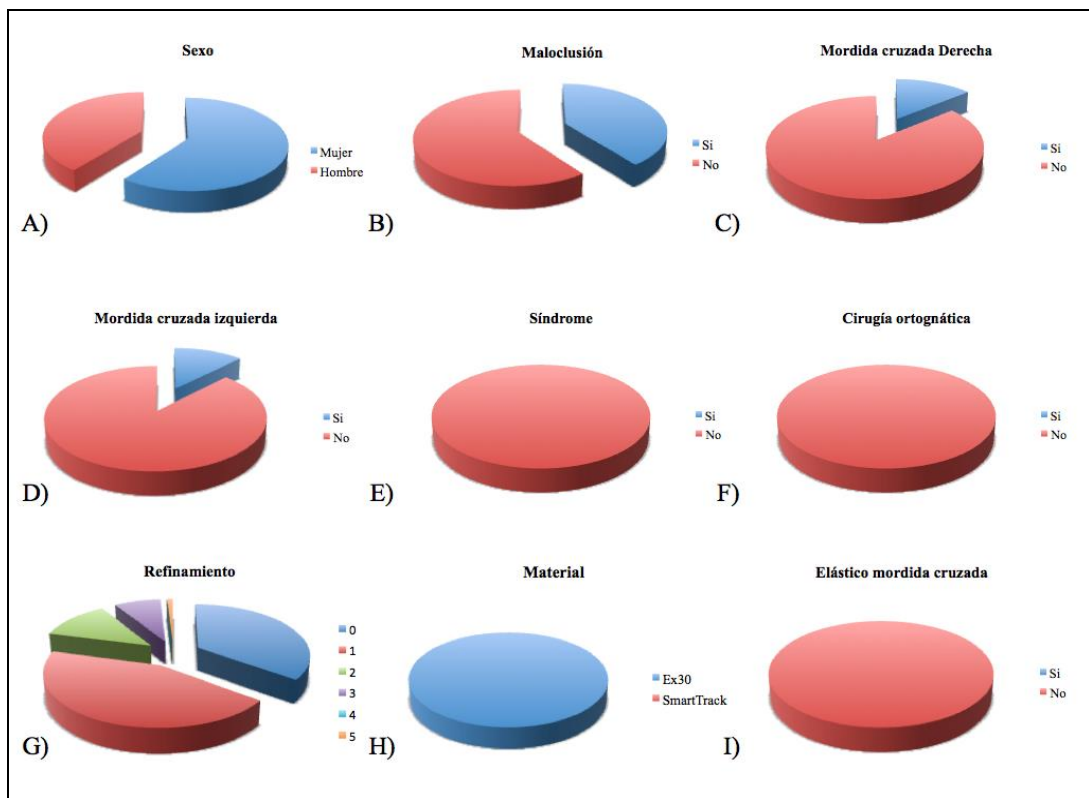
**Figura 43:** Gráfico Normal Q-Q Plot que representa las diferencias existentes entre de las variables medidas en los modelos digitales y las reproducciones virtuales pre-tratamiento. A) **ACGModT1-ACGckT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; B) **A1°PmGModT1-A1°PmGckT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; C) **A2°PmGModT1-A2°PmGckT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; D) **AMGModT1-AMGckT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; E) **A1°PmCModT1-A1°PmCckT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; F) **A2°PmCModT1-A2°PmCckT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; G) **ACModT1-ACCckT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; H) **AMCModT1-AMCckT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; I) **RMIModT1-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; J) **RMDModT1-RMDckT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; K) **PCModT1-PCckT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; L) **PAModT1-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; M) **IMModT1-IMckT1:** Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar ClinCheck® inicio.



**Figura 44:** Gráfico Normal Q-Q Plot que representa las diferencias existentes entre de las variables medidas en los modelos digitales y las reproducciones virtuales post-tratamiento. A) **ACGModT2-ACGckT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; B) **A1°PmGModT2-A1°PmGckT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; C) **A2°PmGModT2-A2°PmGckT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; D) **AMGModT2-AMGckT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; E) **A1°PmCModT2-A1°PmCckT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; F) **A2°PmCModT2-A2°PmCckT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; G) **ACCModT2-ACCckT2:** Anchura canina cuspídea modelo final versus anchura canina cuspídea ClinCheck® final; H) **AMCModT2-AMCckT2:** Anchura molar cuspídea modelo final versus anchura molar cuspídea ClinCheck® final; I) **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® final; J) **RMDModT2-RMDckT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® final; K) **PCModT2-PCckT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® final; L) **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® final; M) **IMModT2-IMckT2:** Inclinación molar modelo final versus inclinación molar ClinCheck® final.

## 5.2. Población de estudio y muestreo realizado

Las distribuciones de acuerdo con el género mostraron una mayor prevalencia de mujeres con un 60,3%, frente a un 39,7% de hombres en la población analizada bajo tratamiento con Invisalign® (Figura 45A). Todos los pacientes usaron el material Ex30, no hubo síndromes, ninguno de los pacientes fue sometido a cirugía y ninguno de ellos empleó aparatología auxiliar de expansión como elásticos de mordida cruzada o aparatología a dos bandas. La maloclusión más frecuentemente observada fue la maloclusión de Clase II con un 58,6%, seguida de la maloclusión de Clase I con un 38,8%, tan sólo un 2,6% partía de una maloclusión de Clase III. Un 13,8% de los pacientes presentaban en T1 una mordida cruzada derecha y un 12,1% mordida cruzada izquierda (Figura 45).



**Figura 45:** Distribución de la muestra en relación a A) sexo, B) tipo de maloclusión, C) presencia de mordida cruzada derecha e D) izquierda, E) síndrome y F) cirugía ortognática, G) cuantificación de refinamiento, H) tipo de material y I) empleo de elásticos de mordida cruzada.

---

La edad media de los pacientes sometidos a expansión con alineadores Invisalign® fue de 36 años y 6 meses de edad, con una desviación estándar de 11 meses y medio, con un tiempo medio de tratamiento de 22 meses con una desviación estándar de 11 meses como se muestra en la tabla 5.

Las mediciones realizadas en los modelos digitales pre-tratamiento mostraron una anchura gingival inicial a nivel de los caninos de 23,9079mm (SD±2,01701), primer premolar de 26,4920mm (SD±2,03056), segundo premolar de 30,8664mm (SD±2,83666) y molar de 34,3848mm (SD±3,00809). Mientras que a nivel cuspídeo, los caninos mostraron una anchura de 33,0310mm (SD±2,36608), los primeros premolares 40,0480mm (SD±2,57024), los segundos premolares 44,9070mm (SD±3,49715) y los primeros molares 50,3152mm (SD±3,50575). El primer molar superior derecho mostró una rotación inicial de 102,3786° (SD±8,19037), mientras que su contralateral 103,4474° (SD±7,39011). A su vez, la inclinación inicial de ambos primeros molares maxilares fue calculada con una media de 168,8550° (SD±8,41571). La profundidad canina inicial fue de 7,9910mm (SD±3,09976) y la profundidad de arcada de 36,4179mm (SD±3,09976), como se ilustra en la tabla 5.

Resultados muy similares se mostraron en las mediciones realizadas en las reproducciones virtuales pre-tratamiento, mediante *ClinCheck*® inicio, con una anchura canina gingival de 23,9333mm (SD±2,21791), primer premolar de 26,5187mm (SD±2,02941), segundo premolar de 30,9817mm (SD±2,73835) y molar de 34,4180mm (SD±2,98885). La anchura canina cuspídea mostró una anchura media de 33,0879mm (SD±2,46154), a nivel de los primeros premolares de 40,1763mm (SD±2,64662), los segundos premolares 45,0362mm (SD±3,51395) y los primeros molares 50,4986 mm (SD±3,54345). La rotación media inicial del primer molar superior derecho fue de 102,4306°



(SD±7,77131), y 103,5327° (SD±6,75692) para el izquierdo. La inclinación molar fue de 166,7671° (SD±8,28410). Las mediciones mostraron una profundidad canina inicial de 8,0652mm (SD±1,73111) y una profundidad de arcada de 27,4307mm (SD±7,52502), como se observa en la tabla 5.

**Tabla 5:** Variables clínicas y mediciones de los modelos digitales y reproducciones virtuales pre-tratamiento.

	Edad	Tiempo Tratamiento	ACGM odT1	A1°PmGM odT1	A2°PmGM odT1	AMGM odT1	A1°PmCM odT1
Media	36,5724	657,3652	23,9079	26,4920	30,8664	34,3848	40,0480
Desviación Estándar	11,53704	341,44043	2,01701	2,03056	2,83666	3,00809	2,57024
	A2°PmCM odT1	ACCM odT1	AMCM odT1	RMIM odT1	RMDM odT1	PCModT1	PAM odT1
Media	44,9070	33,0310	50,3152	103,4474	102,3786	7,9910	26,4179
Desviación Estándar	3,49715	2,36608	3,50575	7,39011	8,19037	1,86228	3,09976
	IMModT1	ACGCKT1	A1°PmGCKT1	A2°PmGCKT1	AMGCKT1	A1°PmCCKT1	A2°PmCCkT1
Media	168,8550	23,9333	26,5187	30,9817	34,4180	40,1763	45,0362
Desviación Estándar	8,41571	2,21791	2,02941	2,73835	2,98885	2,64662	3,51395
	ACCCKT1	AMCCKT1	RMICKT1	RMDCKT1	PCCKT1	PACKT1	IMCKT1
Media	33,0879	50,4986	103,5327	102,4306	8,0652	27,4307	166,7671
Desviación Estándar	2,46154	3,54345	6,75692	7,77131	1,73111	7,52502	8,28410

**ACGModT1:** Anchura canina gingival modelo inicio; **A1°PmGModT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio; **A2°PmGModT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio; **AMGModT1:** Anchura molar gingival modelo inicio; **A1°PmCModT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio; **A2°PmCModT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio; **ACCModT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio; **AMCModT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio; **RMIModT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio; **RMDModT1:** Rotación molar derecha modelo inicio; **PCModT1:** Profundidad canina modelo inicio; **PAModT1:** Profundidad de arcada modelo inicio; **IMModT1:** Inclinación molar modelo inicio. **ACGCKT1:** Anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGCKT1:** Anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCCKT1:** Anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; **AMCCKT1:** Anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; **RMICKT1:** Rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDCKT1:** Rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCCKT1:** Profundidad canina ClinCheck® inicio; **PACKT1:** Profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMCKT1:** Inclinación molar ClinCheck® inicio.

---

De la misma manera, los modelos digitales post-tratamiento fueron examinados teniendo en cuenta cada una de las variables. Mostrando una anchura gingival canina de 25,3024mm (SD±3,07013), primer premolar de 27,8897mm (SD±1,67646), segundo premolar de 32,0229mm (SD±2,42161) y molar de 34,9544mm (SD±2,79396). Estas mismas mediciones se realizaron a nivel cusπίdeo con una anchura de 34,3621mm (SD±1,87930), 42,2990mm (SD±2,10405), (SD±2,93909) y 51,8741 mm (SD±2,92226) respectivamente. La variable de rotación molar mostró que los primeros molares, derecho e izquierdo, presentaban en los modelos digitales finales una rotación media de 108,0736° (SD±24,52691) y 104,4912° (SD±12,58770) respectivamente. Los primeros molares presentaron una inclinación molar media final de 165,8982° (SD±9,38035), una profundidad canina de 8,2281mm (SD±1,20254) y un profundidad de arcada de 26,3802mm (SD±2,88781), como se ilustra en la tabla 6.

Las mediciones realizadas en las reproducciones virtuales post-tratamiento, mediante *ClinCheck*® final, mostraron una anchura canina gingival de 25,1635mm (SD±1,88681), primer premolar de 28,9990mm (SD±1,74756), segundo premolar de 33,3289mm (SD±2,57719) y molar de 36,2899mm (SD±2,78302). La anchura canina cusπίdea mostró una anchura media de 34,9061mm (SD±2,02343), a nivel de los primeros premolares de 43,3020mm (SD±2,29098), los segundos premolares 48,3368mm (SD±3,11045) y los primeros molares 53,4446mm (SD±3,06361). La rotación media inicial del primer molar superior derecho fue de 105,8108° (SD±6,74989), mientras que el izquierdo fue de 105,4867° (SD±6,27449). A su vez, la inclinación molar y profundidad canina y de arcada final fue calculada, con una media de 164,6163° (SD±8,85323), 8,0743mm (SD±1,04427) y de 26,3074mm (SD±2,99798) respectivamente, como se ilustra en la tabla 6.

**Tabla 6:** Mediciones de los modelos digitales y reproducciones virtuales post-tratamiento.

	ACGM <sub>odT2</sub>	A1°PmGM <sub>odT2</sub>	A2°PmGM <sub>odT2</sub>	AMGM <sub>odT2</sub>	A1°PmCM <sub>odT2</sub>	A2°PmCM <sub>odT2</sub>
Media	24,4043	27,8897	32,0229	34,9544	42,2990	47,0261
Desviación Estándar	1,50364	1,67646	2,42161	2,79396	2,10405	2,93909

	ACCM <sub>odT2</sub>	AMCM <sub>odT2</sub>	RMIM <sub>odT2</sub>	RMDM <sub>odT2</sub>	PCModT2	PAM <sub>odT2</sub>
Media	34,3621	51,8741	104,4912	108,0736	8,2281	26,3802
Desviación Estándar	1,87930	2,92226	12,58770	24,52691	1,20254	2,88781

	IMM <sub>odT2</sub>	ACGCKT2	A1°PmGCKT2	A2°PmGCKT2	A1°PmCCKT2	A2°PmCCKT2
Media	165,8982	25,1635	28,9990	33,3289	43,3020	48,3368
Desviación Estándar	9,38035	1,88681	1,74756	2,57719	2,29098	3,11045

	ACCCKT2	AMCCKT2	RMICKT2	RMDCKT2	PCCKT2	PACKT2
Media	34,9061	53,4446	105,4867	105,8108	8,0743	26,3074
Desviación Estándar	2,02343	3,06361	6,27449	6,74989	1,04427	2,99798

	IMCKT2
Media	164,6163
Desviación Estándar	8,85323

**ACGModT2:** Anchura canina gingival modelo final; **A1°PmGModT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final; **A2°PmGModT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final; **AMGModT2:** Anchura molar gingival modelo final; **A1°PmCModT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final; **A2°PmCModT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final; **ACCModT2:** Anchura canina cuspídea modelo final; **AMCModT2:** Anchura molar cuspídea modelo final; **RMIModT2:** Rotación molar izquierda modelo final; **RMDModT2:** Rotación molar derecha modelo final; **PCModT2:** Profundidad canina modelo final; **PAModT2:** Profundidad de arcada modelo final; **IMModT2:** Inclinación molar modelo final. **ACGCKT2:** Anchura canina gingival ClinCheck® final; **A1°PmGCKT2:** Anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; **A2°PmGCKT2:** Anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; **AMGCKT2:** Anchura molar gingival ClinCheck® final; **A1°PmCCKT2:** Anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; **A2°PmCCKT2:** Anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; **ACCCKT2:** Anchura canina cuspídea ClinCheck® final; **AMCCKT2:** Anchura molar cuspídea ClinCheck® final; **RMICKT2:** Rotación molar izquierda ClinCheck® final; **RMDCKT2:** Rotación molar derecha ClinCheck® final; **PCCKT2:** Profundidad canina ClinCheck® final; **PACKT2:** Profundidad de arcada ClinCheck® final; **IMCKT2:** Inclinación molar ClinCheck® final.

La comparativa realizada entre las mediciones de los modelos digitales y reproducciones virtuales pre-tratamiento mostraron una discrepancia en la anchura gingival a nivel de los caninos de  $-0,0237\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,05448$ ), primer premolar de  $-0,0109\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 3,1577$ ), segundo premolar de  $-0,0113\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,03018$ ) y molar de  $0,0644\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 2,79396$ ). La diferencia a nivel de las cúspides de los caninos fue de  $-0,1771\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 5,57350$ ), los primeros premolares  $-0,0712\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 5,51016$ ), los segundos premolares  $-0,1270\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 7,8551$ ) y los

---

primeros molares  $-0,0523\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,67368$ ). El primer molar superior derecho mostró una diferencia en la comparativa de rotación entre el *ClinCheck*<sup>®</sup> y el modelo digital inicial de  $,1746^\circ$  ( $\text{SD}\pm 1,23681$ ), y su contralateral  $,1482^\circ$  ( $\text{SD}\pm 1,36247$ ). A su vez, la discrepancia en la inclinación molar inicial entre ambos modelos fue calculada, con una media de  $-9,8427^\circ$  ( $\text{SD}\pm 90,99532$ ). La profundidad canina inicial fue de  $,0472\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,47959$ ) y la profundidad de arcada de  $-,3579\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,44642$ ), como se ilustra en la tabla 7.

De la misma forma se calculó la diferencia existente entre el modelo digital final y la planificación virtual fin de tratamiento, en cada una de las mediciones. Mostrando una diferencia en la anchura canina gingival de  $-,7333\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,36509$ ), primer premolar de  $-,9482\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,87282$ ), segundo premolar de  $-1,3771\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,98889$ ) y molar de  $-1,3058\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,43384$ ). La diferencia cuspídea a nivel de los caninos fue  $-,5374\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,76128$ ), a nivel de los primeros premolares de  $-,8560\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,99077$ ), los segundos premolares  $-1,3087\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,10148$ ) y los primeros molares  $-1,5155\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,32564$ ). La comparativa entre ambos modelos, digital y virtual, a su vez mostró discrepancia en la medición de rotación, siendo de  $2,0922^\circ$  ( $\text{SD}\pm 23,00352$ ) para el primer molar derecho, y  $,6910^\circ$  ( $\text{SD}\pm 2,86015$ ) para el contralateral. La discrepancia en la inclinación molar fue de  $-,7122^\circ$  ( $\text{SD}\pm 4,97790$ ), en la profundidad canina de  $-,1617\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm,68858$ ) y en la profundidad de arcada de  $-,0664\text{mm}$  ( $\text{SD}\pm 1,09600$ ), como se observa en la tabla 7.

**Tabla 7:** Comparativa entre las mediciones de los modelos digitales y reproducciones virtuales pre y post-tratamiento.

	ACGM odT1- ACGCKT1	A1°PmGM odT1- A1°PmGCKT1	A2°PmGM odT1- A2°PmGCKT1	AMGM odT1- AMGCKT1	A1°PmCM odT1- A1°PmCCKT1	A2°PmCM odT1- A2°PmCCKT1
Media	-.0237	-.0109	-.0113	,0644	-.0712	-.1270
Desviación Estándar	1,05448	,31577	1,03018	,46541	,51016	,78551
	ACCM odT1- ACCCKT1	AMCM odT1- AMCCKT1	RMIM odT1- RMICKT1	RMDM odT1- RMDCKT1	PCModT1-PCCKT1	PAModT1-PACKT1
Media	-.0523	-.1771	,1482	,1746	,0472	-.3579
Desviación Estándar	,67368	,57350	1,36247	1,23681	,47959	,44642
	IMModT1- IMCKT1	ACGM odT2- ACGCKT2	A1°PmGM odT2- A1°PmGCKT2	A2°PmGM odT2- A2°PmGCKT2	AMGM odT2- AMGCKT2	A1°PmCM odT2- A1°PmCCKT2
Media	-9,8427	-.7333	-.9482	-1,3771	-1,3058	-.8560
Desviación Estándar	90,99532	1,36509	,87282	,98889	1,43384	,99077
	A2°PmCM odT2- A2°PmCCKT2	ACCM odT2- ACCCKT2	AMCM odT2- AMCCKT2	RMIM odT2- RMICKT2	RMDM odT2- RMDCKT2	PCModT2-PCCKT2
Media	-1,3087	-.5374	-1,5155	,6910	2,0922	-.1617
Desviación Estándar	1,10148	,76128	1,32564	2,86015	23,00352	,68858
PAModT2-PACKT2 IMM odT2-IMCKT2						
Media	-.0664	-.7122				
Desviación Estándar	1,09600	4,97790				

**ACGModT1-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGModT1-AMGCKT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCModT1-ACCCKT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; **AMCModT1-AMCCKT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; **RMIModT1-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDModT1-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCModT1-PCCKT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; **PAModT1-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMModT1-IMCKT1:** Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar ClinCheck® inicio; **ACGModT2-ACGCKT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; **A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; **A2°PmGModT2-A2°PmGCKT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; **AMGModT2-AMGCKT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; **A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; **A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; **ACCModT2-ACCCKT2:** Anchura canina cuspídea modelo final versus anchura canina cuspídea ClinCheck® final; **AMCModT2-AMCCKT2:** Anchura molar cuspídea modelo final versus anchura molar cuspídea ClinCheck® final; **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® final; **RMDModT2-RMDCKT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® final; **PCModT2-PCCKT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® final; **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® final; **IMModT2-IMCKT2:** Inclinación molar modelo final versus inclinación molar ClinCheck® final.

---

Los pacientes fueron sometidos a una media de expansión gingival canina de 1,24mm, primer premolar 2,40mm, segundo premolar 2,40mm y molar de 1,85mm. A nivel de las cúspides la expansión planificada fue de 1,77mm a nivel canino, 3,11mm y 3,24mm a nivel de primer y segundo premolar respectivamente, y 2,90mm a nivel molar. Esta medición se cuantificó mediante la comparativa de dichas variables entre el *ClinCheck*<sup>®</sup> final y el *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial, como se ilustra en la tabla 8.

Sin embargo la media de anchura lograda 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. Logrando una expansión gingival canina de 0,54mm, primer premolar 1,39mm, segundo premolar 1,25mm y molar de 0,56mm. Mientras que la mediciones que fueron realizadas a nivel de las cúspides lograron una expansión de 1,38mm a nivel canino, 2,23mm y 2,13mm a nivel de primer y segundo premolar respectivamente, y 1,57mm a nivel molar (Tabla 8).

**Tabla 8:** Comparativa entre las mediciones de los modelos digitales inicio-fin de tratamiento así como las medias obtenidas en la cuantificación de las reproducciones virtuales.

	Media (mm/°)	Superior (mm/°)
<b>ACGM odT2-ACGM odT1</b>	0,54	3,20
<b>A1°PmGM odT2-A1°PmGM odT1</b>	1,39	4,40
<b>A2°PmGM odT2-A2°PmGM odT1</b>	1,25	4,70
<b>AMGM odT2-AMGM odT1</b>	0,56	3,20
<b>A1°PmCM odT2-A1°PmCM odT1</b>	2,23	6,80
<b>A2°PmCM odT2-A2°PmCM odT1</b>	2,13	8,20
<b>ACCM odT2-ACCM odT1</b>	1,38	5
<b>AMCM odT2-AMCM odT1</b>	1,57	6,8
<b>ACGCKT2-ACGCKT1</b>	1,24	3,83
<b>A1°PmGCKT2-A1°PmGCKT1</b>	2,48	6,46
<b>A2°PmGCKT2-A2°PmGCKT1</b>	2,40	8,47
<b>AMGCKT2-AMGCKT1</b>	1,85	8,33
<b>A1°PmCCKT2-A1°PmCCKT1</b>	3,11	6,77
<b>A2°PmCCKT2-A2°PmCCKT1</b>	3,24	12,03
<b>ACCCKT2-ACCCKT1</b>	1,77	7,66
<b>AMCCKT2-AMCCKT1</b>	2,90	11,27

**ACGModT2-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® inicial; **A1°PmGModT2-A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicial; **A2°PmGModT2-A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicial; **AMGModT2-AMGCKT1:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® inicial; **A1°PmCModT2-A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicial; **A2°PmCModT2-A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicial; **ACCModT2-ACCCKT1:** Anchura canina cuspídea modelo final versus anchura canina cuspídea ClinCheck® inicial; **AMCModT2-AMCCKT1:** Anchura molar cuspídea modelo final versus anchura molar cuspídea ClinCheck® inicial; **RMIModT2-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicial; **RMDModT2-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® inicial; **PCModT2-PCCKT1:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® inicial; **PAModT2-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® inicial.

---

### 5.3. Determinación del error del método y precisión de las estimaciones digitales a través del nuevo protocolo de cuantificación diseñado

Para determinar el error de medición se realizaron quince repeticiones seleccionadas de forma aleatoria, con una separación de tres semanas (Tabla 9). Una buena precisión se mostró para cada una de las variables (Figura 46). Como se resume en la figura 46, las repeticiones de los *ClinCheck*<sup>®</sup> mostraron mayor error que las realizadas en los modelos digitales, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ( $p>,05$ ), obteniendo un error de una magnitud máxima de  $0,49^\circ$  en la medición de la rotación molar derecha en el *ClinCheck*<sup>®</sup>, mientras que el error máximo en la medición de los modelos digitales fue de  $0,25^\circ$  en la rotación molar izquierda (Figura 46), por lo que existe una buena precisión del método de medición digital desarrollado, ya que un error de  $0,49^\circ$  no resulta clínicamente ni estadísticamente significativo (Figura 46)

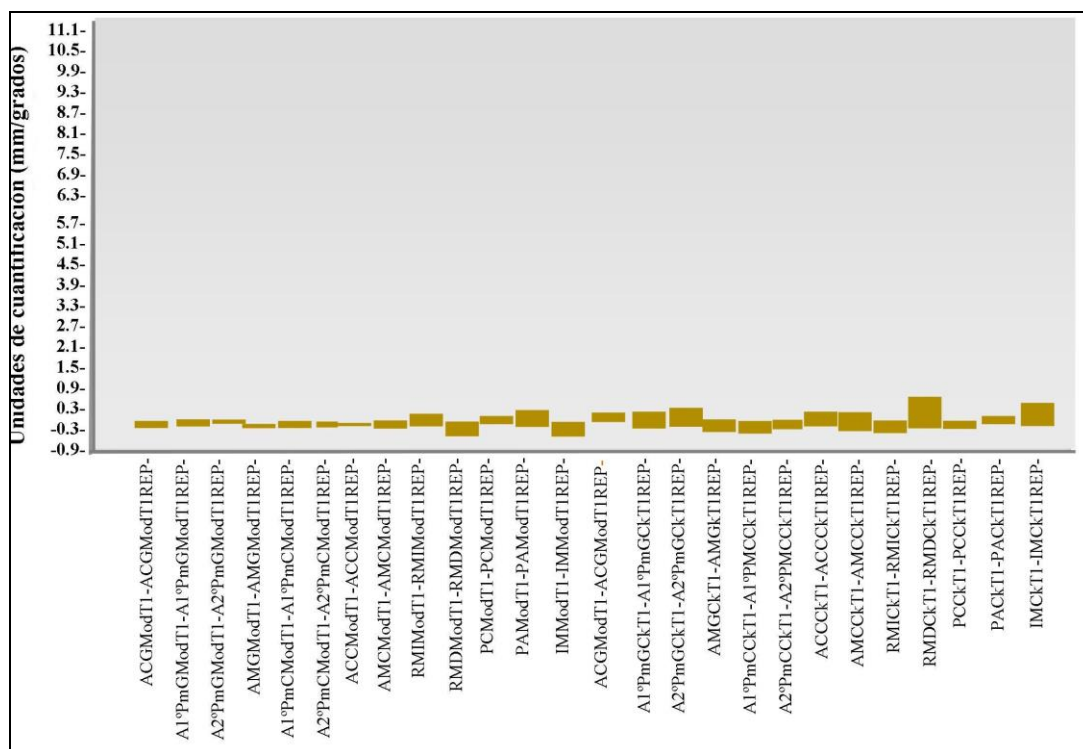
Asimismo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p>,05$ ) para ninguna de las variables lo que evidencia un buen índice de consistencia o concordancia intra-observador para el nuevo método de medición diseñado.



**Tabla 9:** Resultados del cálculo de correlación o error intra-observador.

	Diferencias pareadas					t	df	Sig. (2-tailed)
	Media	Desviación estándar	Error medio estándar	95% Diferencia intervalo de confianza				
				Inferior	Superior			
ACGM odT1-ACGM odT1REP	-.02667	,15796	,04079	-,11414	,06081	-,654	14	,524
A1°PmGM odT1-A1°PmGM odT1REP	,08462	,14632	,04058	-,00381	,17304	2,085	12	,059
A2°PmGM odT1-A2°PmGM odT1REP	,03077	,12506	,03469	-,04481	,10634	,887	12	,392
AMGM odT1-AMGM odT1REP	-,03846	,26627	,07385	-,19936	,12244	-,521	12	,612
A1°PmCM odT1-A1°PmCM odT1REP	,07692	,24884	,06902	-,07345	,22730	1,115	12	,287
A2°PmCM odT1-A2°PmCM odT1REP	-,02000	,27826	,07185	-,17410	,13410	-,278	14	,785
ACCM odT1-ACCM odT1REP	,03333	,18387	,04748	-,06849	,13516	,702	14	,494
AMCM odT1-AMCM odT1REP	-,07857	,23916	,06392	-,21666	,05952	-1,229	13	,241
RM odT1-RM odT1REP	-,30926	1,45722	,19830	-,70700	,08849	-1,560	53	,125
RMDM odT1- RMDM odT1REP	-10,19982	29,22744	7,81136	-,2707524	6,67560	-1,306	13	,214
PCM odT1- PCM odT1REP	1,34749	4,85054	1,29638	-1,45313	4,14811	1,039	13	,318
ACGckT1- ACGckT1REP	1,31657	2,87476	,74226	-,27542	2,90856	1,774	14	,098
A1°PmGckT1- A1°PmGckT1REP	-68,91124	259,28547	69,29696	-218,61822	80,79573	-,994	13	,338
A2°PmGckT1- A2°PmGckT1REP	-68,59529	258,71252	69,14383	-217,97145	80,78087	-,992	13	,339
AMGckT1- AMGckT1REP	156,78113	377,41096	108,94916	-396,57662	83,01435	-1,439	11	,178
A1°PmCckT1- A1°PmCckT1REP	-69,14182	257,98620	68,94971	-218,09861	79,81498	-1,003	13	,334
A2°PmCckT1- A2°PmCckT1REP	-62,52921	246,89304	63,74751	-199,25402	74,19559	-,981	14	,343
ACCckT1- ACCckT1REP	10,45281	27,06781	6,98888	-4,53684	25,44246	1,496	14	,157
AMCckT1- AMCckT1REP	7,72881	18,93608	5,06088	-3,20456	18,66218	1,527	13	,151
RMICkT1- RMICkT1REP	-73,73102	230,07172	59,40426	-201,14050	53,67845	-1,241	14	,235
RMDckT1- RMDckT1REP	-75,70833	261,89621	75,60292	-242,10925	90,69258	-1,001	11	,338
PCckT1- PCckT1REP	,04083	,30829	,08551	-,14547	,22713	,478	12	,642

**ACGModT1-ACGModT1REP:** Anchura canina gingival modelo inicio versus repetición de anchura canina gingival modelo inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGModT1REP:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus repetición de anchura primer premolar gingival modelo inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGModT1REP:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus repetición de anchura segundo premolar gingival modelo inicio; **AMGModT1-AMGModT1REP:** Anchura molar gingival modelo inicio versus repetición de anchura molar gingival modelo inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCModT1REP:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus repetición de anchura primer premolar cúspide modelo inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCModT1REP:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus repetición de anchura segundo premolar cúspide modelo inicio; **ACCModT1-ACCModT1REP:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus repetición de anchura canina cuspídea modelo inicio; **AMCModT1-AMCModT1REP:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus repetición de anchura molar cuspídea modelo inicio; **RMIModT1-RMIModT1REP:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus repetición de rotación molar izquierda modelo inicio; **RMDModT1-RMDModT1REP:** Rotación molar derecha modelo inicio versus repetición de rotación molar derecha modelo inicio; **PCModT1-PCModT1REP:** Profundidad canina modelo inicio versus repetición de profundidad canina modelo inicio; **ACGModT2-ACGModT2REP:** Anchura canina gingival modelo final versus repetición de anchura canina gingival modelo final; **A1°PmGModT2-A1°PmGModT2REP:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus repetición de anchura primer premolar gingival modelo final; **A2°PmGModT2-A2°PmGModT2REP:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus repetición de anchura segundo premolar gingival modelo final; **AMGModT2-AMGModT2REP:** Anchura molar gingival modelo final versus repetición de anchura molar gingival modelo final; **A1°PmCModT2-A1°PmCModT2REP:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus repetición de anchura primer premolar cúspide modelo final; **A2°PmCModT2-A2°PmCModT2REP:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus repetición de anchura segundo premolar cúspide modelo final; **ACCModT2-ACCModT2REP:** Anchura canina cuspídea modelo final versus repetición de anchura canina cuspídea modelo final; **AMCModT2-AMCModT2REP:** Anchura molar cuspídea modelo final versus repetición de anchura molar cuspídea modelo final; **RMIModT2-RMIModT2REP:** Rotación molar izquierda modelo final versus repetición de rotación molar izquierda modelo final; **RMDModT2-RMDModT2REP:** Rotación molar derecha modelo final versus repetición de rotación molar derecha modelo final; **PCModT2-PCModT2REP:** Profundidad canina modelo final versus repetición de profundidad canina modelo final.



**Figura 46:** Rangos de precisión del método de cuantificación. Coeficiente de error intra-observador.

**ACGModT1-ACGModT1REP:** Anchura canina gingival modelo inicio versus repetición de anchura canina gingival modelo inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGModT1REP:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus repetición de anchura primer premolar gingival modelo inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGModT1REP:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus repetición de anchura segundo premolar gingival modelo inicio; **AMGModT1-AMGModT1REP:** Anchura molar gingival modelo inicio versus repetición de anchura molar gingival modelo inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCModT1REP:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus repetición de anchura primer premolar cúspide modelo inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCModT1REP:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus repetición de anchura segundo premolar cúspide modelo inicio; **ACCModT1-ACCModT1REP:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus repetición de anchura canina cuspídea modelo inicio; **AMCModT1-AMCModT1REP:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus repetición de anchura molar cuspídea modelo inicio; **RMIModT1-RMIModT1REP:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus repetición de rotación molar izquierda modelo inicio; **RMDModT1-RMDModT1REP:** Rotación molar derecha modelo inicio versus repetición de rotación molar derecha modelo inicio; **PCModT1-PCModT1REP:** Profundidad canina modelo inicio versus repetición de profundidad canina modelo inicio; **ACGModT2-ACGModT2REP:** Anchura canina gingival modelo final versus repetición de anchura canina gingival modelo final; **A1°PmGModT2-A1°PmGModT2REP:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus repetición de anchura primer premolar gingival modelo final; **A2°PmGModT2-A2°PmGModT2REP:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus repetición de anchura segundo premolar gingival modelo final; **AMGModT2-AMGModT2REP:** Anchura molar gingival modelo final versus repetición de anchura molar gingival modelo final; **A1°PmCModT2-A1°PmCModT2REP:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus repetición de anchura primer premolar cúspide modelo final; **A2°PmCModT2-A2°PmCModT2REP:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus repetición de anchura segundo premolar cúspide modelo final; **ACCModT2-ACCModT2REP:** Anchura canina cuspídea modelo final versus repetición de anchura canina cuspídea modelo final; **AMCModT2-AMCModT2REP:** Anchura molar cuspídea modelo final versus repetición de anchura molar cuspídea modelo final; **RMIModT2-RMIModT2REP:** Rotación molar izquierda modelo final versus repetición de rotación molar izquierda modelo final; **RMDModT2-RMDModT2REP:** Rotación molar derecha modelo final versus repetición de rotación molar derecha modelo final; **PCModT2-PCModT2REP:** Profundidad canina modelo final versus repetición de profundidad canina modelo final; **PAModT2-PAModT2REP:** Profundidad arcada modelo final versus repetición de profundidad arcada modelo final; **IMModT2-IMModT2REP:** Inclinação molar modelo final versus repetición de la inclinación molar modelo final.

---

#### 5.4. Coeficientes de correlación intra-clase

Como se deriva de la tabla 10 y 11, todos los coeficientes de correlación realizados por un único operador obtuvieron índices de correlación adecuados, a excepción de la variable de rotación molar. Dado el alto grado de concordancia del método así como las variables clínicas descritas, se tomaron como valores clínicos discriminativos válidos para la extrapolación directa de los resultados a la clínica. A diferencia de la inclinación molar, la cual no pudo ser tomada en consideración en los resultados finales de la disertación.

**Tabla 10:** Coeficiente de correlación entre las mediciones de los modelos digitales pre-tratamiento y las reproducciones virtuales iniciales.

	95% Diferencia intervalo de confianza			Test F valor verdadero			
	Correlación Intra-Clase	Inferior	Superior	Valor	df1	df2	Sig. (2-tailed)
<b>ACGM<sub>odT1</sub>- ACGCkT1</b>							
Medida	,877 <sup>b</sup>	,826	,913	15,101	113	113	,000
Medida Promedio	,934 <sup>c</sup>	,905	,955	15,101	113	113	,000
<b>A2°PmGM<sub>odT1</sub>- A2°PmGCkT1</b>							
Medida	,938 <sup>b</sup>	,911	,957	30,886	109	109	,000
Medida Promedio	,968 <sup>c</sup>	,953	,978	30,886	109	109	,000
<b>AMGM<sub>odT1</sub>- AMGCkT1</b>							
Medida	,987 <sup>b</sup>	,981	,991	159,408	101	101	,000
Medida Promedio	,994 <sup>c</sup>	,991	,996	159,408	101	101	,000
<b>A1°PmCM<sub>odT1</sub>- A1°PmCCkT1</b>							
Medida	,977 <sup>b</sup>	,966	,985	87,735	98	98	,000
Medida Promedio	,988 <sup>c</sup>	,983	,992	87,735	98	98	,000
<b>A1°PmCM<sub>odT1</sub>- A1°PmCCkT1</b>							
Medida	,974 <sup>b</sup>	,962	,982	77,316	113	113	,000
Medida Promedio	,987 <sup>c</sup>	,981	,991	77,316	113	113	,000
<b>ACCM<sub>odT1</sub>- ACCCkT1</b>							
Medida	,961 <sup>b</sup>	,945	,973	50,578	114	114	,000
Medida Promedio	,980 <sup>c</sup>	,972	,986	50,578	114	114	,000
<b>ACCM<sub>odT1</sub>- ACCCkT1</b>							
Medida	,985 <sup>b</sup>	,977	,990	145,332	111	111	,000
Medida Promedio	,993 <sup>c</sup>	,988	,995	145,332	111	111	,000
<b>RMIM<sub>odT1</sub>-RMICkT1</b>							
Medida	,649 <sup>b</sup>	,457	,771	5,502	110	110	,000
Medida Promedio	,787 <sup>c</sup>	,628	,870	5,502	110	110	,000
<b>PCM<sub>odT1</sub>-PCCKT1</b>							
Medida	,962 <sup>b</sup>	,944	,974	51,373	101	101	,000
Medida Promedio	,981 <sup>c</sup>	,971	,987	51,373	101	101	,000
<b>PCM<sub>odT1</sub>-PCCKT1</b>							
Medida	,983 <sup>b</sup>	,920	,993	190,510	111	111	,000
Medida Promedio	,991 <sup>c</sup>	,958	,997	190,510	111	111	,000
<b>IMM<sub>odT1</sub>-IMCkT1</b>							
Medida	,994 <sup>b</sup>	,986	,997	353,583	25	25	,000
Medida Promedio	,997 <sup>c</sup>	,993	,999	353,583	25	25	,000

**ACGModT1-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGCkT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGCkT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGModT1-AMGCkT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCCkT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCCkT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCM<sub>odT1</sub>-ACCCkT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; **AMCM<sub>odT1</sub>-AMCCkT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; **RMIM<sub>odT1</sub>-RMICkT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDModT1-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCM<sub>odT1</sub>-PCCKT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; **PAM<sub>odT1</sub>-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMM<sub>odT1</sub>-IMCkT1:** Inclinación molar modelo inicial versus inclinación molar ClinCheck® inicial.

**Tabla 11:** Coeficiente de correlación entre las mediciones de los modelos digitales post-tratamiento y las reproducciones virtuales finales.

	95% Diferencia intervalo de confianza			Test F valor verdadero			
	Correlación Intra-Clase	Inferior	Superior	Valor	df1	df2	Sig. (2-tailed)
<b>ACGModT2-ACGCKT2</b>							
Medida	,620 <sup>b</sup>	,389	,758	5,171	113	113	,000
Medida Promedio	,765 <sup>c</sup>	,560	,862	5,171	113	113	,000
<b>A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2</b>							
Medida	,728 <sup>b</sup>	-,008	,904	15,640	96	96	,000
Medida Promedio	,842 <sup>c</sup>	-,017	,949	15,640	96	96	,000
<b>AMGModT2-AMGCKT2</b>							
Medida	,781 <sup>b</sup>	,272	,909	14,427	99	99	,000
Medida Promedio	,877 <sup>c</sup>	,428	,953	14,427	99	99	,000
<b>A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2</b>							
Medida	,813 <sup>b</sup>	,274	,927	18,294	98	98	,000
Medida Promedio	,897 <sup>c</sup>	,430	,962	18,294	98	98	,000
<b>A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2</b>							
Medida	,853 <sup>b</sup>	,192	,950	29,189	113	113	,000
Medida Promedio	,921 <sup>c</sup>	,323	,975	29,189	113	113	,000
<b>ACCModT2-ACCCKT2</b>							
Medida	,891 <sup>b</sup>	,692	,949	25,406	114	114	,000
Medida Promedio	,942 <sup>c</sup>	,818	,974	25,406	114	114	,000
<b>AMCModT2-AMCCKT2</b>							
Medida	,795 <sup>b</sup>	,108	,927	19,688	111	111	,000
Medida Promedio	,886 <sup>c</sup>	,194	,962	19,688	111	111	,000
<b>RMIModT2-RMICKT2</b>							
Medida	,794 <sup>b</sup>	,715	,854	8,744	111	111	,000
Medida Promedio	,885 <sup>c</sup>	,834	,921	8,744	111	111	,000
<b>RMDModT2-RMDCKT2</b>							
Medida	,145 <sup>b</sup>	-,043	,323	1,339	109	109	,065
Medida Promedio	,253 <sup>c</sup>	-,089	,488	1,339	109	109	,065
<b>PCModT2-PCCKT2</b>							
Medida	,803 <sup>b</sup>	,722	,861	9,520	112	112	,000
Medida Promedio	,891 <sup>c</sup>	,839	,925	9,520	112	112	,000
<b>PAModT2-PACKT2</b>							
Medida	,928 <sup>b</sup>	,898	,950	26,846	110	110	,000
Medida Promedio	,963 <sup>c</sup>	,946	,975	26,846	110	110	,000
<b>IMModT2-IMCKT2</b>							
Medida	,733 <sup>b</sup>	,494	,870	6,620	25	25	,000
Medida Promedio	,846 <sup>c</sup>	,661	,930	6,620	25	25	,000

**ACGModT2-ACGCKT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; **A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; **A2°PmGModT2-A2°PmGCKT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; **AMGModT2-AMGCKT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; **A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; **A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; **ACCModT2-ACCCKT2:** Anchura canina cuspidéa modelo final versus anchura canina cuspidéa ClinCheck® final; **AMCModT2-AMCCKT2:** Anchura molar cuspidéa modelo final versus anchura molar cuspidéa ClinCheck® final; **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® final; **RMDModT2-RMDCKT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® final; **PCModT2-PCCKT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® final; **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® final; **IMModT2-IMCKT2:** Inclinación molar modelo final versus Inclinación molar ClinCheck® final.

## 5.5. Resultados del grado de predictibilidad clínica real del *ClinCheck*<sup>®</sup>

### 5.5.1. Modelo digital pre-tratamiento versus *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial

Para determinar la exactitud de la reconstrucción inicial del *ClinCheck*<sup>®</sup> basada en la reproducción del modelo digital inicial, se realizó un estudio de las variables no paramétricas y paramétricas (Tabla 12,13). Observando una correcta simulación del *ClinCheck*<sup>®</sup> respecto a la situación clínica real del paciente en las variables de anchura gingival canina ( $p=,810$ ), primer premolar ( $p=,649$ ), segundo premolar ( $p=,147$ ) y molar ( $p=,158$ ), anchura cuspídea canina ( $p=,407$ ), primer premolar ( $p=,073$ ) y segundo premolar ( $p=,084$ ), rotación molar derecha e izquierda ( $p=,103$  y  $p=,714$ , respectivamente), inclinación molar ( $p=,304$ ) y profundidad canina ( $p=,311$ ). Lo que sugiere una correcta recreación del *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial respecto a la situación de partida clínica (Figura 47).

Sin embargo, como se observa en la tabla 13, las variables de anchura molar cuspídea y profundidad de arcada mostraron diferencias significativas entre la recreación virtual y los modelos digitales reales ( $p<,001$  y  $p<,000$  respectivamente). Por lo que dichas variables no resultan reproducibles.

**Tabla 12:** Resultados de la predictibilidad de las variables paramétricas en la reconstrucción inicial del *ClinCheck*<sup>®</sup> basada en la reproducción del modelo digital inicial.

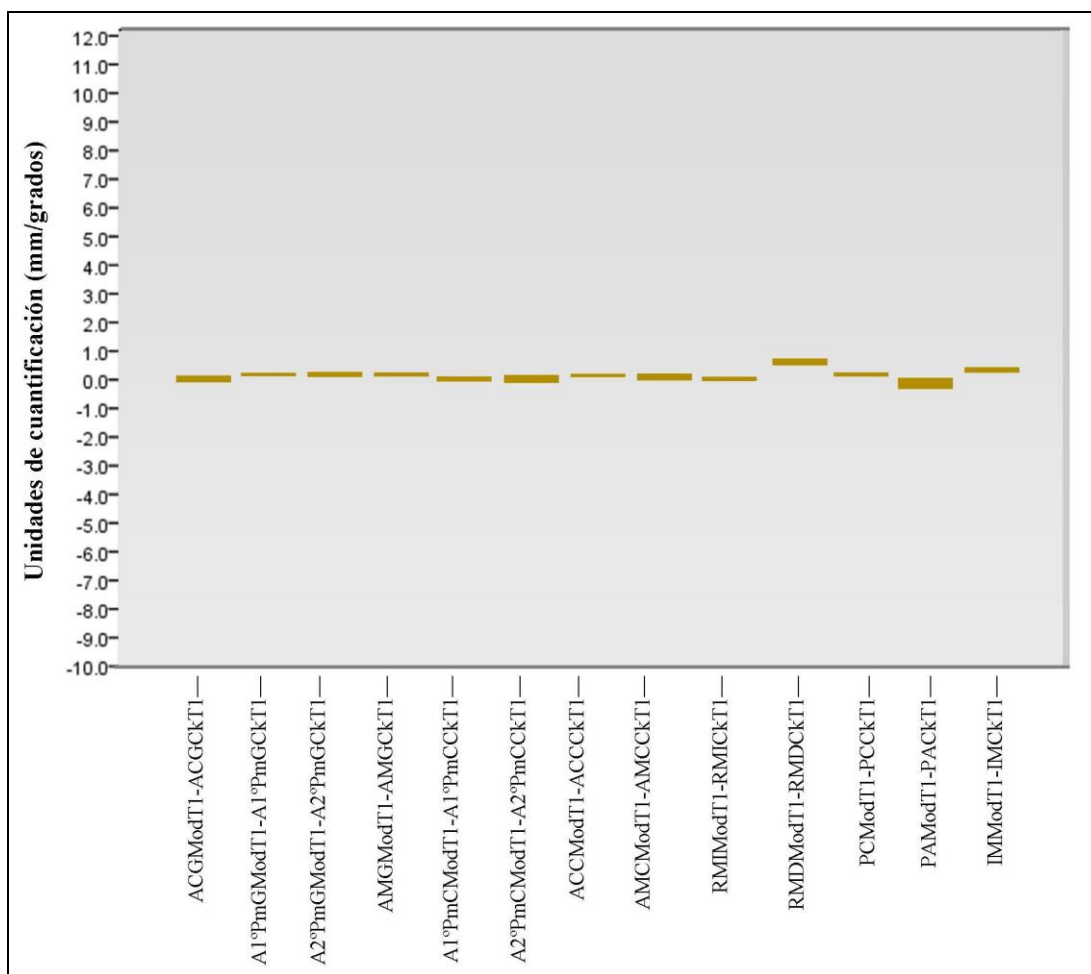
	IMCKT1- IMModT1	A1°PmGCKT1- A1°PmGModT1	RMDCKT1- RMDModT1
Z	-1,028°	-,455°	-1,628°
Asymp. Sig (2 tailed)	,304	,649	,103

**IMModT1-IMCKT1:** Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar *ClinCheck*<sup>®</sup> inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival *ClinCheck*<sup>®</sup> inicio; **RMDModT1-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha *ClinCheck*<sup>®</sup> inicio.

**Tabla 13:** Resultados de la predictibilidad de las variables no paramétricas en la reconstrucción del *ClinCheck*® basada en la reproducción del modelo digital inicial.

	Diferencias pareadas							
	t	df	Sig. (2-tailed)	95% Diferencia intervalo de confianza		Media	Desviación estándar	Error medio estándar
				Inferior	Superior			
<b>ACGM</b> odT1- <b>ACGCKT1</b>	,241	113	,810	-,22039	,17267	-,02386	1,05913	,09920
<b>A2°PmGM</b> odT1- <b>A2°PmGCKT1</b>	2,890	102	,147	-,03361	,18076	,14574	,56786	,12675
<b>AMGM</b> odT1- <b>AMGCKT1</b>	,424	101	,158	-,02631	,16004	,06686	,47436	,04697
<b>A1°PmCM</b> odT1- <b>A1°PmCCKT1</b>	-2,560	93	,073	-,21855	-,02762	-,13455	,45676	,42499
<b>A2°PmCM</b> odT1- <b>A2°PmCCKT1</b>	,741	113	,084	-,27622	,01779	-,12921	,79225	,07420
<b>ACCM</b> odT1- <b>ACCCKT1</b>	,832	114	,407	-,17671	,07219	-,05226	,67368	,06282
<b>AMCM</b> odT1- <b>AMCCKT1</b>	,331	111	,001	-,29251	-,07428	-,18339	,58274	,05506
<b>RMIM</b> odT1- <b>RMICKT1</b>	,367	112	,714	-,67342	,46280	-,10531	3,04792	,28672
<b>PCModT1-PCCKT1</b>	,1,018	101	,311	-,04697	,14599	,04951	,49120	,04884
<b>PAM</b> odT1- <b>PACKT1</b>	-8,672	111	,000	-,45147	-,28353	-,36750	,44847	,04238

**ACGModT1-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival *ClinCheck*® inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival *ClinCheck*® inicio; **AMGModT1-AMGCKT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival *ClinCheck*® inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide *ClinCheck*® inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide *ClinCheck*® inicio; **ACCModT1-ACCCKT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus anchura canina cuspídea *ClinCheck*® inicio; **AMCModT1-AMCCKT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus anchura molar cuspídea *ClinCheck*® inicio; **RMIModT1-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda *ClinCheck*® inicio; **PCModT1-PCCKT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina *ClinCheck*® inicio; **PAModT1-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada *ClinCheck*® inicio.



**Figura 47:** Gráfico de la media de cada una de las variables Modelo T1-ClinCheck® T1.

**ACGModT1-ACGCKT1:** Anchura canina gingival modelo inicio versus anchura canina gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmGModT1-A1°PmGCKT1:** Anchura primer premolar gingival modelo inicio versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® inicio; **A2°PmGModT1-A2°PmGCKT1:** Anchura segundo premolar gingival modelo inicio versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® inicio; **AMGModT1-AMGCKT1:** Anchura molar gingival modelo inicio versus anchura molar gingival ClinCheck® inicio; **A1°PmCModT1-A1°PmCCKT1:** Anchura primer premolar cúspide modelo inicio versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® inicio; **A2°PmCModT1-A2°PmCCKT1:** Anchura segundo premolar cúspide modelo inicio versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® inicio; **ACCModT1-ACCCKT1:** Anchura canina cuspídea modelo inicio versus anchura canina cuspídea ClinCheck® inicio; **AMCModT1-AMCCKT1:** Anchura molar cuspídea modelo inicio versus anchura molar cuspídea ClinCheck® inicio; **RMIModT1-RMICKT1:** Rotación molar izquierda modelo inicio versus rotación molar izquierda ClinCheck® inicio; **RMDModT1-RMDCKT1:** Rotación molar derecha modelo inicio versus rotación molar derecha ClinCheck® inicio; **PCModT1-PCCKT1:** Profundidad canina modelo inicio versus profundidad canina ClinCheck® inicio; **PAModT1-PACKT1:** Profundidad de arcada modelo inicio versus profundidad de arcada ClinCheck® inicio; **IMModT1-IMCKT1:** Inclinación molar modelo inicio versus inclinación molar ClinCheck® inicio.



---

### 5.5.2. Modelo digital post-tratamiento versus ClinCheck® final

Por último, se determinó la predictibilidad clínica del software *ClinCheck*® de Invisalign® tras la finalización del tratamiento (Tabla 14,15), analizando el grado de predictibilidad para cada una de las variables mediante la comparativa entre la expansión final lograda en el modelo digital final y la planificada en el *ClinCheck*® final precedido (Figura 48). Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el modelo y *ClinCheck*® final en las variables de anchura gingival a nivel de caninos, primer y segundo premolar y primer molar, además de anchura cuspídea a nivel de caninos, primer premolar, segundo premolar y molar, todos ellos con  $p < ,000$  y profundidad canina con  $p = ,013$ . Lo cual mostró un grado de predictibilidad deficiente entre la recreación virtual mediante el *ClinCheck*® con tratamiento precedido y los resultados finales observados. Implicando que los valores obtenidos no pueden ser precisos respecto a lo que clínicamente es esperable.

Sin embargo, variables como la rotación molar derecha (RMD) e izquierda, inclinación molar (IM) y profundidad de arcada, mostraron cambios predecibles en cuanto a los resultados precedidos por el software de reproducción y los cambios observados tras la realización del tratamiento, con un valor de  $p = ,626$ ,  $p = ,278$ ,  $p = ,095$  y  $p = ,493$  respectivamente (Tabla 14,15).

**Tabla 14:** Resultados de la predictibilidad de las variables paramétricas en la reconstrucción final del *ClinCheck*® en comparación con los modelos digitales reales post-tratamiento.

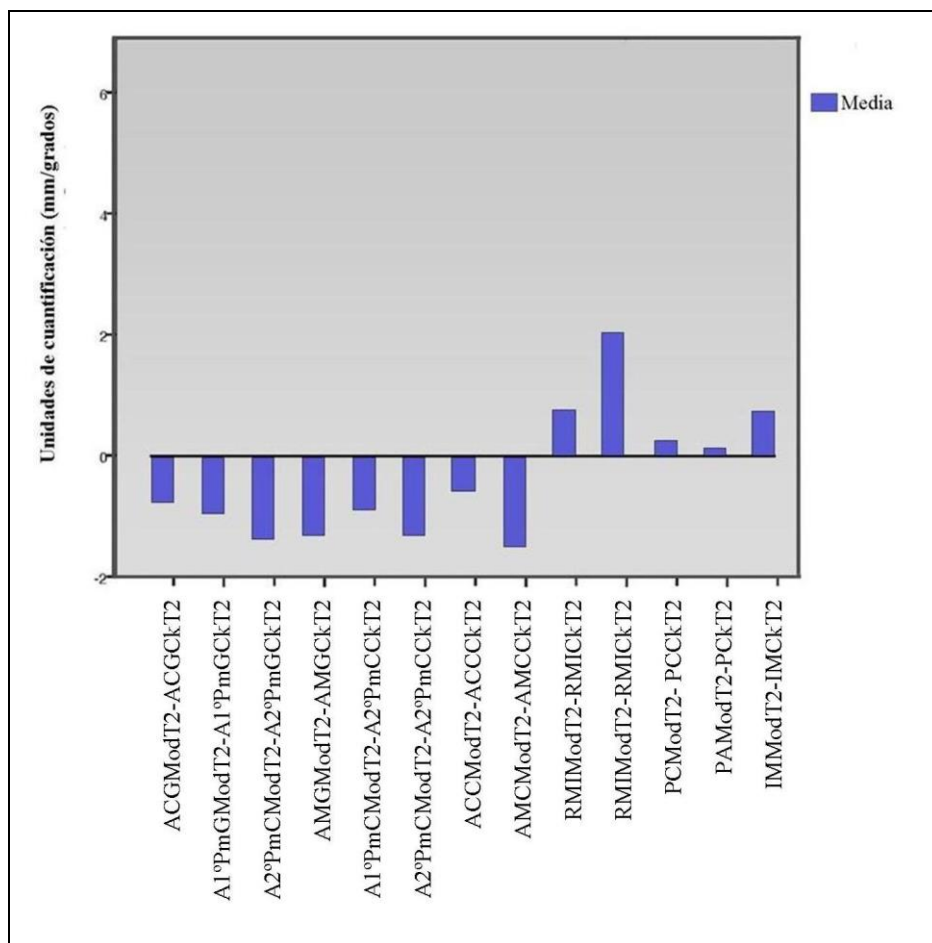
	A2°PmCCKT2- A2°PmCModT2	RMDCKT2- RMDModT2	IMCKT2- IMModT2
<b>Z</b>	-8,911°	-,487°	-1,669°
<b>Asymp. Sig (2 tailed)</b>	,0000	,626	,095

**A2°PmGModT2-A2°PmGCKT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival *ClinCheck*® final; **RMDModT2-RMDCKT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha *ClinCheck*® final; **IMModT2-IMCKT2:** Inclinación molar modelo final versus inclinación molar *ClinCheck*® final.

**Tabla 15:** Resultados de la predictibilidad de las variables no paramétricas en la reconstrucción final del *ClinCheck*® en comparación con los modelos digitales reales post-tratamiento

				Diferencias pareadas				
				95% Diferencia intervalo de confianza		Media	Desviación estándar	Error medio estándar
	t	df	Sig. (2-tailed)	Inferior	Superior			
<b>ACGM</b> odT2- <b>ACGCKT2</b>	-3,349	106	,001	-1,39058	-,35633	-,87356	2,69807	,26083
<b>A1°PmGM</b> odT2- <b>A1°PmGCKT2</b>	-13,030	96	,000	-1,28421	-,94466	-1,11443	,84237	,08553
<b>A2°PmGM</b> odT2- <b>A2°PmGCKT2</b>	-14,671	107	,000	-1,57760	-1,20203	-1,38981	,98445	,09473
<b>AMGM</b> odT2- <b>AMGCKT2</b>	-9,445	99	,000	-1,64329	-1,07271	-1,35800	1,43781	,14378
<b>A1°PmCM</b> odT2- <b>A2°PmCCKT2</b>	-9,965	98	,000	-1,20277	-,80329	-1,00303	1,00147	,10065
<b>ACCM</b> odT2- <b>ACCCKT2</b>	-7,570	114	,000	-,67802	-,39676	-,53739	,76128	,07099
<b>AMCM</b> odT2- <b>AMCM</b> odT2	-12,626	111	,000	-1,81702	-1,32405	-1,57054	1,31640	,12439
<b>RMIM</b> odT2- <b>RMICKT2</b>	1,090	111	,278	-,34185	-1,17756	,41786	4,05736	,38338
<b>PCM</b> odT2- <b>PCCKT2</b>	2,520	112	,013	,03518	,29402	,16460	,69435	,06532
<b>PAM</b> odT2- <b>PCKT2</b>	,687	110	,493	-,13705	,28263	,07279	1,11558	,10589

**ACGModT2-ACGCKT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival *ClinCheck*® final; **A1°PmGModT2-A1°PmGCKT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival *ClinCheck*® final; **AMGModT2-AMGCKT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival *ClinCheck*® final; **A1°PmCModT2-A1°PmCCKT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide *ClinCheck*® final; **A2°PmCModT2-A2°PmCCKT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide *ClinCheck*® final; **ACCModT2-ACCCKT2:** Anchura canina cuspídea modelo final versus anchura canina cuspídea *ClinCheck*® final; **AMCModT2-AMCCCKT2:** Anchura molar cuspídea modelo final versus anchura molar cuspídea *ClinCheck*® final; **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda *ClinCheck*® final; **PCModT2-PCCKT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina *ClinCheck*® final; **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada *ClinCheck*® final.



**Figura 48:** Gráfico de la media en cada una de las variables Modelo T2-ClinCheck® T2.

**ACGModT2-ACGckT2:** Anchura canina gingival modelo final versus anchura canina gingival ClinCheck® final; **A1°PmGModT2-A1°PmGckT2:** Anchura primer premolar gingival modelo final versus anchura primer premolar gingival ClinCheck® final; **A2°PmGModT2-A2°PmGckT2:** Anchura segundo premolar gingival modelo final versus anchura segundo premolar gingival ClinCheck® final; **AMGModT2-AMGckT2:** Anchura molar gingival modelo final versus anchura molar gingival ClinCheck® final; **A1°PmCModT2-A1°PmCckT2:** Anchura primer premolar cúspide modelo final versus anchura primer premolar cúspide ClinCheck® final; **A2°PmCModT2-A2°PmCckT2:** Anchura segundo premolar cúspide modelo final versus anchura segundo premolar cúspide ClinCheck® final; **ACCModT2-ACCckT2:** Anchura canina cuspídea modelo final versus anchura canina cuspídea ClinCheck® final; **AMCModT2-AMCckT2:** Anchura molar cuspídea modelo final versus anchura molar cuspídea ClinCheck® final; **RMIModT2-RMICKT2:** Rotación molar izquierda modelo final versus rotación molar izquierda ClinCheck® final; **RMDModT2-RMDckT2:** Rotación molar derecha modelo final versus rotación molar derecha ClinCheck® final; **PCModT2-PCCKT2:** Profundidad canina modelo final versus profundidad canina ClinCheck® final; **PAModT2-PACKT2:** Profundidad de arcada modelo final versus profundidad de arcada ClinCheck® final; **IMMModT2-IMCKT2:** Inclinación molar modelo final versus Inclinación molar ClinCheck® final.

---

Dicha predictibilidad fue calculada a su vez entre los distintos grupos G1, G2, G3 y G4 en función de la magnitud de la expansión planificada en el tratamiento. Obteniendo en todos los grupos diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en todas las variables respecto a la anchura tanto gingival como cuspídea, mientras que las variables de profundidad canina, profundidad de arcada, inclinación molar y rotación molar, mostraron ser predecibles ( $p > 0,05$ ) en cada uno de los grupos. Por otro lado, la variable de profundidad de arcada mostró ser precisa en aquellos pacientes sometidos a una expansión molar inferior a 2mm (G1).

---

## Discusión





---

Son pocos los artículos publicados que estudian la expansión mediante aparatos termoplásticos, tan sólo tres son los estudios encontrados al respecto mediante la aparatología Invisalign®<sup>23,59,118</sup>, existiendo diferencias sensibles en cuanto al poder estadístico obtenido mediante las limitaciones muestrales presentadas en estudios previos que se han tratado de suplir en el presente trabajo de investigación. El tamaño de la muestra utilizada en nuestro estudio fue de 116 pacientes, frente a los 51 pacientes de Clements y col.<sup>23</sup>, 37 de Kravitz y col.<sup>59</sup> y 40 de Pavoni y col.<sup>118</sup> El hecho de que la muestra de nuestro estudio triplique la analizada por Kravitz y col.<sup>59</sup>, y Pavoni y col.<sup>118</sup>, nos permite otorgar un grado adicional en cuanto a la fiabilidad y extrapolabilidad de los resultados extraídos del presente trabajo clínico<sup>129</sup>. Es bien conocido que emplear muestras pequeñas conlleva una pérdida de potencia en los contrastes de hipótesis, por lo que ampliar el tamaño de la muestra, dejando fijos los demás elementos -nivel de significación y tamaño del efecto-, aumenta la potencia de la prueba, siendo más probable detectar diferencias significativas entre los grupos cuando realmente éstas existen, dicho de otro modo, con una muestra pequeña la probabilidad de cometer un “falso negativo” se incrementa<sup>129</sup>.

Hay aspectos en los que nuestro estudio no puede ser comparado con los de Clements y col.<sup>23</sup> y Pavoni y col.<sup>118</sup> dado que no emplean el *ClinCheck*® y su superposición como punto de partida, mientras que nosotros lo que queremos valorar es si la expansión transversal planificada en el *ClinCheck*®, se cumple a nivel clínico. Es el estudio de Kravitz y col.<sup>59</sup> el único que analiza la predictibilidad de la expansión mediante la superposición del *ClinCheck*® pero a nivel antero-posterior y sólo en la zona anterior.

El primer estudio que alberga expansión fue publicado por Clements y col.<sup>23</sup> en él, evaluaron el índice PAR en cincuenta y un pacientes al comienzo y al final del

---

tratamiento con aparatología Invisalign®. Uno de los componentes evaluados por el índice PAR es la oclusión transversal, los autores observaron que veintiséis de los cincuenta y un pacientes, iniciaron el tratamiento con una oclusión transversal correcta y esta fue mantenida hasta el final del tratamiento, los veinticinco pacientes restantes iniciaron el tratamiento con una situación transversal no ideal, de los cuales el 79% mostró una mejoría, el 17% no presentó cambios transversales y un 4% sufrió un empeoramiento. Hay que tener en cuenta que los pacientes fueron divididos de forma aleatoria en cuatro protocolos de tratamiento: cambio de alineador cada siete días con un material blando, cambio de alineador cada siete días con un material duro, cambio de alineador cada catorce días con un material blando, y cambio de alineador cada catorce días con material duro, por lo que el porcentaje de éxito u fracaso de la expansión pudo ser alterado por la rigidez del material usado o periodo de cambio del alineador.

El segundo estudio que evalúa el movimiento de expansión fue publicado por Kravitz y col.<sup>59</sup>, donde analizaron la predictibilidad de los dientes anteriores en cada uno de los movimientos en treinta y siete pacientes, mediante la superposición del modelo final y su respectivo *ClinCheck*® final, empleando el software *ToothMeasure*®. A diferencia de nuestro estudio, Kravitz y col. analizaron la expansión de los dientes anteriores de ambos maxilares en sentido sagital, mientras que en el nuestro analizamos la expansión de caninos, primeros y segundos premolares y primeros molares maxilares en sentido transversal. Estos autores observaron que la eficacia del movimiento de expansión fue de un 40,5%, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre los distintos dientes evaluados. Al comparar el modelo final con su respectivo *ClinCheck*®, el movimiento de expansión no fue estadísticamente significativo, con  $p=,116$ , por lo que las diferencias en el movimiento protrusión de los incisivos entre modelo y *ClinCheck*® final no



---

fueron significativas. Esto quiere decir, que el movimiento de expansión en sentido sagital del frente anterior resulta predecible, mientras que según los resultados de nuestro estudio, los movimientos de expansión transversal en el sector postero-superior no resultan predecibles cuando los modelos post-tratamiento son comparados con los *ClinChecks*<sup>®</sup> finales correspondientes.

La mayoría de los estudios publicados<sup>22-24,118</sup> que evalúan los movimientos con aparatología Invisalign<sup>®</sup>, no analizan la comparación con el *ClinCheck*<sup>®</sup> final, sino mediante modelo inicial y final, sin tener en cuenta la previsión de movimiento estimado. Son pocos los que han estudiado la predictibilidad del *ClinCheck*<sup>®</sup><sup>17,18,59,101,102</sup>, autores como Krieger y col.<sup>17</sup> han estudiado la exactitud de la reproducción de la *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial, observando una diferencia mínima entre el modelo inicial y el *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial de 0,08mm (SD±0,3) en el resalte, 0,3mm (SD±0,4) en el sobremordida y 1mm (SD±0,4) cuando la línea media era comparada. Un año más tarde<sup>18</sup>, estos mismos autores realizaron un estudio basado en su estudio piloto<sup>17</sup>, observando que las diferencias entre el modelo inicial y los *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial fueron similares a las encontradas en el estudio piloto. En nuestro estudio, la reconstrucción del *ClinCheck*<sup>®</sup> inicial mostró ligeras diferencias siendo estadísticamente no significativas ( $p>,05$ ), en las siguientes variables: ACG, A1<sup>o</sup>PmG, A2<sup>o</sup>PmG, AMG, ACC, A1<sup>o</sup>PmC, A2<sup>o</sup>PmC, RMI, RMD, PC e IM; mientras que diferencias estadísticamente significativas se encontraron en la AMC con  $p=,001$ , y PA con  $p<,000$  (Tabla 12, 13).

Para la cuantificación de los movimientos Kravitz y col.<sup>59</sup> emplearon el software *ToothMeasure*<sup>®</sup>, para ello tomaron impresiones de polivinilsiloxano después de completar la serie de alineadores, y estas fueron enviadas a Align Technology, Inc. Este software permite medir imágenes virtuales mediante la aplicación de una cuadrícula virtual que se emplea sobre los diferentes planos. La escala de

---

esta cuadrícula es ajustable, desde 1mm a 50mm, siendo la escala de 1mm la elegida por los autores para la medición de los movimientos. Sin embargo, para nuestro estudio empleamos una herramienta llamada Measure®, se trata de un calibre informático flotante que permite analizar dimensiones, proporciones y angulaciones sobre la imagen existente en la pantalla del ordenador, permitiendo medir en una escala de décimas de milímetro, cuestión que consideramos importante, ya que no entendemos como llegan a determinar mediante el *ToothMeasure*® las décimas de milímetro no especificando como obtienen resultados decimales.

Dos técnicos de Align Technology, Inc. fueron asignados para superponer el *ClinCheck*® final y su correspondiente modelo 3D final sobre los dientes posteriores, que no fueron movidos en el tratamiento a través del software *ToothMeasure*®, para calcular la diferencia entre ellos y determinar la predictibilidad de los movimientos en cada uno de los dientes. El gran inconveniente de este procedimiento es el de carecer de las garantías de un punto fiable para la superposición, como podría ser el uso de implantes o áreas anatómicas que no sufran modificación, y aunque este autor utiliza los dientes posteriores que no van a ser movilizados como punto de referencia, no es menos cierto que el colocar un alineador con información de movimiento en el sector anterior no vaya a tener repercusión en los sectores posteriores, ya que autores como Su y col.<sup>130</sup> han demostrado que durante el alineamiento ortodóncico, se produce una pérdida de anclaje posterior con una inclinación mesial de los molares más pronunciada en el maxilar superior.

Para nuestro estudio hemos empleado las rugas palatinas como punto de referencia para la superposición, ya que son numerosos los autores<sup>131,132</sup> que han demostrado la gran capacidad de localización gracias a ser individuales para cada persona, sufrir ligeros cambios en el crecimiento y mantenerse

---

estable en el adulto, siendo ampliamente usado este método para la identificación forense<sup>131</sup>. Más específicamente, para nuestro estudio empleamos los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina, ya que autores como Jang y col.<sup>133</sup>, han observado que la región posterior de la bóveda palatina es la que menos cambios sufre tras la aplicación de movimientos ortodóncicos, siendo la tercera ruga palatina la más estable. Chen y col.<sup>134</sup> han demostrado que incluso tras la extracción de los primeros premolares superiores, el empleo de los dos tercios mediales de la tercera ruga palatina en adultos, es igual de fiable que el empleo de anclaje óseo con mini-tornillos, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre los distintos métodos de superposición, por lo que se trata de una región estable, ideal para registrar modelos digitales en 3D para la evaluación del movimiento dental ortodóncico en pacientes adultos. Autores como Barbieri y col.<sup>135</sup>, no han encontrado cambios en los patrones de las rugas palatinas en pacientes tratados con expansión rápida del paladar, con un intervalo de confianza del 95% en la calibración del error técnico intra-evaluador, estos autores concluyeron que el análisis de las rugas palatinas es un método de identificación fiable incluso en pacientes que son sometidos a expansión rápida de paladar.

Sin embargo, Damstra y col.<sup>136</sup>, observaron cambios en las rugas palatinas, y más acentuados en la zona media de la tercera ruga palatina en adolescentes de  $12,5 \pm 2,1$  años de edad que eran sometidos a disyunción esquelética a un ritmo rápido a nivel del maxilar superior. Hay que tener en consideración que nuestro estudio ha sido realizado en pacientes adultos con una media de edad de 36,57 años, además de ser excluidos todos aquellos pacientes que necesitaron expansión esquelética o fueron sometidos a aparatología auxiliar como quadhelix o disyuntor. No existen estudios publicados sobre la afectación de las rugas palatinas y la expansión lenta del maxilar, igualmente, nuestra muestra

---

está formada por pacientes en los que el crecimiento ha cesado, a diferencia del estudio realizado por Damstra y col.<sup>136</sup>.

Otro método de superposición es el propuesto por Simon y col.<sup>101</sup>, mediante un escaneado láser de los modelos de inicio y fin de tratamiento. Para ello, se requiere el registro de los puntos de medición mediante un dispositivo de cámara de carga-acoplada (CCD) con una precisión de aproximadamente 20 micras. A continuación, los escaneados individuales son agrupados y fusionados en una única nube de puntos mediante el ordenador para obtener un conjunto de datos 3D, los *ClinChecks*® fin de tratamiento fueron proporcionados por Align Technology, Inc. como modelo virtual 3D, el conglomerado de puntos del modelo pre-tratamiento (T1), post-tratamiento (T2), así como el *ClinCheck*® post-tratamiento (Ck T2) se analizaron en el software Surfacer 10.0 (Imageware / Siemens PLM Software, Plano, Texas, EE.UU.), cada punto de la nube de (T1), (T2) y (Ck T2) fueron segmentados en dientes individuales. El modelo post-tratamiento (T2) y el *ClinCheck*® final (Ck T2) fueron superpuestos sobre la situación inicial (T1) mediante un algoritmo de coincidencia. Finalmente para calcular el movimiento planificado se superpuso el modelo inicial (T1) sobre el *ClinCheck*® final (Ck T2), y para determinar la eficacia de los movimientos, se calculó la diferencia existente entre el *ClinCheck*® final (Ck T2) y el modelo post-tratamiento (T2).

Otro estudio en el que se analizó el movimiento de expansión con el sistema Invisalign® fue publicado por Pavoni y col.<sup>118</sup> con el fin de comparar la expansión lograda con el sistema Invisalign® versus aparatología multibrackets de baja fricción. Para ello, seleccionaron una muestra de 40 pacientes que requerían aumento de la dimensión transversal, y fue dividida de forma equitativa en dos grupos, un grupo tratado con aparatología Invisalign® y otro

---

grupo tratado con brackets de auto-ligado (Time3®). Todos los pacientes presentaban maloclusión Clase I con apiñamiento leve, dentición permanente y no habían cursado tratamiento de ortodoncia previo. Las mediciones se efectuaron en los modelos iniciales y finales, sin realizar superposición entre ellos, se analizó la anchura lingual a nivel de los caninos, primer y segundo premolar y el primer molar superior, tomando como referencia el punto de contacto entre el centro de la cara lingual del diente y la encía. A su vez, se analizó la anchura cuspídea canina y la anchura a nivel de las fosas de los primeros y segundos premolares y primeros molares, además de la profundidad de arcada y el perímetro de arcada.

Dichos autores observaron que el grupo tratado con brackets de autoligado sufrió un aumento en la anchura canina cuspídea de 3,15mm (SD±2,3), siendo menor a nivel lingual, con 0,80mm (SD±1,67). Los primeros y segundos premolares mostraron un aumento a nivel lingual de 2,45mm (SD±2,01) y 2,15mm (SD±2,03), mientras que a nivel de las fosas fue de 3,40mm (SD±1,96) y 2,50mm (SD±2,16) respectivamente. La menor discrepancia fue observada a nivel molar, con un aumento en la anchura lingual de 0,30mm (SD±2,15), y 0,90mm (SD±2,45) a nivel de la fosa. Sin embargo, cuando dichos resultados fueron comparados con los valores obtenidos en nuestro estudio, la expansión con brackets de autoligado de Pavoni y col.<sup>118</sup> resultó ser mayor a la lograda con Invisalign® en nuestro estudio, obteniendo una media de anchura canina cuspídea de 1,38mm. A nivel gingival, los caninos mostraron un aumento de 0,54mm, primeros premolares 1,39mm y segundo premolar 1,25mm. Mientras que a nivel de los primeros molares la media de expansión en el grupo de autoligado fue menor a la obtenida en nuestro estudio, 0,30mm versus 0,56mm.

---

Asimismo, el grupo tratado con aparatología Invisalign® mostró un aumento en todas las mediciones de anchura, pero en menor medida que el grupo tratado con bracket de baja fricción. Observándose un aumento en la anchura canina a nivel de las cúspides de 0,50mm (SD±1,10), y 0,05mm (SD±0,69) a nivel lingual. Los primeros y segundos premolares sufrieron un aumento a nivel lingual de 0,15mm (SD±0,59) y 0,30mm (SD±0,80) respectivamente, y 0,05mm (SD±0,51) a nivel molar. Sin embargo, la anchura a nivel de las fosas siguió un orden creciente, siendo la menor medida la anchura a nivel de los primeros premolares con 0,05mm (SD±0,51), seguida de los segundos premolares con 0,45mm (SD±0,51) y finalmente la anchura molar con 0,50mm (SD±0,51). No obstante, dichos valores fueron menores en cada una de las variables comparativamente con nuestro estudio, siendo la media de expansión gingival cuspídea 1,38mm canina, anchura gingival canina de 0,54mm, 1,39mm en los primeros premolares, 1,25mm en el segundo premolar y 0,56mm en el primer molar. Sin embargo, resultados similares han sido encontrados en cuanto a la profundidad de arcada, siendo en el estudio de Pavoni y col de 0,00mm y -0,02mm en nuestro estudio.

Al comparar ambos grupos, estos autores observaron diferencias estadísticamente mayores en el grupo tratado con brackets de autoligado frente al grupo tratado con Invisalign® en las medidas de anchura intercanina cuspídea ( $p<,000$ ), anchura lingual y fosa de primer premolar ( $p<,000$  y  $p<,000$  respectivamente), y segundo premolar ( $p<,001$  y  $p<,000$  respectivamente), además de la profundidad de arcada ( $p<,034$ ). El tiempo medio de tratamiento fue similar para ambos grupos,  $18\pm 3$  meses en el grupo tratado con aparatología multibrackets de baja fricción frente a los  $18\pm 2$  meses tratados con Invisalign®. Así pues, lo que podemos deducir de este artículo es que ambas técnicas logran expansión del maxilar, aunque en una menor magnitud cuando el sistema de Invisalign® es empleado.

---

El objetivo de nuestro estudio no se centra en considerar la magnitud de expansión que se consigue con el sistema Invisalign® o determinar su eficacia en comparación con otra aparatología, sino de cuantificar la predictibilidad del movimiento planificado. Entre las limitaciones de este estudio cabe destacar la escasa muestra de cuarenta pacientes, veinte de cada grupo, frente a los 116 analizados en nuestro estudio. Además de no especificar la forma de arco empleada para los pacientes tratados con brackets y no cuantificar la cantidad de expansión estimada en el *ClinCheck*® final, con el fin de determinar la tasa de predictibilidad del movimiento de expansión como ha sido realizada en nuestro estudio.

Analizando específicamente otros movimientos y su predictibilidad del presente trabajo se arrojan diversos datos interesantes. Al comparar el modelo final con el *ClinCheck*® final (Tabla 14, 15), se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable de anchura gingival a nivel de caninos con un valor de  $p < ,001$ , primer y segundo premolar, y primer molar, anchura cuspídea a nivel de caninos, primer y segundo premolar y molar, todos ellos con  $p < ,000$ , además de la profundidad canina con  $p = ,013$ , por lo que dichas variables mostraron no ser predecibles. Lo cual mostró un grado de predictibilidad deficiente entre la recreación virtual mediante el *ClinCheck*® con tratamiento predecido y los resultados finales observados. Implicando que los valores obtenidos no pueden ser precisos respecto a lo que clínicamente es esperable.

Mientras que la rotación molar derecha e izquierda, inclinación molar, y profundidad de arcada mostraron cambios estadísticamente no significativos entre el modelo y *ClinCheck*® final, con un valor de  $p = ,626$ ,  $p = ,278$ ,  $p = ,095$ , y  $p = ,493$  respectivamente. Lo que sugiere una correcta planificación de la recreación virtual mediante el *ClinCheck*® final. En este sentido algunos estudios

---

han evaluado la predictibilidad de la rotación de los incisivos, caninos y premolares, pero ninguno de ellos ha estudiado la eficacia de la rotación molar. Kravitz y col.<sup>102</sup> concluyeron que el diente más predecible para el movimiento de rotación es el incisivo central superior con un 54,2%, siendo el menos predecible el canino inferior. Simon y col.<sup>101</sup> estudiaron la eficacia de la distalización molar, desrotación premolar y corrección de torque de los incisivos, concluyendo que la exactitud más baja se observó en el grupo de desrotación premolar, teniendo una diferencia estadísticamente significativa entre el movimiento previsto del *ClinCheck*<sup>®</sup> y el movimiento logrado. Ambos estudios han demostrado que existe diferencia estadísticamente significativa cuando la desrotación es superior a 15°, sin embargo, si el movimiento iba acompañado o no de *attachment*, no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas. En nuestro estudio por lo contrario, podemos observar una buena predictibilidad del movimiento de desrotación molar, existiendo una diferencia de  $p=,626$  para la rotación molar derecha, y  $p=,278$  para la rotación molar izquierda, entre el modelo y el *ClinCheck*<sup>®</sup> final, si bien es cierto, no hemos analizado la predictibilidad en función de la magnitud de desrotación y la presencia de *attachment*, por lo que existe una falta de predictibilidad en el acabado cuando estos son comparados con la finalización programada en el *ClinCheck*<sup>®</sup>. No obstante, las medidas obtenidas de correlación intraclase para la variable de rotación molar (Tabla 8) no han obtenido valores sólidos tras los test de repetición, por lo cual los valores extraídos del presente trabajo no pueden ser tomados como valores de referencia reales.

Autores como Kassas y col.<sup>111</sup> han mostrado que existe una mejoría en la finalización tras la realización de tratamientos ortodóncicos con aparatología Invisalign. Para ello, evaluaron las diferencias existentes entre los modelos inicio y fin de tratamiento mediante el sistema de clasificación de modelo (MGS) del ABO. Las variables de alineamiento, inclinación buco-lingual, resalte, altura



---

de crestas marginales y puntos de contacto del MGS sufrieron una mejoría después de finalizar el tratamiento con Invisalign, siendo los cambios más significativos la alineación ( $15,16 \pm 5,00$  en comparación con  $6,00 \pm 3,78$ ;  $p < ,001$ ) y la inclinación bucolingual ( $7,00 \pm 3,14$  vs  $6,26 \pm 3,58$ ;  $p < ,024$ ). No obstante, el valor de la variable, contactos oclusales y relación oclusal, mostró valores negativos ( $p > ,05$ ), la inclinación radicular no fue valorada por la mala calidad radiográfica. No hubo grupo de control tratado con un aparatología fija multibrackets, de manera que la mejoría estadísticamente significativa en las puntuaciones totales de MGS, fue evaluada entre modelos pre y post-tratamiento de los pacientes tratados con Invisalign.

Unos años más tarde, Djeu y col.<sup>88</sup> estudiaron la diferencia existente en el índice de éxito de finalización según el sistema de clasificación de objetivo (OGS) del ABO en los pacientes tratados con aparatología Invisalign versus aparatología multibrackets (Tip-edge). Seleccionaron una muestra de noventa y seis pacientes con una puntuación en el índice de discrepancia (DI) de 18,67 para el grupo de Invisalign y 19,85 para el grupo con aparatología multibrackets, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $p = ,9066$ ). Tras la evaluación del éxito de acabado, según el OGS, las puntuaciones medias fueron -45,35 para el grupo de Invisalign y -32,21 para el grupo de brackets, existiendo una diferencia estadísticamente significativa ( $p < ,0001$ ). A modo recordatorio, cuanto menor es la puntuación obtenida en OGS, mayor será la tasa de aprobado; consistiendo el éxito en una calificación inferior o igual a 30 puntos<sup>137</sup>. Es importante destacar que la puntuación de las variables de inclinación bucolingual, contactos oclusales, relaciones oclusales y resalte fueron estadísticamente mayores en el grupo tratado con Invisalign, siendo sólo diez casos los que aprobaron, y treinta y ocho los fracasados, el grupo con brackets, veintitrés recibieron una calificación de aprobación y veinticinco fracasaron, existiendo una diferencia significativa entre ambos grupos

---

( $p=,0052$ ). Asimismo, el tiempo de tratamiento fue estadísticamente significativo, siendo mayor en el grupo tratado con brackets ( $p=,0138$ ). Dado que dicha aparatología es removible, un factor muy a tener en cuenta para el éxito de la finalización, es el tiempo de uso, sin embargo, la mayoría de los artículos que evalúan la predictibilidad del movimiento, no mencionan el número de horas empleados por alineador<sup>17,18,123</sup> otros autores como Kravitz y col.<sup>102</sup> asumen que los aparatos fueron empleados veintidós horas al día, según las indicaciones del fabricante. Como ya mencionamos anteriormente, sólo los alineadores de Invisalign Teen® para adolescentes incorporan detectores de colaboración, por lo que no es posible determinar el número de horas empleado por los adultos. Tuncay y col.<sup>86</sup> llevaron a cabo un estudio en adolescentes con aparatología Invisalign Teen® con el objetivo de determinar el nivel de colaboración, observando que la decoloración del indicador de colaboración estaba altamente correlacionada con el número de horas de empleo descrita por cada uno de los pacientes. Sin embargo, este detector no es altamente fiable, ya que puede ser alterado por la ingesta de bebidas gaseosas ácidas, el empleo de pastillas limpiadoras o el almacenamiento en agua en altas temperaturas, dando lugar a falsos positivos<sup>84</sup>.

Por este motivo se han incorporado nuevos protocolos para minimizar en lo posible los movimientos menos predecibles con este sistema. En el año 2003, Align Technology, Inc. creó un comité clínico asesor (CAB) formado por 13 ortodoncistas con una alta experiencia en la técnica Invisalign®, este grupo decidió formalizar un nuevo protocolo ya usado por varios profesionales de este CAB debido al éxito experimentado, lo que impulsó a Align Technology, Inc. a adaptar la mayoría de sus elementos para realizar un “*BestPracticesProtocol*”<sup>25</sup>, con el fin de mejorar los resultados de los tratamientos. Este nuevo protocolo no fue estandarizado para el resto de los ortodoncistas hasta el 1 de Enero de 2007. Uno de los principios de este protocolo consistía en reducir la velocidad de movimiento cuando uno o varios dientes requerían una mayor cantidad de

---

movimiento con un mayor número de pasos (el “diente determinante”), de este modo, dicho diente debía de mantener la velocidad establecida, disminuyendo la del resto de los dientes. Asimismo, se debía reducir la velocidad estándar en ciertos movimientos menos predecibles incluyendo la rotación, extrusión y torque, manteniéndose un espacio visible de aproximadamente 1mm, entre dientes durante el movimiento de un diente tras otro. En los casos con apiñamiento, según el protocolo debía de realizarse expansión como primer método para aumentar el espacio habitable, en vez de IPR. En caso de llevar a cabo IPR para la corrección de discrepancia de Bolton o cualquiera alteración de tamaño, este debía de retrasarse hasta conseguir un correcto alineamiento, con el fin de evitar la eliminación innecesaria de esmalte. A su vez, se recomendaba el uso de *attachments* horizontales en los premolares con 1mm de espesor buco-lingual para aumentar la retención del alineador durante los movimientos de intrusión, como sucede durante la nivelación de la curva de *Spee* por causa de extrusión anterior y para el control del eje axial del diente durante el movimiento de torque, y el uso de *attachments* verticales rectangulares con 1mm de espesor, para las rotaciones de dientes redondos o caninos, al igual que en los casos de extracciones para el movimiento de traslación de los dientes adyacentes a la extracción, hoy en día, dichos *attachment*, han sido reemplazados por los *attachment* optimizados. Dichas variaciones clínicas son importantes a tener en cuenta, ya que afectan a la predictibilidad del tratamiento. Los pacientes de nuestro estudio fueron tratados por un único doctor, especialista en la técnica desde el año 2000, *Clinical Council* de Align Technology, Inc., por lo que interviene en los proyectos de mejora e innovación del sistema Invisalign®, estando a la última de las nuevas incorporaciones. El periodo de cambio de alineador empleado en nuestro estudio fue cada diez días, mientras que el protocolo establecido por la compañía Align Technology, Inc., es de catorce días. Autores como Bollen AM y col.<sup>22</sup> en el año 2003 inician un estudio para establecer el periodo óptimo de cambio de alineador, dividiendo la muestra en dos grupos, cambio de alineador cada siete días y cada catorce días.

---

A su vez, la muestra fue dividida en función de la dureza del material del alineador empleado, duro o blando, observando que sólo quince de los cincuenta y un pacientes finalizaron satisfactoriamente la serie de alineadores, no siendo sustancialmente diferente en relación al intervalo de cambio de férula o material empleado, aunque el grupo sometido a intervalos de catorce días mostró una mayor tendencia a finalizar con éxito, pero no de forma significativa. Posteriormente, Clements y col.<sup>23</sup> continúan el estudio analizando la finalización mediante el índice PAR de los casos anteriores, obteniendo una mayor puntuación los pacientes sometidos al material rígido con activación cada dos semanas, aunque no fue estadísticamente significativa ( $p < .05$ ). Unos años más tarde, el mismo grupo de investigadores<sup>24</sup> estudiaron la importancia de la rigidez del material y del tiempo de activación sobre el comportamiento de los dientes adyacentes al espacio de extracción, observando que el *tipping* era significativamente mayor en los dientes adyacentes a la extracción de premolar, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en el material empleado o periodo de cambio del alineador en relación a la inclinación del premolar.

Más recientemente, Drake y col.<sup>138</sup> realizaron un estudio *in vivo* en el cual compararon un grupo control del treinta y siete pacientes, con un periodo de cambio de alineador de catorce días, frente a un grupo experimental de quince pacientes, con un cambio de alineador de siete días. Ambos grupos presentaban dentición permanente, con al menos un incisivo central superior con espacio suficiente para permitir el movimiento antero-posterior de 2mm. Los sujetos del grupo experimental fueron provistos de cuatro alineadores maxilares, los cuales fueron duplicados para la sustitución de un nuevo alineador al comienzo de cada semana impar, mientras que el grupo control sólo llevó cuatro alineadores con un período de cambio de dos semanas, los alineadores de ambos grupos fueron programados para mover un incisivo central 0,5mm cada

---

dos semanas, para un movimiento dental programado total de 2mm. Al analizar los resultados, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p=,72$ ), con una media de movimiento total de 1,11mm (SD±0,30) para el grupo con cambio semanal, y 1,07mm (SD±0,33) para el grupo con cambio bisemanal. No obstante, el movimiento ortodóncico dentario ocurrió 4,4 veces más durante la primera semana, con una diferencia estadísticamente significativa cuando era comparado con la segunda semana tanto en el grupo control como en el experimental ( $p<,001$ ). Produciéndose en el grupo experimental una media de movimiento durante la primera semana de 0,21mm (SD±0,09) frente a 0,23mm (SD±0,13) en el grupo control, mientras que en la segunda semana sólo se obtuvo una media de 0,07mm (SD±0,08) y 0,04mm (SD±0,11) respectivamente.

Otro punto a tener en cuenta en nuestro estudio, es la alta homogeneidad de la muestra seleccionada a partir de 365 pacientes tratados con aparatología Invisalign® en una misma clínica privada por un único doctor. Esta muestra fue clasificada en función de si los pacientes fueron sometidos a expansión o no, recolectando un total de 171 pacientes, finalmente 55 pacientes fueron excluidos por no cumplir los criterios de inclusión: modelo inicial o final, tercera ruga palatina bien definida, ausencia de *attachment* en el modelo inicial o final, o presencia de más de dos modelos, obteniendo una muestra total de 116 pacientes. Todos ellos emplearon el mismo material en los alineadores, Ex30, ninguno de ellos utilizaron elásticos de mordida cruzada y los pacientes con síndromes como el labio leporino fueron excluidos, por lo que no hubo alteración de los resultados (Figura 45).

Futuras nuevas líneas de investigación deben de realizarse sobre la predictibilidad de la expansión con el material *Smart-Track*, ya que es bien

---

sabido, que la introducción de este nuevo material a principios de 2013 por Align Technology, Inc. [www.invisalign.es](http://www.invisalign.es), se realizó con el objetivo de eliminar algunas de las desventajas del material Ex30, así como la pérdida de fuerza que se produce con el paso del tiempo, presionando sólo durante los primeros días. Un estudio piloto<sup>47</sup> realizado por la propia compañía, mostró que el material *Smart-Track* proporciona fuerzas ligeras y constantes a través de una mayor elasticidad del material que permite una mejor adaptación a la morfología de los dientes, los accesorios y los espacios interproximales, produciéndose un mayor control en la rotación dental y extrusión, no habiendo estudios ajenos a la compañía Align Technology, Inc. que lo certifiquen. En este sentido el desarrollo de nuevos materiales debe de ir avalado por estudios independientes que permitan su comparación con los resultados extraídos del presente trabajo y que ponen en entredicho ciertos grados de predictibilidad obtenidos en el movimiento de expansión estimado en el sistema de reproducción virtual (*ClinCheck*®) que sin embargo es el que está actualmente disponible y en pleno uso en todas nuestras clínicas. Hasta donde conocemos a fecha de hoy, este es el primer estudio realizado *in vivo* en humanos para la cuantificación de la predictibilidad en el movimiento de expansión en una muestra homogénea de pacientes tratados con Invisalign® con material Ex30.

---

## Conclusiones







---

**PRIMERA-** Hemos desarrollado un nuevo método de cuantificación de la predictibilidad de la expansión con el sistema Invisalign®, mediante la comparativa entre el modelo final del paciente y el modelo virtual final planificado (*ClinCheck*® final).

**SEGUNDA-** El Método del error ha mostrado una gran precisión, no existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $p>,05$ ) en ninguna de las variables. Esto evidencia una buena concordancia intra-observador para este nuevo método de medición.

**TERCERA** - Existe una gran exactitud en la creación del modelo virtual inicial (*ClinCheck*® inicial), no existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $p>,05$ ) en las variables de anchura gingival a nivel de caninos, primer y segundo premolar, y primer molar, anchura cuspídea a nivel de caninos, primer y segundo premolar y molar, rotación molar derecha e izquierda, profundidad canina e inclinación molar.

**CUARTA-** La expansión planificada mediante el modelo virtual (*ClinCheck*® final), no resulta predecible en las variables de anchura gingival a nivel de caninos, primer y segundo premolar, y primer molar, anchura cuspídea a nivel de caninos, primer y segundo premolar y molar, además de la profundidad canina.

**QUINTA-** Es el primer estudio realizado *in vivo* en humanos para la cuantificación de la predictibilidad en el movimiento de expansión en pacientes tratados con Invisalign® con material Ex30. Futuras líneas de investigación deben de realizarse sobre la predictibilidad de la expansión con el material *Smart-Track*.



---

## Bibliografía





- 
1. Kesling HD . The philosophy of the tooth positioning appliance. Am J Orthod 1945;31:297-304.
  2. Rivero JC, Roman M. La Técnica Invisalign. Expoorto'09. 1ª ed. Madrid: Editorial Ripano, S. A.; 2009. p. 352. ISBN 13: 978-84-936756-9-1.
  3. Nahoum HI. The vacuum formed dental contour appliance. N Y State Dent J 1964;9:385-90
  4. Pontiz RJ. Invisible retainers. Am J Orthod 1971;59:266-72.
  5. McNamara JA , Kramer KL, Juenker JP. Invisible retainers. J Clin Orthod 1985;19:570-8
  6. Truax LH. Truax Clasp-less appliance system. Funct Orthod 1992;9:22-8.
  7. Padrós E. Ortodoncia invisible. Cuándo y para qué. Rev Esp Ortod. 2011;41:95-101.
  8. Kim TW, Echarri P. Clear aligner: an efficient, esthetic and comfortable option for an adult patient. World J Orthod 2007;8:13-8.
  9. Rollet D, Graindorge JC, Guézennec P. A new concept: elastodontics. Rev Orthop Dento Faciale. 1991;25:149-67.
  10. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. J Clin Orthod 1993;27:37-45
  11. Rinchuse DJ, Rinchuse DJ. Active tooth movement with Essix based appliances. J Clin Orthod 1997;31:109-112
  12. Lindauer SJ, Shoff RC. Comparasion of Essix and Hawley retainers. J Clin Orthod 1998;32:95-7
  13. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix thermosealed appliances: various orthodontic uses. J Clin Orthod 1995; 29:108-13
  14. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix appliances: Minor tooth movement with divots and windows, J Clin Orthod 1994;28:659-663.
  15. Duong T. History and overview of the Invisalign System. En: Tuncay OC, coordinador. The Invisalign system. 1ªed. New Malden: Quintessence Publishing Co; 2006.p.25-33.
  16. Boyd RL, Vlaskalic V. Three-dimensional diagnosis and orthodontic

- 
- treatment of complex malocclusions with the Invisalign Appliance. *Semin Orthod* 2001;7:274-93.
17. Krieger E, Seiferth J, Saric I, Jung BA, Wehrbein H. Accuracy of Invisalign® treatments in the anterior tooth region. First results. *J Orofac Orthop* 2011;72:141-9
  18. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved?. *Orofac Orthop* 2012 Sep; 73:365-76.
  19. Joffe L. Current products and practice Invisalign: early experiences. *J Orthod* 2003;30:348-52.
  20. Keating AP, Knox J, Bibb R, Zhurov AI. A comparison of plaster, digital and reconstructed study model accuracy. *J Orthod* 2008;35:191-201.
  21. Boyd RL. Orthodontic treatment of complex malocclusions with the Invisalign® appliance. *PCSO Bulletin* 2000;72:30-2.
  22. 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.
  23. 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.
  24. 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.
  25. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *J Clin Orthod* 2007;41: 525-47.
  26. Lagravere MO, Flores-Mir C. The treatment effects of Invisalign orthodontic appliances: a systematic review. *J Am Dent Assoc.* 2005;136:1724-9.

- 
27. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod* 2014;20. En prensa 2014.
  28. Turpin DL. Clinical trials needed to answer questions about Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005;127:157-8.
  29. Boyd RL. Surgical-orthodontic treatment of two skeletal Class III patients with Invisalign® and fixed appliances. *J Clin Orthod* 2005;39:245-58 .
  30. Giancotti A, Mampieri G, Greco M. Correction of deep bite in adults using the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2008;42:719-26.
  31. Marcuzzi E, Galassini G, Procopio O Castaldo A, Contardo L. Surgical-Invisalign treatment of a patient with Class III malocclusion and multiple missing teeth. *J Clin Orthod* 2010;44:377-84.
  32. Wong BH, Scholz RP, Turpin DL. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:540-1.
  33. Garino F, Garino GB, Castroflorio T. The iTero intraoral scanner: in Invisalign treatment: A two-year report. *J Clin Orthod* 2014;48:98-106.
  34. 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.
  35. Huget EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer. *J Dent Res* 1990;69:496-501.
  36. 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;126:725-8.
  37. Gracco A, Mazzoli A, Favoni O, Conti C, Ferraris P, Tosi G, Guarneri MP. Short-term chemical and physical changes in Invisalign appliances. *Aust Orthod J*. 2009;25:34-40.
  38. Eliades T, Pratsinis H, Athanasiou AE, Eliades G, Kletsas D. Cytotoxicity and estrogenicity of Invisalign appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:100-3.

- 
39. Pulgar R, Olea-Serrano MF, Novillo-Fertrell A, Rivas A, Pazos P, Pedraza V, et al. Determination of bisphenol A and related aromatic compounds released from bis-GMA-based composites and sealants by high performance liquid chromatography. *Environ Health Perspect* 2000;108:21-7.
  40. Al-Hiyasat AS, Darmani H, Elbetieha AM. Leached components from dental composites and their effects on fertility of female mice. *Eur J Oral Sci* 2004;112:267-72.
  41. Eliades T, Gioni V, Kletsas D, Athanasiou AE, Eliades G. Oestrogenicity of orthodontic adhesive resins. *Eur J Orthod* 2007;29:404-7.
  42. Eliades T, Hiskia A, Eliades G, Athanasiou AE. Assessment of bisphenol-A release from orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:72-5.
  43. Premaraj T, Simet S, Beatty M, Premaraj S. Oral epithelial cell reaction after exposure to Invisalign plastic material. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:64-71.
  44. Vlaskalic V, Boyd RL. Clinical evolution of the Invisalign appliance. *J Calif Dent Assoc.* 2002;30:769-76.
  45. Duong T, Kuo E. Finishing with invisalign. *Prog Orthod* 2006;7:44-55.
  46. Richmond S, Shaw WC, O'Brien KD, Buchanan IB, Jones R, Stephens CD, et al. The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. *Eur J Orthod* 1992;14:125-39.
  47. Invisalign [sede Web]\*. Lugar de publicación: Editor; Fecha de publicación [fecha de actualización/revisión; fecha de acceso]. Guía de introducción al material SmartTrack de los aligners. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/learn-invisalign/docs/SM\\_Brochure\\_es-es-es.pdf](https://s3.amazonaws.com/learn-invisalign/docs/SM_Brochure_es-es-es.pdf)
  48. Mayoral MA. El tratamiento alternativo con alineadores elásticos (sistema Invisalign). *Rev Esp Ortod* 2009;39:221-8.
  49. Boyd RL. Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. *J Dent Educ.* 2008 ;72:948-67.



- 
50. Pagina web invisalign
  51. Septimo Congreso Europeo de Invisalign® Summit. 23-26 de Mayo 2013; Roma, Italia: Invisalign® Summit; 2013.
  52. Hahn W, Zapf A, Dathe H, Fialka-Fricke J, Fricke-Zech S, Gruber R, et al. Torquing an upper central incisor with aligners--acting forces and biomechanical principles. *Eur J Orthod* 2010;32:607-13.
  53. Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, Debernardi C. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. *J Clin Orthod*. 2013;47:346-51.
  54. Humber P. Anterior open bites: old problem, new solutions. *Aesthetic dentistry today* 2011; 5:35-7.
  55. Roman M, Rivero JC, de la Torre M. Extrusión con el sistema Invisalign. *Ortodoncia Clínica* 2009;12:80-4.
  56. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Class II correction with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44:28-35.
  57. Fischer K. Invisalign treatment of dental Class II malocclusions without auxiliaries. *J Clin Orthod* 2010;44:665-72,
  58. Guarneri M, Gracco A, Farina A, Schwarze J. Attachment of intermaxillary elastics to thermoformed aligners. *J Clin Orthod* 2009;43:34-7.
  59. 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.
  60. Miller RJ, Kuo E, Choi W. Validation of Align Technology's Treat III digital model superimposition and its case application. *Orthod Craniofac Res* 2003;6:143-9.
  61. Ziuchkovski JP, Fields HW, Johnston WM, Lindsey DT. Assessment of perceived orthodontic appliance attractiveness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:S68-78.

- 
62. 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.e1-12.
  63. Walton DK, Fields HW, Johnston WM, Rosenstiel SF, Firestone AR, Christensen JC. Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:698.e1-12.
  64. Shalish M, Cooper-Kazaz R, Ivgi I, Canetti L, Tsur B, Bachar E, et al. Adult patients' adjustability to orthodontic appliances. Part I: a comparison between Labial, Lingual, and Invisalign™. *Eur J Orthod* 2012;34:724-30.
  65. Miller KB, McGorray SP, Womack R, Quintero JC, Perelmuter M, Gibson J, et al. 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.e1-9.
  66. Alstad S, Zachrisson BU. Longitudinal study of periodontal condition associated with orthodontic treatment in adolescents. *Am J Orthod* 1979;76:277-86.
  67. Basdra EK, Huber H, Komposch G. Fluoride released from orthodontic bonding agents alters the enamel surface and inhibits enamel demineralization in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:466-72.
  68. Bishara SE, Chan D, Abadir EA. The effect on the bonding strength of orthodontic brackets of fluoride application after etching. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:259-60.
  69. Boyd RL, Baumrind S. Periodontal considerations on the use of bonds or bands in molars in adolescents and adults. *Angle Orthod* 1992;62:117-26.
  70. Boyd RL, Leggott PJ, Quinn RS, Eakle WS, Chambers D. Periodontal implications of orthodontic treatment in adults with reduced or normal periodontal tissues versus those of adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;56:191-9.

- 
71. Boyd RL, Murray P, Robertson PB. Effect of rotary electric toothbrush versus manual toothbrush on periodontal status during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96: 342-7.
  72. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Griswold PG. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:29-37.
  73. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett A. Incidence of white spot formation after banding and bonding. *Am J Orthod* 1982;81:93-8.
  74. Ogaard B, Rolla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralisation. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial*. 1988;94:68-73.
  75. Zachrisson BU, Zachrisson S. Caries incidence and orthodontic treatment with fixed appliances. *Scand J Dent Res* 1971;79:183-92.
  76. Alaçam A, Ulus T, Bodur H, Oztaş N, Oren MC. Salivary and urinary fluoride levels after 1-month use of fluoride-releasing removable appliances. *Caries Res*. 1996;30:200-3.
  77. Friedman M, Harari D, Rax H, Golomb G, Brayer L. Plaque inhibition by sustained release of chlorhexidine from removable appliances. *J Dent Res* 1985;64:1319-21.
  78. Miethke RR, Vogt S. A comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop*. 2005;66:219-29.
  79. Miethke RR, Brauner K. A Comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed lingual appliances. *J Orofac Orthop* 2007;68:223-31.
  80. Brezniak N, Wasserstein A: Root resorption following treatment with aligners. *Angle Orthodontist* 2008, 78:1119-1124.
  81. Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA: Physical properties of root cementum: part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on

- 
- premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008, 133:218–27.
82. Sombuntham NP, Songwattana S, Atthakorn P, Jungudomjaroen S, Panyarachun B: Early tooth movement with a clear plastic appliance in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:75–82.
  83. Krieger E, Drechsler T, Schmidtman I, Jacobs C, Haag S, Wehrbein H. Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. *Head Face Med*. 2013;9:21-9.
  84. Schott TC, Göz G. Color fading of the blue compliance indicator encapsulated in removable clear Invisalign Teen® aligners. *Angle Orthod* 2011;81:185-91.
  85. Brendão M, Pinho HS, Urias D. Clinical and quantitative assessment of headgear compliance: A pilot study, *Am J Orthod* 2006;129:239-44.
  86. Tuncay OC, Bowman SJ, Nicozisis JL, Amy BD. Effectiveness of a compliance indicator for clear aligners. *J Clin Orthod* 2009;43:263-8.
  87. Sheridan JJ. The readers' corner. 2. What percentage of your patients are being treated with Invisalign appliances? *J Clin Orthod* 2004;38:544-5.
  88. Djeu G, Shelton C, Maganzini A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:292-8.
  89. Boyd RL, Oh H, Fallah M, Vlaskalic V. An update on present and future considerations of aligners. *J Calif Dent Assoc* 2006;10:793-805.
  90. Razdolsky Y, Sadowsky C, BeGole EA. Occlusal contacts following orthodontic treatment: A follow-up study. *Angle Orthod* 1989; 3;181-5.
  91. Meier B, Wiemer KB, Miethke RR. Invisalign--patient profiling. Analysis of a prospective survey. *J Orofac Orthop* 2003;64:352-8.
  92. Womack WR. Four-premolar extraction treatment with Invisalign. *J Clin Orthod* 2006;40:493-500.

- 
93. Hönn M, Göz G. A premolar extraction case using the Invisalign® system. *J Orofac Orthop* 2006;67:385–94 .
  94. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment. A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod* 2012;82:480-7.
  95. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL, Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110:311-20.
  96. Iscan HN, Sarisoy L. Comparison of the effects of passive posterior bite-blocks with different construction bites on the craniofacial and dentoalveolar structures. *Am J Orthod* 1997;112:171-8.
  97. Dellinger EL. A clinical assessment of the Active Vertical Corrector—a nonsurgical alternative for skeletal open bite treatment. *Am J Orthod* 1986;89:428-36.
  98. Womack WR, Ahn JH, Ammari Z, Castillo A. A new approach to correction of crowding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:310–6.10.
  99. Pearson LE. Vertical control in fully-banded orthodontic treatment, *Angle Orthod* 1986;56:205-24.
  100. Miller RJ, Derakhshan M. The Invisalign System: Case report of a patient with deep bite, upper incisor flaring, and severe curve of Spee. *Semin Orthod* 2002;8:43-50.
  101. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health* 2014;11;14:68-75.
  102. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *Angle Orthod* 2008;78:682-7.
  103. Giancotti A, Farina A. Treatment of collapsed arches using the invisalign system. *J Clin Orthod* 2010;44:416–25.
  104. Miller RJ, Duong TT, Derakhshan M. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. *J Clin Orthod* 2002;36:95-102.

- 
105. Owen AH. Single lower incisor extractions. *J Clin Orthod* 1993;27:153-60.
  106. Giancotti A, Garino F, Mampieri G. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign® technique: three case reports. *J Orthod* 2015;42:33-44.
  107. Lin JC, Tsai SJ, Liou EJ, Bowman SJ. Treatment of challenging malocclusions with Invisalign and miniscrew anchorage. *J Clin Orthod* 2014;48:23-36.
  108. Nguyen CV, Chen J. Three-Dimensional Superimposition Tool. En: Tuncay OC, coordinador. *The Invisalign system*. 1ªed. New Malden: Quintessence Publishing Co; 2006.p.121-32.
  109. Sarver DM. The importance of incisor positioning in the esthetic smile: the smile arc. *Am J Orthod* 2001;120:98-111.
  110. Frongia G, Castroflorio T. Correction of severe tooth rotations using clear aligners: a case report. *Aust Orthod J* 2012;28:245-9.
  111. Kassas W, Al-Jewair T, Preston CB, Tabba S. Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. *J World Fed Orthod* 2013;2:e61-e64.
  112. Malik OH, McMullin A, Waring DT. Invisible orthodontics part 1: invisalign. *Dent Update*. 2013;40:203-15.
  113. Liu D, Melsen B. Reappraisal of Class II molar relationships diagnosed from the lingual side *Clin Orthod Res* 2001;4:97-104,
  114. Wilmes B, Nienkemper M, Ludwig B, Kau CH, Pauls A, Drescher D. Esthetic Class II treatment with the Beneslider and aligners. *J Clin Orthod* 2012;46:390-8.
  115. Wilmes B, Drescher D. A miniscrew system with interchangeable abutments. *J Clin Orthod* 2008;42:574-80.
  116. Celenza F. Implant interactions with orthodontics. *J Evid Based Dent Pract*. 2012;12:192-201.
  117. Eckhart JE. Sequential MARA-Invisalign treatment. *J Clin Orthod* 2009;43:439-48.

- 
118. Pavoni C, Lione R, Laganà G, Cozza P. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. *Ann Stomatol* 2011;2:23-7.
  119. Barbagallo LJ, Shen G, Jones AS, Swain MV, Petocz P, Darendeliler MA. A novel pressure film approach for determining the force imparted by clear removable thermoplastic appliances. *Ann Biomed Eng* 2008;36:335-41.
  120. Vardimon AD, Robbins D, Brosh T. In-vivo von Mises strains during Invisalign treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:399-409.
  121. Levrini L, Sacerdote P, Moretti S, Panzi S, Caprioglio A. Changes of substance P in the crevicular fluid in relation to orthodontic movement preliminary investigation. *ScientificWorldJournal*. 2013;23:896874-80.
  122. Yamaguchi M, Takizawa T, Nakajima R, Imamura R, Kasai K. The damon system and release of substance P in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement in adults. *World Journal of Orthodontics*, 2009;10:141-6.
  123. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:728-36.
  124. 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.
  125. Magnusson A, Bjerklin K, Nilsson P, Marcusson A. Surgically assisted rapid maxillary expansion: long-term stability. *Eur J Orthod* 2009;31:142-9.
  126. Bratu DC1, Bratu EA, Popa G, Luca M, Bălan R, Ogorescu A. Skeletal and dentoalveolar changes in the maxillary bone morphology using two-arm maxillary expander. *Rom J Morphol Embryol* 2012;53:35-40.
  127. Mutinelli S, Cozzani M, Manfredi M, Bee M, Siciliani G. Dental arch changes following rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod* 2008;30:469-76.
  128. Houston WJ. The analysis of error in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983;83:382-90.

- 
129. Button KS, Ioannidis JP, Mokrysz C, Nosek BA, Flint J, Robinson ES, Munafò MR. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nat Rev Neurosci* 2013;14:365-76.
  130. Su H, Han B, Li S, Na B, Ma W, Xu TM. Factors predisposing to maxillary anchorage loss: a retrospective study of 1403 cases. *PLoS One* 2014;9:e109561-9.
  131. English WR, Robison SF, Summitt JB, Oesterle LJ, Brannon RB, Morlang WM. Individuality of human palatal rugae. *J Forensic Sci* 1988;33:718-26.
  132. Hemanth M, Vidya M, Shetty N, Karkera BV. Identification of individuals using palatal rugae: Computerized method. *J Forensic Dent Sci* 2010;2:86-90.
  133. Jang I, Tanaka M, Koga Y, Iijima S, Yozgatian JH, Cha BK et al. A novel method for the assessment of Three dimensional tooth movement during orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2009;79:447-53.
  134. Chen G, Chen S, Zhang XY, Jiang RP, Liu Y, Shi FH, Xu TM. Stable region for maxillary dental cast superimposition in adults, studied with the aid of stable miniscrews. *Orthod Craniofac Res* 2011;14:70-9.
  135. Barbieri AA, Scoralick RA, Naressi SC, Moraes ME, Daruge E Jr, Daruge E. The evidence of the rugoscopy effectiveness as a human identification method in patients submitted to rapid palatal expansion. *J Forensic Sci* 2013;58:S235-8.
  136. Damstra J, Mistry D, Cruz C, Ren Y. Antero- posterior and transverse changes in the positions of palatal rugae after rapid maxillary expansion. *Eur J Orthod* 2009;31:327-32.
  137. Casco JS, Vaden JL, Kokich VG, Damone J, James RD, Cangialosi TJ, et al. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American Board of Orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:589-99.
  138. Drake CT, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler TT. Orthodontic tooth movement with clear aligners. *ISRN Dent* 2012;2012:657973-80.