



Departamento de Estomatología  
**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
Facultad de Odontología  
Sevilla, 2021

*TRABAJO FIN DE MÁSTER*

**EFICACIA Y PREDICTIBILIDAD DE LOS  
CAMBIOS TRANSVERSALES CON  
ALINEADORES: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

***EFFECTIVENESS AND PREDICTABILITY OF  
TRANSVERSE CHANGES WITH ALIGNERS: SYSTEMATIC  
REVIEW***

**Ana García Vázquez**

Tutor: Dr. Eduardo Espinar Escalona



DOCTOR EDUARDO ESPINAR ESCALONA, Doctor en Odontología por la Universidad de Sevilla y Profesor Titular de la Facultad de Odontología de Sevilla.

Certifica:

Que el presente trabajo titulado “EFICACIA Y PREDICTIBILIDAD DE LOS CAMBIOS TRANSVERSALES CON ALINEADORES: REVISIÓN SISTEMÁTICA”, ha sido realizado por Dña. Ana García Vázquez, bajo mi dirección y supervisado en el periodo comprendido entre los años 2020-2021, habiendo el que suscribe revisado el mencionado trabajo y estando conforme con su presentación como Trabajo Fin de Máster, para ser juzgado el día que se designe.

Que el citado trabajo es original y cumple en mi criterio todos los requisitos éticos y méritos suficientes para su calificación positiva como Trabajo Fin de Máster en Odontología por la Universidad de Sevilla.

Y para que así conste y a los efectos oportunos firmo el presente certificado en Sevilla el día 9 de junio de 2021.

Prof. Dr. Eduardo Espinar Escalona

Tutor de Trabajo de Fin de Máster



Facultad de Odontología



D/Dña. Ana García Vázquez, con DNI 29509377D, alumna del Máster Oficial en Odontología Infantil de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autora del Trabajo Fin de Máster titulado: “EFICACIA Y PREDICTIBILIDAD EN LOS CAMBIOS TRANSVERSALES CON ALINEADORES”

Declaro:

Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el Curso 2020-2021, es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de marzo de 2019)

Apercibimiento:

Quedo advertida de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de NO APTO y que asumo las consecuencias legales que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla 9 de junio de 2021

Fdo.:

Ana García Vázquez

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, quiero dar las gracias a Eduardo Espinar Escalona, tutor de este trabajo y mi mayor referente, por contar conmigo para la realización de este trabajo, por todo su apoyo e implicación durante el proyecto y por brindarme todas las herramientas para crecer en el mundo de la investigación. Además, agradecerle eternamente todo el cariño, ayuda y motivación que me ha aportado este último año.*

*Quiero agradecerles a mis padres la implicación y el cariño que le ponen a cada uno de mis proyectos y por acompañarme en todas las etapas de mi vida. Gracias también por transmitirme el valor de la constancia para luchar por mis sueños y por enseñarme cada día a mejorar como persona. Ojalá algún día pueda conseguir todo lo que vosotros habéis logrado.*

*A mi hermana Ángela, a la que adoro y admiro, por ser mi fuente de inspiración y por recordarme en uno de sus textos que el mayor éxito al que se puede aspirar en la vida es la felicidad, y yo este último año he sido inmensamente feliz.*

*Por último, dedicarle unas líneas a mi familia y amigos, a los que quiero agradecer todo su amor y apoyo que también se ven reflejados en este trabajo.*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN-ABSTRACT</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Historia y evolución</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Desarrollo y producción</b>	<b>1</b>
<b>1.3 Biomecánica</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Propiedades mecánicas y estéticas de los alineadores</b>	<b>4</b>
1.4.1 Propiedades mecánicas	4
1.4.2 Propiedades estéticas	4
<b>1.5 Elementos auxiliares ortodoncia invisible</b>	<b>5</b>
<b>1.6 Ventajas e inconvenientes alineadores</b>	<b>6</b>
<b>1.7 Pacientes aptos para el tratamiento con ortodoncia invisible</b>	<b>8</b>
<b>1.8 Eficacia y eficiencia de los movimientos dentales</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Protocolo y registro</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Criterios de elegibilidad</b>	<b>11</b>
2.2.1 Criterios de inclusión y exclusión	11
2.2.2 Pregunta P.I.C.O.	11
<b>3.3 Fuentes de información y búsqueda</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Selección de estudios y proceso de extracción de datos</b>	<b>14</b>
<b>3.5 Lista de datos y nivel de evidencia</b>	<b>14</b>
<b>3.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales</b>	<b>14</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Selección del estudio</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Características del estudio</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Riesgo de sesgo en los artículos</b>	<b>17</b>
<b>4.4 Nivel de evidencia</b>	<b>17</b>
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>22</b>
<b>5.1 Selección de participantes</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Preparación del tratamiento</b>	<b>22</b>
<b>5.3 Material y frecuencia en el cambio de los alineadores</b>	<b>23</b>
<b>5.4 Aumento transversal anchura arcada</b>	<b>23</b>
<b>5.5 Estado del hueso alveolar y del periodonto</b>	<b>27</b>
<b>5.6 Refinamiento</b>	<b>28</b>
<b>5.7 Estabilidad postratamiento</b>	<b>29</b>
<b>5.8 Limitaciones</b>	<b>29</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>30</b>
<b>BLIBLIOGRAFÍA</b>	<b>31</b>

## **RESUMEN-ABSTRACT**

### ***RESUMEN***

**OBJETIVO:** Analizar a lo largo de esta revisión sistemática la eficacia y predictibilidad de los movimientos dentales en la expansión transversal de la arcada, beneficios de los alineadores como terapia ortodóncica y la disponibilidad o ausencia de evidencia sobre la estabilidad de la arcada una vez finalizado el tratamiento.

**MATERIAL Y MÉTODO:** Se realiza una búsqueda electrónica en las bases de datos PubMed, Cochrane, Medline, Web of Science y Scopus. La evaluación de la calidad de los estudios observacionales se realizó utilizando la herramienta ROBINS-I. La clasificación OCEM se utilizó para evaluar el nivel de evidencia de cada resultado identificado.

**RESULTADOS:** Diez artículos (dos ensayos clínicos prospectivos y ocho retrospectivos) fueron incluidos en nuestra revisión sistemática. Nuestros estudios tuvieron un riesgo de sesgo moderado.

**CONCLUSIONES:** Los alineadores demostraron ser una alternativa positiva para el movimiento de expansión, que ofrece un alto grado de predictibilidad y que favorece a la higiene oral del paciente. Es fundamental realizar pruebas CBCT y se hace evidente la necesidad de realizar un protocolo consensuado sobre las referencias anatómicas para que las mediciones sean objetivas y homogéneas en los futuros estudios. Se necesitan estudios a largo plazo sobre la expansión transversal con alineadores para valorar el éxito y la estabilidad de este tipo de tratamiento.

*Keywords:* Eficacia, predictibilidad, expansión transversal, alineadores, Invisalign®.

### ***ABSTRACT***

**OBJECTIVE:** To analyze throughout this systematic review the efficacy and predictability of dental movements in the transverse expansion of the arch, the aligners' benefits as orthodontic therapy and the availability or absence of evidence on the stability of the arch after treatment.

**MATERIAL AND METHODS:** An electronic research was made using PubMed, Cochrane, Medline, Web of Science and Scopus databases. Quality assessment of observational studies was done by using the ROBINS-I tool and. The OCEM classification was used to assess evidence level for each identified outcome.

**RESULTS:** Ten articles (two prospective and eight retrospective clinical trials) were included in our systematic review. Our studies had a moderate risk of bias.

**CONCLUSIONS:** The aligners proved to be a positive alternative to the expansion movement, offering a high degree of predictability and enhancing the oral hygiene of the patient. It is essential to carry out CBCT tests and it is evident the need to develop an agreed protocol on anatomical references so that the measurements would be objective and homogeneous in future studies. Long-term studies about transverse expansion with aligners are needed to assess the success and stability of this type of treatment.

*Keywords:* Effectiveness, predictability, transverse expansion, aligners, Invisalign®.

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Historia y evolución**

Se evidencia que en los últimos años ha aumentado la demanda de tratamientos de ortodoncia en pacientes adultos que desean utilizar alternativas discretas, estéticas y cómodas en lugar de la aparatología fija convencional<sup>1</sup>. Es por ello que en 1945 el ortodoncista H.D. Kesling<sup>2</sup> desarrolla el concepto para crear un alineador que mejore la posición de los dientes entre sí sin la necesidad de utilizar bandas o alambres. Más adelante, autores como McNamara<sup>3</sup>, o Ponitz<sup>4</sup> elaboraron diferentes ideas sobre los retenedores invisibles. Pero no es hasta finales de los años 90 cuando, de la mano de Align Technology®, se recupera este sistema de ortodoncia transparente propuesto por Kesling y se comienza a desarrollar una terapia con alineadores transparentes de materiales termoplásticos, incorporando la planificación del tratamiento con tecnología digital<sup>5</sup>.

Los alineadores están constituidos por láminas termoplásticas que, debido a su rigidez, sólo son capaces de realizar pequeños movimientos dentales. Por esta razón se hizo necesario utilizar durante el tratamiento una secuencia de varios alineadores creados en una serie de moldes con modificaciones en las posiciones dentales en pequeños incrementos, menores a 1mm. La técnica de producción y la secuencia de pasos en el tratamiento han madurado, de manera que las empresas productoras de ortodoncia transparente han incorporado en sus laboratorios modelos digitales con tecnología 3D para la elaboración e impresión de sus alineadores<sup>6-8</sup>.

### **1.2 Desarrollo y producción**

Para la creación del modelo digital en 3D, necesitamos realizar en clínica impresiones de polivinilsiloxano o escaneado intraoral con tecnología CAD-CAM para que estos registros se transfieran electrónicamente a servidores específicos y así obtener el tratamiento digital. Dichos registros junto a los registros de mordida, radiografías – ortopantomografía y telerradiografía lateral de cráneo–, fotos intra y extraorales, formulario de prescripción y el plan de tratamiento del odontólogo, llegan a las instalaciones de tratamiento digital, donde los técnicos segmentan virtualmente los dientes, relacionan ambas arcadas y añaden encía a los modelos 3D. Una vez el ortodoncista queda conforme con la secuencia planificada de alineadores, los modelos digitales del paciente se envían a las instalaciones de producción para su preparación<sup>6,9,10</sup>.

Actualmente existe un gran interés por la producción de los alineadores en las consultas con la ayuda de software informáticos, impresoras 3D y máquinas de vacío para crear los diferentes modelos de fundas. Hoy en día existen softwares disponibles en el mercado para su uso clínico, siendo esta opción muy factible y mucho menos costosa para casos sencillos<sup>6</sup>.

Uno de los softwares informáticos más utilizados ha sido desarrollado por Align Technology™, creadores de la marca Invisalign®. Este software conocido como Clincheck® (Figura 1), cuenta con valores para los diferentes tipos de maloclusiones y movimientos dentales que son útiles para los casos simples, pero no en aquellos casos más complejos. Gracias a programas como Clincheck®, el personal clínico puede ser más específico en la prescripción inicial y revisar los micromovimientos creados por los técnicos informáticos en un borrador del plan de tratamiento para su revisión. Además, en los casos que requieran un tratamiento más complejo, el odontólogo puede utilizar este software para determinar la posición de componentes especiales que deban añadirse a los alineadores o la reducción interproximal de los dientes a realizar<sup>6,11</sup>.

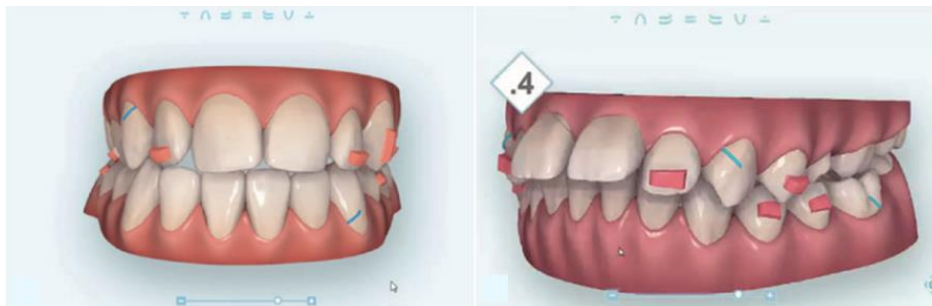


Figura 1: Planificación en la colocación de los ataches mediante Clincheck<sup>6</sup>.

### 1.3 Biomecánica

Existen diferencias entre la biomecánica de la ortodoncia transparente y los sistemas conocidos de la ortodoncia moderna.

En la aparatología fija, todos los brackets llevan prescripciones en su ranura, de esta forma el arco recibe la información para conseguir los movimientos deseados. Sin embargo, la ortodoncia invisible va a transmitir su información solo a lo largo de la superficie coronaria del diente<sup>12</sup>.



Los movimientos de tercer orden se denominan movimientos de torque, con los que conseguimos inclinaciones de la raíz en el sentido vestibulo-lingual (*Figura 1A*). En el caso de la aparatología multibrackets, se consiguen estos movimientos a través de deformaciones en el sentido longitudinal del arco o con la inclinación de la propia ranura del bracket, de tal forma que, transfiriendo pequeños momentos de fuerza – o torque – sobre el slot del bracket, se consigue aplicar grandes fuerzas sobre la raíz del diente. Sin embargo, la ortodoncia invisible necesita transmitir grandes momentos de fuerza porque necesita aplicar vectores de fuerza desde gingival hasta incisal sobre infinitos puntos, la distancia es grande y como resultado transmite sobre el diente fuerzas pequeñas pero mejor controladas<sup>12,13</sup>.

Los movimientos de segundo orden de inclinación – o “tips” – hacen referencia a la inclinación mesio-distal de las raíces (*Figura 2B*). Estos “tips” se consiguen con inclinaciones en las ranuras de los brackets en la técnica de Arco Recto, de manera que el arco se deforma en la entrada y salida del slot y se aplican fuerzas en el eje longitudinal y perpendiculares al eje mesio-distal del diente, consiguiendo que la cúspide del diente realice un movimiento contrario al del ápice. Los alineadores no realizan movimientos en forma de “tip”, pero van a aplicar fuerzas sobre la superficie del diente, también sobre infinitos puntos, que podrán controlar los movimientos mesio-distales de las raíces<sup>12</sup>.

Otra diferencia que encontramos en la biomecánica de ambas aparatologías es el movimiento de rotación de los dientes (*Figura 2C*). En la aparatología fija, cuando queremos que un diente gire sobre su eje longitudinal, el slot del bracket transmite las fuerzas con inclinaciones en su ranura en el plano horizontal, sin diferenciar rotaciones en sentido céntrico o excéntrico. En cambio, las fuerzas transmitidas por los alineadores de la ortodoncia invisible sí son capaces de controlar las rotaciones céntricas y excéntricas<sup>12</sup>.

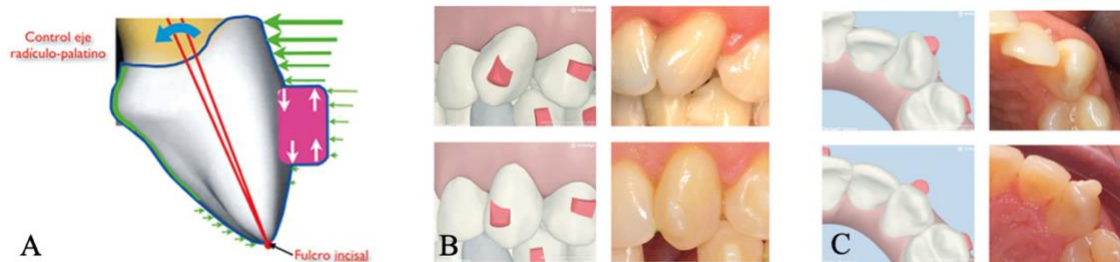


Figura 2: Biomecánica ortodoncia invisible. (A) Aplicación de las fuerzas de los alineadores en el torque. (B) Corrección del Tip del canino y sus adyacentes. (C) Corrección de rotación incisivos y canino<sup>12</sup>.

## 1.4 Propiedades mecánicas y estéticas de los alineadores

### 1.4.1 Propiedades mecánicas

Los alineadores necesitan rigidez suficiente para transmitir fuerzas suaves y constantes en el tiempo sobre los dientes y para ofrecer retención, mientras que a su vez deben ser flexibles para una fácil colocación y desinserción.

Para que el alineador aplique fuerzas seguras y eficaces, la rigidez del material de las férulas termoplásticas debe ser relativamente elevada, con una alta resistencia al rendimiento que pueda garantizar la fuerza aplicada dentro del rango elástico<sup>9,14</sup>. Naohisa Kohdaa et al.<sup>15</sup> en su estudio afirman que las fuerzas transmitidas por los alineadores termoplásticos están condicionadas tanto por el grosor, como por material y cantidad de activación.

Sin embargo, la flexibilidad del material puede influir negativamente en la fuerza a realizar en los sectores posteriores. El estudio de 2014 de Su et al.<sup>16</sup> muestra una pérdida de anclaje posterior durante el tratamiento con ortodoncia invisible que resulta en la mesialización de los molares. Además, en la literatura se ha descrito una mayor flexibilidad en los extremos del alineador y, como consecuencia, no se transmite la fuerza suficiente en la zona molar para realizar el movimiento deseado, donde se libera menos fuerza y provoca un movimiento más inexacto<sup>17</sup>.

### 1.4.2 Propiedades estéticas

Aunque no existan muchos estudios científicos sobre las propiedades estéticas de los alineadores, podemos afirmar que la transparencia –capacidad de la luz para atravesar el material de los alineadores– es la clave principal del éxito de este tipo de tratamiento. No todos los materiales tienen las mismas propiedades químicas antes o después de su desgaste, por lo que se puede concluir que la masticación, la composición de la saliva o los colorantes alimenticios durante el uso diario de cada alineador a lo largo de catorce días tendrán diferentes efectos sobre las propiedades ópticas y mecánicas de los alineadores<sup>18,19</sup>.

Existen muchos tipos de materiales en el mercado, entre otros el Exceed-30 (EX30) está compuesto por un material flexible con gran transparencia y resistencia a la fractura. SmartTrack es un poliuretano termoplástico con elastómero que aplica fuerzas suaves y constantes a los dientes y con gran elasticidad para poder asegurar una mayor previsibilidad en

el movimiento dental<sup>18,20,21</sup>. El F22 Aligner está hecho de poliuretano rígido con excelentes propiedades en la resistencia al estrés, transparencia y ductilidad<sup>22</sup>.

El análisis de espectrofotometría realizado por Luca Lombardo et al.<sup>23</sup> compara tres muestras idénticas de tres alineadores de Invisalign, All-In y F22 antes y después del desgaste, siendo F22 el más transparente con una diferencia en las propiedades ópticas estadísticamente significativas respecto a los restantes.

### 1.5 Elementos auxiliares ortodoncia invisible

La ortodoncia transparente cuenta con elementos auxiliares llamados *attachments*, unos botones de resina compuesta empleados no solo para mejorar la retención de los alineadores, sino para conseguir movimientos predecibles sobre los dientes. Estos aditamentos se colocan sobre la cara vestibular o lingual de los dientes mediante un alineador plantilla al inicio del tratamiento mediante la técnica de adhesión indirecta con composite<sup>24,25</sup>.

Estos aditamentos deben ser del mismo color del diente o lo suficientemente translúcidos para mezclarse con el diente y resistentes a manchas para cumplir sus propiedades estéticas. En cuanto a las propiedades mecánicas, como consecuencia de la constante colocación y desinserción de los alineadores, los ataches deben ser resistentes al desgaste<sup>26</sup>.

La evolución e introducción de los distintos *attachments* en el tratamiento con ortodoncia invisible ha sido gradual (*Figura 3*). Los primeros aditamentos convencionales fueron creados para movimientos de extrusión de dientes anteriores y tenían forma elipsoidal. Por otro lado, el aditamento con forma vertical rectangular tiene como función principal conseguir la extrusión de incisivos inferiores y premolares colocando los ataches en los dientes adyacentes al diente a extruir. Además, se encuentra una variante a este último tipo de atache, el rectangular biselado colocado vertical u horizontalmente sobre el diente que, con su forma menos retentiva para facilitar la colocación y desinserción del alineador, sirve para aumentar anclaje posterior para intrusión de dientes anteriores, extrusión de incisivos o corrección de rotaciones<sup>27</sup>.



Figura 3: Attachments convencionales: elipsoidal, rectangular vertical y rectangular biselado<sup>28</sup>.

En 2010 se incorporaron los aditamentos optimizados gracias a un software que los posiciona sobre el diente detectado que requiera un movimiento determinado, con la finalidad de mejorar la predictibilidad de los movimientos dentales, como son la corrección de caninos cuando la rotación es mayor o igual a cinco grados o en el control de los caninos en el cierre de espacios por extracción de primeros premolares. Sin embargo, estos aditamentos no pueden solicitarse ya que solo son posicionados sobre los dientes por el software, de manera que los ortodoncistas solo pueden solicitar los *attachments* convencionales descritos en el párrafo anterior<sup>27</sup>.

En ese mismo año también aparece en el mundo de la ortodoncia invisible la actuación *Power Ridge* (Figura 4) para mantener un ajuste perfecto mediante un surco en el margen gingival del alineador y controlar el par de fuerzas que se generan al realizar un movimiento de torque radicular lingual o vestibular. Este surco no distorsiona al material, evitando así la intrusión indeseada del efecto “*watermelon seed*”, el cual aparece cuando existe una alteración en el margen gingival del alineador que provoca la concentración de las fuerzas en la zona oclusal. Al igual que los *attachments* optimizados, la función *Power Ridge* se detecta de forma automática por un software, de manera que se dicha función se realiza de forma individual en cada diente<sup>29,30</sup>.



Figura 4: Power Ridges en alineadores modificados<sup>6</sup>.

## 1.6 Ventajas e inconvenientes de los alineadores

No hace falta mencionar la mejora estética que aportan los alineadores durante todo el tratamiento ortodóncico y que por ello es uno de los beneficios principales perseguidos por los pacientes. Sin embargo, el confort, dolor, costo o duración del tratamiento son otros factores de gran importancia. Respecto a la comodidad, Shalish et al.<sup>31</sup> evaluaron en su muestra de pacientes la capacidad de recuperación durante las primeras semanas de comienzo de terapia ortodóncica con distintos tipos de aparatologías, siendo el conjunto de pacientes con alineadores los que sufrieron considerablemente más dolor. No obstante, la dificultad al comer y los

síntomas orales como lengua, mejillas, acumulación de comida y mal sabor son los aspectos menos manifestados en la ortodoncia invisible respecto a otras aparatologías.

Muchos autores han evaluado la mejora de la higiene oral que aportan los alineadores respecto a la ortodoncia fija, puesto que esta última genera un gran acúmulo de placa que aumenta la aparición de caries, manchas blancas y periodontitis<sup>32</sup>. Miethke et al.<sup>33</sup> comparan una muestra de treinta pacientes tratados con ortodoncia transparente con otro treinta pacientes que portaban ortodoncia lingual, siendo este último grupo los que mostraban un empeoramiento del índice de placa y gingival en todas sus tomas, por lo que el autor afirma que estos datos reflejan la imposibilidad de realizar una buena técnica de cepillado con la ortodoncia lingual.

Del mismo modo, es importante mencionar que uno de los grandes beneficios que aporta la ortodoncia transparente a los profesionales es la posibilidad de predecir, programar y visualizar los movimientos dentales antes de comenzar el tratamiento<sup>34</sup>.

Aun así, también surgen grandes inconvenientes, como el compromiso de colaboración del paciente. El estudio transversal de cohortes de George Tsomos et al.<sup>35</sup> tiene como propósito la evaluación del cumplimiento del paciente con los aparatos de ortodoncia removible y posibles factores influyentes. Un total de cuarenta y cinco pacientes de 12.5 años de media y sus padres fueron informados de portar sus alineadores durante un tiempo prescrito de 8 o 14 horas – en función del caso – al día para cumplir el tiempo de desgaste previsto, sin embargo, el cumplimiento fue insuficiente en los pacientes con prescripción de 14 horas diarias con un porcentaje del 62.5% (rango de 0.0% a 89.3%). Además, se aprecia una fuerte correlación negativa entre la edad del paciente y las horas de uso de los alineadores.

Al igual que en los tratamientos con ortodoncia convencional, es conveniente realizar refinamientos en mitad del tratamiento con ortodoncia invisible<sup>6</sup>. Align Technology manifiesta que pueden requerir refinamiento una media del 25% de los pacientes tratados con sus alineadores. En cambio, un gran porcentaje de ortodoncistas afirman que alrededor del 75% de los pacientes requieren correcciones a mitad de la terapia para poder lograr los objetivos previstos. La inexperiencia del ortodoncista, el software o la baja colaboración del paciente pueden ser causa de estas imprecisiones, lo que conlleva algunas consecuencias negativas,

como un aumento en el tiempo del tratamiento y del tiempo en el sillón dental, además de los costos para el profesional. Se necesitan estudios sobre la precisión de softwares como Clincheck® para reducir el porcentaje de refinamientos a realizar<sup>36</sup>.

### **1.7 Pacientes aptos para el tratamiento con ortodoncia invisible**

Una encuesta prospectiva de 2003<sup>37</sup> con objeto de producir un perfil de aquellos que demandan el tratamiento con ortodoncia invisible, afirma que un 72% de los pacientes son mujeres, siendo la mayoría entre 20 y 29 años y que, además, la aceptación del tratamiento está asociado a nivel socioeconómico de los demandantes.

En los años 2005-2006, Womack<sup>38</sup>, Hönn<sup>39</sup> y Boyd<sup>40</sup> entre otros ya comenzaron a publicar casos de tratamientos complejos resueltos con alineadores de forma exitosa, desde terapias con extracciones<sup>38,39</sup> hasta casos ortodóncico-quirúrgicos<sup>40</sup>.

Boyd et al<sup>41</sup>. Publican un informe en 2006 en el que demuestra una amplia variedad de casos que se pueden tratar con eficacia gracias a la previsión de movimientos realizados en el software empleado. Por ejemplo, pacientes con mordida abierta anterior leve son buenos candidatos al poder colocar un doble grosor de material termoplástico en la cara oclusal de dientes posteriores provocando la intrusión en la zona posterior. También aquellos que sufran bruxismo pueden beneficiarse de este tipo de tratamiento, ya que las férulas actúan de manera similar a los aparatos de protección nocturnos. Asimismo, la aparatología fija puede producir deterioro en la porcelana de puentes de porcelana o de metal, por lo que la ortodoncia transparente podría ser una buena opción en estos casos.

Es importante mencionar a los pacientes que se encuentren bajo tratamiento periodontal, ya que la acumulación de placa bacteriana con los alineadores disminuye respecto a aquellos que emplean aparatología fija en su tratamiento ortodóncico<sup>33</sup>.

### **1.8 Eficacia y eficiencia de los movimientos dentales**

La eficacia se define como “la capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera de algo”, mientras que la eficiencia es “la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado”<sup>42</sup>.

A lo largo de la evolución y desarrollo de la ortodoncia invisible, muchos investigadores han tratado de validar la precisión en los movimientos dentales con los alineadores, así como determinar la eficacia y eficiencia de dicho tratamiento.

Uno de los primeros estudios fue el que Kravitz<sup>36</sup> publicó en 2009 sobre la eficacia de los movimientos dentales, donde los autores analizaron la exactitud de todos los movimientos de los dientes anteriores en 37 pacientes superponiendo los modelos digitales de la posición final alcanzada con la posición final prevista, de manera que el movimiento más preciso era la constricción lingual (47,1%), mientras que la precisión media global de los alineadores fue del 41%.

Kravitz et al.<sup>43</sup> publican un segundo estudio donde la muestra y la metodología eran las mismas, con el objetivo de evaluar la rotación de los caninos mediante la reducción interproximal dentaria y los *attachments* con forma de elipse, siendo el 36% la media de exactitud de la rotación. Estos resultados se asemejan a los del estudio en 2014 de Simon et al.<sup>11</sup>, el cual obtiene una precisión de la rotación de los premolares del 40%, con lo cual ambos coinciden en que la precisión de la rotación disminuye cuando éstas son mayores de quince grados.

El estudio retrospectivo de Charalampakis et al.<sup>44</sup> en 2018 tiene como finalidad evaluar la eficacia de los movimientos provistos de los incisivos, caninos y premolares, y confirma que entre sus resultados obtenidos, los movimientos con menor exactitud fueron la intrusión de los incisivos inferiores, seguidos de la rotación canina y premolar.

Para contrastar la información de estos últimos años con los avances de las distintas empresas dedicadas a la ortodoncia invisible, un reciente estudio prospectivo realizado por Nada Haouili et al.<sup>45</sup> realiza mediciones sobre los modelos digitales de los dientes de 38 pacientes para proporcionar una actualización sobre la exactitud de los movimientos dentales. Finalmente, el estudio manifiesta que la precisión global de los alineadores mejoró con un 50%. No obstante, los movimientos menos acertados continúan siendo relativamente los mismos, de manera que la rotación, con un 46% de exactitud, sigue siendo el menos preciso, seguido de la intrusión de los incisivos mandibulares.

En cuanto a la estabilidad postratamiento, el estudio de Daniel Kuncio et al.<sup>46</sup> compara los cambios dentales entre los pacientes que han recibido tratamiento con alineadores y aquellos tratados con aparatología fija convencional tres años después de finalizar el tratamiento. Durante el periodo de observación, Kuncio afirma que los pacientes tratados con ortodoncia invisible sufrieron mayores cambios en la alineación total de los dientes respecto a la aparatología fija, especialmente en los dientes anteriores.

## **2. OBJETIVOS**

El mundo de la ortodoncia se encuentra en constante desarrollo, y por ello es importante evaluar la evidencia de las nuevas técnicas. La ortodoncia transparente removible ha supuesto una gran revolución dentro de la odontología. Sin embargo, la literatura cuenta con pocas revisiones sistemáticas sobre esta nueva técnica ante la falta de estudios con grandes muestras de pacientes.

El objetivo de este trabajo es evaluar la evidencia científica y la calidad de los artículos publicados en las distintas bases de datos sobre los cambios transversales observados con los alineadores. Tenemos como objetivo resolver la existencia de predictibilidad de los movimientos dentales y la precisión de los cambios de la arcada, beneficios de los alineadores en la expansión transversal y disponibilidad o ausencia de evidencia sobre la estabilidad de la arcada una vez finalizado el tratamiento.



### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Protocolo y registro

Esta revisión sistemática sigue la lista de verificación PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses)<sup>47</sup>.

#### 3.2 Criterios de elegibilidad

##### 2.2.1 Criterios de inclusión y exclusión

Para una correcta selección sobre el total de artículos de las distintas búsquedas y correcto desarrollo de la revisión sistemática, se establecieron los criterios de inclusión y exclusión.

##### *Criterios de inclusión:*

- Tipo de estudio: estudios prospectivos y retrospectivos, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados, observacionales y caso-control.
- Disponibilidad de abstract y texto completo.
- Los artículos deben relacionar los términos en los que se basa la revisión sistemática.

##### *Criterios de exclusión:*

- Metaanálisis y revisiones sistemáticas.
- Evitar el múltiple sesgo de publicación eliminando artículos que aparecen repetidos.
- Artículos con metodología no clara o detallada, o resulta no relevante.
- Pacientes sometidos previamente a algún tratamiento
- Pacientes repetidos en diferentes estudios.

No se aplican límites para el idioma ni para el año de publicación.

##### 2.2.2 Pregunta P.I.C.O.

Hemos elaborado una pregunta clínica de forma precisa y estructurada que responde a cuestiones específicas para facilitarnos la búsqueda y localización de la información relevante y pertinente.

<b>P</b> (pacientes)	<b>I</b> (intervención)	<b>C</b> (comparación)	<b>O</b> (resultado)
“Maxillar” OR “Mandibular”) AND “Tooth” AND “Crowding”	“Clear Aligners” AND “Treatment”	“Transverse” AND “Arch” AND “Expansion”	“Clinical Outcomes”

*Tabla 1: Pregunta P.I.C.O.*

### 3.3 Fuentes de información y búsqueda

Los estudios han sido identificados a través de distintas bases de datos electrónicas: PubMed, Cochrane, Medline, Web of Science y Scopus.

Se ha diseñado la siguiente estrategia de búsqueda empleando los descriptores adecuados, conforme a nuestro tema, unidos por los marcadores booleanos:

- “Transvers\*” AND “Expansion” AND “Treatment” AND (“Clear Aligner\*” OR “Invisalign”)
- “Transvers\*” AND “Dental Movement\*” AND (“Clear Technique” OR “Clear Treatment”)
- “Dental Movement\*” AND “Expansion” AND (“Clear Aligner\*” OR “Clear Treatment”)
- (“Invisalign” OR “Clear Technique”) AND “Dental Arch” AND “Expansion”
- “Dental Arch” AND “Width” AND (“Invisalign” OR “Clear Aligner”)
- “Dental Arch” AND “Change\*” AND (“Aligner\*” OR “Clear Treatment”)
- “Expansion” AND “Treatment” AND “Clear Aligner\* Technique”
- “Effectiveness” AND “Arch” AND “Expansion” AND “Aligner”
- “Efficiency” AND “Treatment” AND “Dental Arch” AND “Expansion” AND “Clear Aligner Technique”
- “Efficiency” AND “Arch” AND “Expansion” AND (“Invisalign” OR “Clear Technique”)

Se han utilizado traducciones a inglés y hemos relacionado por el operador “OR” términos como “Clear Aligner” y “Clear Treatment” para poder acceder a un mayor número de artículos y no perder investigaciones de nuestro interés.

La siguiente tabla muestra el número de resultados en función de la base de datos y de la estrategia de búsqueda aplicada:

	PUBMED	COCHRANE	MEDLINE	WOS	SCOPUS
“Transvers*” AND “Expansion” AND “Treatment” AND (“Clear Aligner*” OR “Invisalign”)	5	0	0	5	1
“Transvers*” AND “Dental Movement*” AND (“Clear Technique” OR “Invisalign”)	1	0	0	1	0
“Dental Movement*” AND “Expansion” AND (“Clear Aligner*” OR “Clear Treatment”)	1	0	0	1	7
(“Invisalign” OR “Clear Technique”) AND “Dental Arch” AND “Expansion”	7	0	0	0	6
“Dental Arch” AND “Width” AND (“Invisalign” OR “Clear Aligner”)	5	0	0	6	5
“Dental Arch” AND “Change*” AND (“Aligner*” OR “Clear Treatment”)	4	24	0	8	16
“Expansion” AND “Treatment” AND “Clear Aligner* Technique”	9	0	0	1	6
“Effectiveness” AND “Arch” AND “Expansion” AND “Aligner”	1	11	0	1	2
“Efficiency” AND “Treatment” AND “Dental Arch” AND “Expansion” AND “Clear Aligner Technique”	0	0	0	0	1
“Efficiency” AND “Arch” AND “Expansion” AND (“Invisalign” OR “Clear Technique”)	3	0	0	5	2
<b>SUBTOTAL</b>	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>28</b>	<b>46</b>
<b>TOTAL</b>	<b>145</b>				

*Tabla 2: Resultados de la búsqueda en función de la base de datos y la estrategia de búsqueda usada.*

### **3.4 Selección de estudios y proceso de extracción de datos**

Un revisor principal examinó los resúmenes y textos completos y determinó los artículos seleccionados para su evaluación y un segundo revisor verificó su exactitud.

### **3.5 Lista de datos y nivel de evidencia**

Los datos recogidos de cada estudio seleccionado para la revisión sistemática incluyen: autor, revista y año de publicación, tipo de intervención, tamaño de la muestra, diseño de estudio y las principales conclusiones.

Por otro lado, incluimos el nivel de evidencia de nuestros artículos utilizando la clasificación del Centro de Medicina Basado en la Evidencia de Oxford (OCEBM)<sup>48</sup> (Tabla 3).

Además, la Tabla 5 representa las mayores y menores anchuras interdentarias obtenidas una vez finalizada la expansión transversal y los dientes en los que se obtiene una mejor o inferior predictibilidad de sus movimientos.

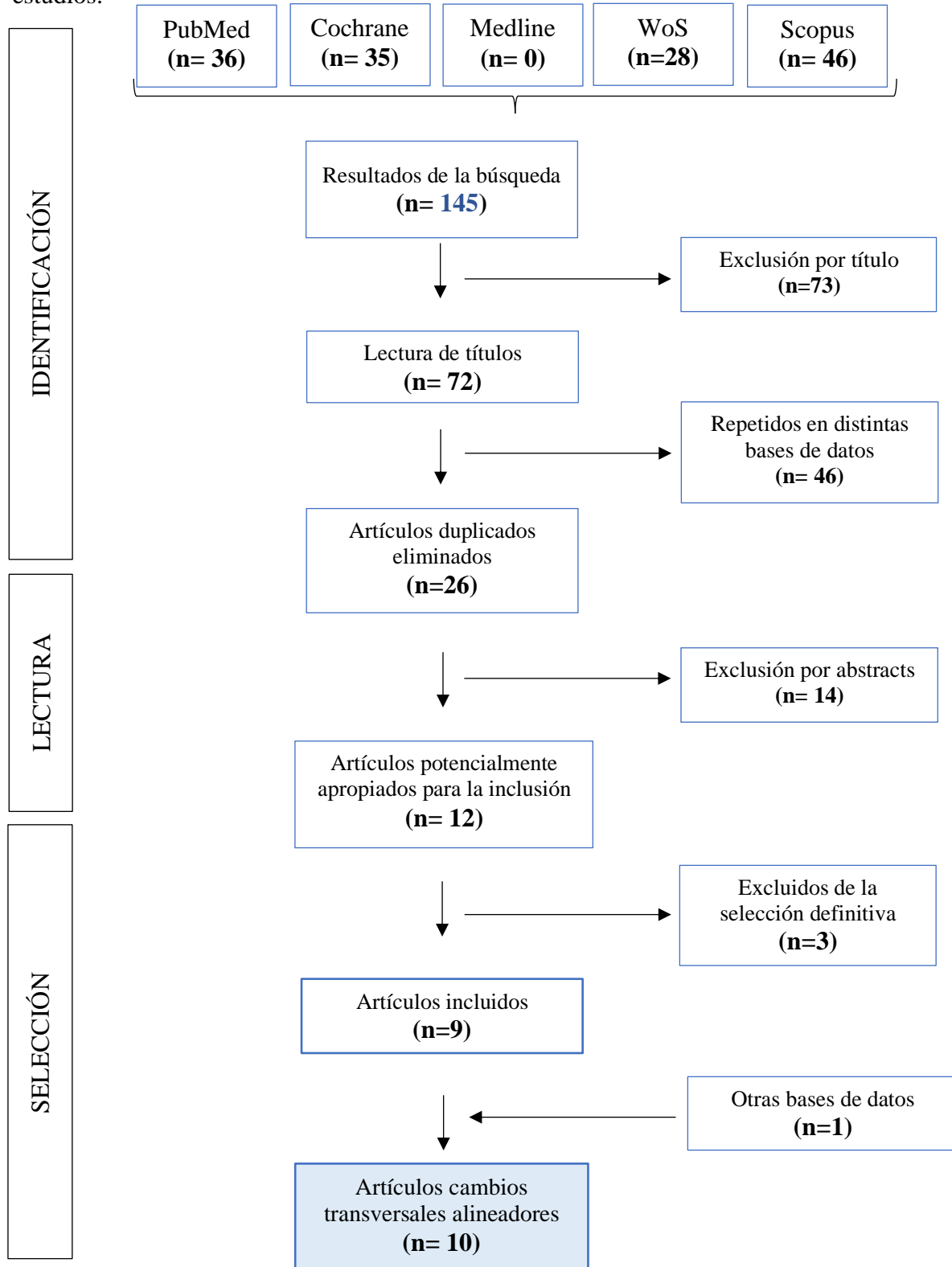
### **3.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales**

Para la evaluación de la calidad de los artículos hemos utilizado la escala ROBINS-I, también conocida como Risk Of Bias In Non-randomized Studies- of Intervencions<sup>49</sup>, para los estudios observacionales (Tabla 4).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Selección del estudio

El siguiente Diagrama de Flujo muestra de forma resumida los procesos de selección de estudios.



No hemos aplicado limitaciones en el año de publicación ni en el idioma para poder abarcar el mayor número de artículos posible. Tras realizar la primera búsqueda electrónica en las distintas bases de datos obtenemos 145 artículos.

- Excluimos 73 artículos que no se relacionan con los términos de nuestro estudio, se tratan de revisiones sistemáticas o metaanálisis.
- Una vez hemos eliminado 46 artículos duplicados, retiramos 16 ante la imposibilidad o de acceder al texto completo, o se trataban de reporte de un caso, estudio piloto o el estudio carece de grupo control.
- Finalmente excluimos tres artículos que comparan los cambios transversales en la arcada realizando tratamiento de alineadores junto a extracciones de premolares y uno que se centra en los cambios sagitales de los incisivos inferiores al realizar expansión transversal en ambas arcadas.
- Además, la Biblioteca de Salud de la Universidad de Sevilla nos facilitó la disponibilidad de un artículo<sup>50</sup> ante la imposibilidad de acceder al texto completo para incluirlo en nuestra investigación.
- Por último, mencionar que la Universidad de Sevilla puso a nuestra disposición un artículo<sup>51</sup> aun no publicado pero sí aceptado por la revista *Journal Clinical and Experimental Dentistry*.

#### **4.2 Características del estudio**

De los diez artículos incluidos, dos<sup>52,53</sup> son ensayos clínicos prospectivos y ocho<sup>50,51,54-59</sup> son ensayos clínicos retrospectivos. Todos ellos están redactados en inglés excepto uno que está publicado en chino<sup>50</sup>.

Nuestros estudios evalúan la eficacia, eficiencia, precisión y previsibilidad de los cambios dentales respecto al plano transversal obtenidos con los alineadores en la arcada superior<sup>50,53,55,57-59</sup> o en ambas<sup>51,54,56</sup>. Además, un artículo<sup>52</sup> se centra en el estado de salud periodontal y cambios en el hueso bucal maxilar al obtener la expansión.

Los datos recogidos de cada artículo sobre el autor, revista y año de publicación, tipo de intervención, tamaño de la muestra, diseño de estudio y las principales conclusiones se encuentran en la tabla 3.

### 4.3 Riesgo de sesgo en los artículos

Los distintos campos para evaluar el sesgo de cada uno de los estudios se encuentran en las tablas 4. Hemos utilizado la escala de evaluación de ROBINS-I<sup>49</sup>. Todos nuestros artículos tienen un “sesgo bajo-moderado”, excepto uno<sup>56</sup> que presenta “riesgo de sesgo alto”.

Entre los estudios observacionales, la fuente más común de sesgo es la medida de los resultados, donde no había ciego en el evaluador de los resultados<sup>50-57</sup>. En el pretratamiento, encontramos sesgo de selección de los participantes, donde uno de los requisitos para la selección era tener un origen genético determinado<sup>53</sup> o la muestra de participantes es significativamente pequeña<sup>50,52,53,56,57,59</sup>. Además, dos estudios<sup>51,58</sup> no especifican ni el sexo ni la edad de los participantes seleccionados. En algunos estudios pueden verse afectados los resultados, ya sea por complementar el tratamiento con elásticos como elementos auxiliares para las clases II<sup>56</sup> o para mordidas cruzadas<sup>58</sup>, o por incluir a participantes en crecimiento<sup>52</sup>. Por último, en el estudio de Dereibus et al.<sup>56</sup> la falta de estandarización de la duración del tratamiento y la ausencia de supervisión del cumplimiento de los pacientes podrían afectar los resultados obtenidos.

### 4.4 Nivel de evidencia

La clasificación del Centro de Medicina Basado en la Evidencia de Oxford (OCEBM) es una herramienta que nos permite graduar, en función de cada entorno clínico, el nivel de evidencia<sup>48</sup>.

Nuestra revisión sistemática cuenta con un “nivel de evidencia y grado de recomendación moderado-alto” para la expansión transversal con ortodoncia invisible.

**Tabla 3: Resúmenes estudios comparativos de protracción maxilar usando tratamiento convencional.**

Autor	Revista/año	Tipo de estudio	Nivel evidencia	Objetivos	Tamaño muestra/edad	Conclusiones
<b>Jean-Philippe Houle et al.</b> <sup>54</sup>	Angle Orthodontist 2017	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Investigar la predictibilidad de la expansión transversal de la arcada usando Invisalign.	n = 64 (41M y 23H) entre 18 y 61 años	La precisión media de expansión prevista con Invisalign para el maxilar fue del 72,8%. El arco inferior presentó una precisión global del 87,7%. Clincheck sobrestima la expansión por movimiento corporal; se observa más inclinación. La sobrerregulación de la expansión en la región posterior del arco maxilar parece apropiada.
<b>Beatriz Solano Mendoza et al.</b> <sup>55</sup>	Clinical Oral Investigations 2017	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Validar un método para cuantificar de la previsibilidad del movimiento de expansión con el sistema Invisalign® y determinar diferencias significativas entre la expansión planificada con ClinCheck® y la cuantificación clínica real comparando modelos postratamiento de la arcada superior.	n = 116 36.57 ± 11.53	Las diferencias entre el modelo 3D y ClinCheck® mostraron que la expansión planificada al final del tratamiento no es predecible.
<b>Zhao Xiang et al.</b> <sup>50</sup>	Chinese Journal of Stomatology 2017	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Evaluar la eficiencia de la expansión maxilar con los alineadores y analizar los posibles factores influyentes.	n = 31 (24M y 7H) 24,1 ± 4.0	La expansión del arco maxilar con los alineadores se consigue con la vestibularización de los dientes posteriores con una inclinación vestibular limitada. La eficiencia de la expansión disminuye desde los primeros premolares a los segundos molares. La anchura intermolar planificada tuvo una influencia significativa en la eficiencia del premolar.
<b>Andrea Deregibus et al.</b> <sup>56</sup>	Journal of Orofacial Orthopedics 2020	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Evaluar los cambios de la forma del arco de las arcadas en pacientes caucásicos con maloclusión de clase II tratados con Invisalign®	n = 27 (19M y 8H)	Aunque el tratamiento Invisalign resultó en un aumento significativo en el ancho de la arcada de acuerdo con la prescripción, algunos de los resultados fueron diferentes de los previstos, especialmente en relación con la posición final de los molares inferiores.



<b>Graciela J. Barreda et al.</b> <sup>52</sup>	Acta odontológica latinoamericana: AOL 2020	Ensayo clínico Prospectivo	1c	Evaluar los cambios en el estado periodontal y hueso facial maxilar a través de parámetros clínicos y tomográficos durante la expansión ortodóncica con alineadores Invisalign® en el primer año de tratamiento.	n = 19 (16M y 3H) 32,5 ± 17,5	El uso de Invisalign para movimientos de expansión no produjo cambios sustanciales en los parámetros clínicos periodontales evaluados ni en las mediciones óseas. Los aparatos extraíbles reducen los factores de retención de la placa bacteriana y favorecen una higiene bucal adecuada.
<b>Ning Zhou et al.</b> <sup>57</sup>	Angle Orthodontist 2020	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Investigar la eficiencia y el patrón de movimiento de la expansión del arco superior utilizando alineadores Invisalign. Se evaluó la correlación entre la cantidad de expansión diseñada y la eficiencia de la expansión corporal, así como el par molar inicial y la eficiencia de la expansión corporal	n = 20 (15M y 5H) 28.5 ± 6.3	Los alineadores podían aumentar el ancho del arco, pero la expansión se lograba inclinando el movimiento. La evaluación de la posición inicial y el preajuste de suficiente torque radículo-vestibular de los dientes posteriores fueron necesarios debido a la menor eficiencia de la expansión bucal corporal por el sistema Invisalign.
<b>Ignacio Morales-Burruezo et al.</b> <sup>58</sup>	PLOS ONE 2020	Ensayo clínico Retrospectivo	1c	Determinar la eficacia del sistema Invisalign para la expansión del arco, y evaluar la previsibilidad de las mediciones previstas por el software Clincheck para el uso de los alineadores transparentes al final de la primera fase de tratamiento.	n = 114	Los alineadores son una herramienta efectiva para producir expansión de arco, siendo más efectivos en área premolar y menos efectivos en área canina y segunda molar. La previsibilidad era razonable para el movimiento de expansión. La sobre-regulación debe considerarse en la etapa de planificación virtual para obtener los resultados esperados.
<b>Ulrike Riede et al.</b> <sup>59</sup>	Clinical Oral Investigations 2021	Ensayo Clínico Retrospectivo	1c	Evaluar la precisión de la terapia con Invisalign con el material SmartTrack a la hora de realizar expansión y contracción de la arcada maxilar y los contactos oclusales con el software Clincheck.	n = 30 (23M y 7H) Incluye pacientes en crecimiento	El 45% de los casos obtuvo el objetivo transversal previsto. De los 100 contactos oclusales recogidos, 60 asegura una oclusión favorable. No se encontraron ventajas en el material SmartTrack respecto al material Ex30.
<b>Roberta Lione et al.</b> <sup>53</sup>	Angle Orthodontist 2021	Ensayo Clínico Prospectivo	1c	Evaluar los movimientos de los dientes durante la expansión del arco maxilar con un tratamiento de alineación transparente.	n = 28 (16M y 12H) 31.9 ± 5.4	El desarrollo del arco maxilar reveló una reducción progresiva de la tasa de expansión y de torque vestibular en las regiones anterior, lateral y posterior, con el mayor aumento neto en el primero y segundo premolares. Se debe prestar atención clínica a los movimientos caninos maxilares, y se debe planificar una sobre-regulación durante la expansión dentoalveolar.

<b>María Luisa Vidal et al<sup>51</sup>.</b>	Journal Clinical and Experimental Dentistry 2021 <i>ACEPTADO</i>	Ensayo Clínico Retrospectivo	1c	Evaluar la eficacia y la previsibilidad de la expansión de la ortodoncia superior e inferior con el sistema Invisalign®.	n = 115	El sistema Invisalign® resultó ser una alternativa positiva para el movimiento de expansión que ofrece un alto grado de previsibilidad, tanto en los arcos superior e inferior. Como resultado, el nivel de expansión más predecible fue moderado, siendo el arco inferior más previsible a nivel gingival que el arco superior.
--	--	------------------------------	----	--	---------	--

Leyenda:

M: mujer; H: hombre

**Tabla 4: Riesgo de sesgo para estudios observacionales con la escala de evaluación de calidad ROBINS-I**

Autores		Campos						Juicio general	
		Pretratamiento		Intervención	Postratamiento				
		Sesgo debido a la confusión	Sesgo en la elección de los participantes para estudio	Sesgo al clasificar los tratamientos	Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas	Sesgo debido a la falta de datos	Sesgo debido a la medición de los resultados		Sesgo en la selección de resultados reportados
Jean Philippe	2017	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
Beatriz Solano	2017	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
Zhao Xiang	2017	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
A. Deregibus	2020	(1)	(2)	(2)	(1)	(1)	(2)	(3)	(3)
Graciela J.	2020	(1)	(2)	(2)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
Ning Zhou	2020	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
I. Morales	2020	(1)	(2)	(2)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)
Ulrike Riede	2021	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)
Roberta Leone	2021	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
María Luisa Vidal	Aceptado	(1)	(2)	(1)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)

(1) Riesgo de sesgo bajo (2) Riesgo de sesgo moderado (3) Riesgo de sesgo alto (4) Riesgo de sesgo crítico (5) sin información

**Tabla 5: Resumen de los estudios incluidos sobre las anchuras interdetales obtenidas una vez finalizada la expansión y la precisión al predecir los distintos movimientos dentales.**

Autores	Cantidad de apiñamiento	Arcada	Efectividad expansión transversal								Predictibilidad expansión transversal													
			Anchura intercuspídea				Anchura margen palato- gingival				Anchura intercuspídea				Anchura margen palato-gingival									
			C	1PM	2PM	1M	C	1PM	2PM	1M	C	1PM	2PM	1M	C	1PM	2PM	1M						
Jean Philippe Houle 2017		mx																						
		mb																						
Beatriz Solano 2017	<2mm - >6mm	mx	●					●																
Zhao Xiang 2017	-/+2mm	mx																						
A. Deregibus 2020	< 6mm	mx	●			●																		
		mb	●			●																		
Graciela J. 2020	< 6mm	mx			●	●																		
Ning Zhou 2020	<1mm - 2mm	mx																						
I. Morales 2020	<15mm	mx			●			●																
Ulrike Riede 2021	<5.2mm	mx																						
Roberta Lione 2021		mx	●		●	●		●																
María Luisa Vidal 2021 Aceptado		mx	●		●			●				●	●	●		●		●		●		●		●
		mb	●		●			●				●	●	●		●		●		●		●		●

Leyenda: ● Mayor valor obtenido ● Menor valor obtenido

Mx: arcada superior; Mb: arcada inferior; C: Canino; 1PM: Primer premolar, 2PM: Segundo premolar; 1M: Primer molar

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1 Selección de participantes**

En nuestro estudio todos los artículos cumplen con nuestros criterios de inclusión y exclusión, pero carecen de grupo control y hace que disminuya su nivel de evidencia, puesto que la ausencia de este grupo de participantes nos impide comparar los hallazgos obtenidos con el grupo tratado y, como consecuencia, podemos conseguir resultados no del todo fiables.

Por otro lado, los participantes seleccionados para la elaboración de los diferentes estudios son adultos con la intención de evitar sesgos asociados al crecimiento esquelético transversal de las arcadas<sup>54</sup>. No obstante, el estudio de Graciela J. Barreda<sup>52</sup> cuenta con participantes en crecimiento justificando que sus participantes presentan dentición permanente completa, además de indicación para realizar expansión y de tener un periodonto normal y sano.

### **5.2 Preparación del tratamiento**

Uno de los grandes avances de la ortodoncia invisible es la posibilidad de alcanzar una gran precisión de los modelos virtuales y así reproducir y predecir individualmente los movimientos dentales.

Nuestros estudios cuentan con impresiones originales o modelos intraorales escaneados de todos los pacientes antes de comenzar y al finalizar el tratamiento, además de modelos digitales iniciales y finales en Clincheck®. Para determinar la eficacia de la reproducción de los modelos digitales con dicho software, Beatriz Solano et al.<sup>55</sup> comparan las medidas realizadas en los modelos originales de los pacientes a tratar con las medidas obtenidas en el Clincheck inicial, obteniendo una reproducción exacta de los modelos pretratamiento, lo que confirma la eficacia de la impresión realizada con el software. U. Riede<sup>59</sup> en su reciente estudio obtiene resultados similares comparando los modelos clínicos con los virtuales del pretratamiento por dos investigadores. Las insignificantes desviaciones obtenidas en este último estudio reflejan la precisión de las impresiones transferidas a modelos virtuales en ClinCheck®.

La realización de CBCT es otra de las pruebas fundamentales que incluyen dos de nuestros estudios<sup>52,57</sup>, puesto que la información 3D obtenida por el CBCT permite realizar mediciones para asegurar de forma objetiva la eficacia de la expansión transversal esquelética y cuantificar el tipo de los molares.

### **5.3 Material y frecuencia en el cambio de los alineadores**

La mayoría de nuestros estudios<sup>50,51,54,58,59</sup> emplean SmartTrack como material para la fabricación de los alineadores. El estudio de María Vidal et al.<sup>51</sup> que hace uso del nuevo material previamente mencionado, compara los valores de expansión obtenidos frente a los del estudio de B. Solano et al.<sup>55</sup>, el cual utiliza el antiguo material Exceed 30. Finalmente, Vidal obtiene unos mayores valores de expansión puesto que las propiedades mecánicas del nuevo material garantizan una mayor eficacia en los movimientos dentales.

La periodicidad en el cambio de alineadores también puede influir en los resultados de los diferentes estudios. Hay autores<sup>53,55</sup> que deciden realizar el cambio cada diez días, en lugar de seguir el protocolo establecido por Align Technology cada quince días<sup>52,54</sup> porque, al realizar una expansión más rápida, consideran necesario un cambio más frecuente para la estabilización de la expansión finalmente obtenida<sup>55</sup>.

### **5.4 Aumento transversal anchura arcada**

La tabla 5 de nuestro estudio representa los resultados obtenidos en los diferentes estudios sobre los dientes con mayor o menor eficacia y predictibilidad cuando se realiza expansión transversal bajo el tratamiento con ortodoncia transparente. A la hora de realizar las mediciones, algunos toman como referencia las cúspides vestibulares de los dientes posteriores<sup>51,53,55,58,59</sup>, sin embargo, otros valoran la distancia interdientaria desde la cúspide palatina<sup>54,57</sup> o desde el centro de la corona clínica<sup>50</sup>. Del mismo modo, hay disparidad entre los artículos en el periodo del tratamiento en la que se recopilan las mediciones. Por esta razón, esta tabla trata de unificar y simplificar la interpretación de los resultados de los diversos estudios.

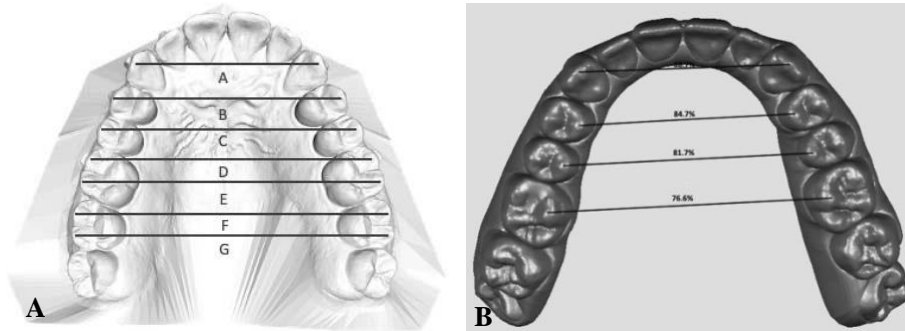


Figura 5: Mediciones sobre los modelos digitales. (A) Anchura canina obtenida tomando como referencia las cúspides vestibulares de premolares y molares<sup>53</sup>. (B) Mediciones tomadas sobre las cúspides palatinas de los dientes posteriores<sup>54</sup>.

### Eficacia

Para evaluar la efectividad de los alineadores, se analizaron las mediciones de la situación inicial del paciente respecto a las medidas de la expansión finalmente alcanzada. Los estudios afirman que la ortodoncia invisible es una herramienta eficaz a la hora de lograr la expansión transversal que consigue aumentar la anchura interdientaria, en mayor o menor medida, desde los caninos hasta los segundos molares<sup>58</sup>.

R. Lione et al.<sup>53</sup> muestran una mayor anchura del maxilar a la nivel de los primeros y segundos premolares, con una expansión obtenida de 3,5mm y 3,8mm respectivamente, que se corresponde con un incremento medio del 8,5% respecto a los valores iniciales conduciendo al desarrollo de la arcada maxilar con forma de V a una forma más parabólica. La ubicación en línea recta de los premolares en la arcada les permite una mayor capacidad para expandirse, mientras que los caninos se disponen en el arco de un círculo cuya disposición se limita por las dimensiones de los dientes anteriores, al mismo tiempo que los molares se curvan hacia la línea media. Otra de las razones por las cuales la expansión decrece en los molares se debe a la fuerza mecánica ejercida para movilizar los dientes disminuye en los extremos de los alineadores<sup>57</sup>. Por esta última razón, autores como Z.Xiang<sup>50</sup> y Houle<sup>54</sup> recomiendan realizar sobrecorrección en el área molar y así aplicar mayor fuerza en los extremos libres de los alineadores.

En 2020, el estudio de N.Zhou et al<sup>57</sup> realizó la evaluación de los cambios transversales producidos bajo la terapia con ortodoncia invisible mediante las imágenes en 3D que ofrece el CBCT en el que se obtuvo que la eficiencia de expansión a nivel coronal fue del 79,75% a nivel canino, en el primer y segundo nivel premolar 76.10% y 73.27% respectivamente y en el primer nivel molar 68.31%.

El estudio de I. Morales de 2020<sup>58</sup> cuenta con una muestra de 114 participantes y compara las anchuras interdenciales a nivel de los caninos, premolares y molares a nivel de la cúspide mesio-vestibular. La eficacia obtenida fue de 1.87 mm a nivel canino, 3.14 mm y 3.45 mm en el primer y segundo premolar respectivamente, 2.57 mm en el primer molar y 0.45 mm a nivel del segundo molar. Z.Xiang et al.<sup>50</sup> coinciden al obtener una eficacia del 70% en la cantidad de anchura a nivel de premolares que disminuye al 29% en la zona de los primeros molares.

Haule<sup>54</sup> en 2017, que consigue hasta 4.11mm de anchura en la zona de los segundos premolares, afirma que una mayor expansión planeada con Clincheck no estaba asociada con menos precisión. Sin embargo, U. Riede et al.<sup>59</sup> en sus resultados obtiene 10% menos de efectividad en la anchura cuspídea que en los márgenes gingivales de los dientes debido a que no realiza una corrección de torque positiva en la expansión transversal, por lo que llega a la conclusión de que cuanto mayor es el movimiento planeado, menos efectivo es.

M.Vidal et al.<sup>51</sup> muestra en sus resultados del estudio un mayor valor en la anchura a nivel de las cúspides mesio-vestibulares que a nivel gingival en la zona palatina puesto que aumenta la expansión con un torque vestibular de las coronas de los sectores posteriores. Por el contrario, el artículo de N.Zhou et al.<sup>57</sup> sostiene que la inclinación hacia bucal de los sectores posteriores debe minimizarse, alegando la necesidad de realizar la expansión en bloque. Esto lleva al estudio a valorar la eficiencia de la expansión dental en bloque hacia vestibular con los alineadores, consiguiendo un porcentaje de 36.35% en los primeros molares y la relación del movimiento de expansión entre la raíz y la corona fue de aproximadamente 2:5. Por lo tanto, una cantidad adecuada de torque negativo en la corona podría preestablecerse en ClinCheck para mejorar la eficiencia de expansión corporal.

En cuanto a la expansión obtenida en la arcada inferior, Vidal et al.<sup>51</sup> confirman que ésta es menor a nivel cuspídeo frente a la anchura alcanzada en los márgenes gingivales linguales, y esto puede estar relacionado con la posición de las coronas inferiores respecto a las de las superiores en oclusión, lo cual interfiere en el aumento de la anchura cuspídea.

## Predictibilidad

Para evaluar la predictibilidad de los movimientos dentales con los alineadores, se analizaron las dimensiones previstas por el modelo digital del Clincheck final del paciente respecto a las medidas de los modelos finales una vez obtenida la expansión deseada. Los estudios afirman que el software utilizado para la ortodoncia invisible es una herramienta capaz de predecir, en mayor o menor medida, los movimientos de expansión en el plano transversal<sup>55</sup>, pero dicha predicción disminuye a medida que avanzamos hacia los dientes posteriores<sup>54</sup>.

Respecto a la predictibilidad de los cambios de la anchura intercuspídea, Houle et al.<sup>54</sup> obtienen una predicción del 82,9%, siendo la medida más precisa la distancia intercuspídea con un 88.7%. Vidal et al.<sup>51</sup> consiguen la mayor precisión a nivel de los segundos premolares con un 100.58%, siendo los menos predictibles la distancia intercuspídea a nivel de los primeros molares con un 98.32%. Sin embargo, R. Lione et al.<sup>53</sup> por otro lado, consigue un valor menos predecible a nivel de las anchuras caninas obteniendo un torque coronario hacia lingual. Los investigadores de este estudio afirman que por razones estéticas y funcionales debemos prestar especialmente atención a los cambios transversales de los caninos.

En la investigación de I. Morales et al.<sup>58</sup>, la expansión del segundo molar se produjo tal y como se había previsto, probablemente porque este diente ya se encontrara en su posición correcta en el 90.4% de la muestra de participantes, lo que hizo insignificante su cambio de posición en la arcada.

A nivel de los márgenes gingivales, Vidal<sup>51</sup> coincide con Houle<sup>54</sup> al obtener una menor predicción frente a los valores obtenidos a nivel de las cúspides como resultado de la influencia a nivel coronario de los alineadores, de manera que los movimientos más predecibles en los movimientos en arcadas con coronas anchas y grandes.

Asimismo, la finalidad de la investigación de Riede et al.<sup>59</sup> es evaluar la precisión de los contactos oclusales previamente planificados y determina que se logró el 60% de los contactos simulados, siendo este valor adecuado para asegurar un patrón de contacto clínicamente favorable. En su conclusión añade que la sobrecorrección podría ser una buena opción para planificar los contactos oclusales con una efectividad clínica del 59.1%.



### 5.5 Estado del hueso alveolar y del periodonto

La presencia de hueso alveolar, tanto en altura como en espesor, es fundamental para el apoyo del margen gingival y su estabilidad en el tiempo, ya que va a determinar el contorno estético de la encía. Si esta pared ósea se pierde, puede desencadenar dehiscencia o recesiones en la encía. Por este motivo, es esencial evaluar las dimensiones del hueso antes y después de realizar la expansión<sup>52</sup>.

Las imágenes 3D que ofrece la prueba CBCT ofrece imágenes con hasta 0.123mm de resolución que permite hacer mediciones lineales precisas con baja exposición a la radiación<sup>52</sup>.

Por un lado, N.Zhou et al.<sup>57</sup>, no obtuvieron en sus mediciones ningún aumento estadísticamente significativo en la anchura del hueso basal maxilar ni del ancho entre los puntos más convexos a nivel vestibular del hueso alveolar maxilar. Sin embargo, el ancho interdental y el ancho en las crestas alveolares bucales y linguales sí aumentaron significativamente, demostrando que el efecto de expansión producido por los alineadores se produce principalmente por la inclinación corono-vestibular de los sectores posteriores

El estudio Graciela et al.<sup>52</sup> tiene como objetivo principal evaluar los cambios del periodonto y del hueso alveolar maxilar durante el primer año de expansión maxilar con la ortodoncia transparente. En cuanto a la altura del hueso alveolar, el 81.6% y el 68.4% de los primeros y segundos premolares respectivamente examinados, mostraron una diferencia menor de 0.5mm en la distancia entre la unión amelocementaria y la cresta alveolar, lo cual refleja una buena respuesta en el nivel de inserción en la expansión con alineadores. La anchura del hueso alveolar se evaluó a 4mm y a 6mm hacia apical desde la unión amelocementaria. A nivel de los primeros bicúspides, se observa un pequeño descenso de la anchura alveolar en un 5,2% a 4 mm hacia apical, mientras que los segundos bicúspides mejoran un 2.7% en anchura a 4mm, pero ésta disminuye en 13.1% a 6mm. Esto demuestra que los parámetros óseos no influyen significativamente en el aumento transversal de la arcada.

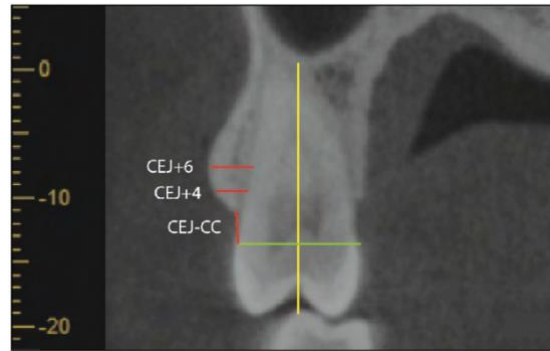


Figura 6: Sección coronal de premolares superiores: distancia desde la unión amelocementaria a la cresta alveolar (CEJ-CC) y espesor del hueso alveolar vestibular a 4 y 6 mm hacia apical al CEJ (CEJ+4 y CEJ+6, respectivamente)<sup>52</sup>.

Adicionalmente, este último estudio mencionado evalúa el estado de la higiene oral de los participantes del estudio que previamente han recibido un protocolo de higiene bucal. El artículo demuestra que los índices de placa y gingival de Löe y Silness, la profundidad de bolsa y el nivel de inserción se mantuvieron estables, así como una disminución en la distancia entre el margen gingival y la unión amelocementaria. Todo ello garantiza una mejora en la higiene oral y disminución de la acumulación de placa frente a la aparatología fija, que asegura un buen estado del periodonto a largo plazo<sup>52</sup>.

## 5.6 Refinamiento

Un gran porcentaje de los pacientes que se tratan con ortodoncia invisible requieren refinamiento para corregir ciertas posiciones dentales para lograr los objetivos previstos antes de finalizar el tratamiento.

Los artículos de I. Morales<sup>58</sup> y M.Vidal<sup>51</sup> en su metodología mencionan que sus participantes han necesitado refinamiento, pero las mediciones de los modelos digitales recopiladas se han realizado antes de realizar dicha corrección para evitar riesgo de sesgo.

Sin embargo, Houle et al.<sup>54</sup> discrepan ante el requerimiento de realizar refinamientos por las consecuencias negativas que ocasiona, como un aumento en el tiempo del tratamiento y el tiempo ocupado en el sillón dental, además de mayores costos por el aumento de la demanda de fabricación de alineadores. Por ello, defienden que una buena planificación de sobrecorrección y otros elementos auxiliares como elásticos para mordidas cruzadas para la expansión, pueden disminuir la necesidad de realizar correcciones a mitad del curso del tratamiento.

## 5.7 Estabilidad postratamiento

Es importante evaluar los resultados a largo plazo, de esta forma, podremos aconsejar a nuestros pacientes por la probabilidad del éxito del tratamiento de aumento de la arcada en el plano transversal con los alineadores.

A.Deregibus et al.<sup>56</sup> mencionan en su artículo la importancia de la distancia intercanina, siendo uno de los parámetros más importantes en los tratamientos de ortodoncia en cuanto a la estabilidad a largo plazo.

Sin embargo, esta investigación cuenta con estudios publicados muy recientemente que carecen del seguimiento postratamiento. Por ello, afirmamos la necesidad de estudios sobre la expansión maxilar con alineadores a largo plazo para evaluar la estabilidad de dicho tratamiento.

## 5.8 Limitaciones

En esta revisión sistemática existen una serie de limitaciones que debemos tener en cuenta a la hora de interpretar los resultados. Primero, en la literatura hay pocas investigaciones y muy recientes sobre la expansión transversal del maxilar bajo tratamiento con alineadores, que, además, no cuentan con grandes muestras de participantes<sup>50,52,53,56,57,59</sup>. Además, la falta de conocimientos sobre la lengua china dificultó la traducción y comprensión del artículo<sup>50</sup>. Segundo, añadir que solo dos de nuestros estudios<sup>52,57</sup> incluyen la prueba de CBCT, la cual consideramos que es una prueba fundamental para realizar mediciones objetivas sobre la expansión transversal esquelética y para cuantificar el tip real de los molares. Asimismo, no existe consenso entre los estudios a la hora de medir transversalmente la distancia intercuspídea, ya que algunos toman como referencia las cúspides vestibulares de los dientes posteriores<sup>51,53,55,58,59</sup>, otros valoran la distancia interdientaria desde la cúspide palatina<sup>54,57</sup> y otros desde el centro de la corona clínica<sup>50</sup>. Tercero, inevitablemente todos los estudios utilizados cuentan con algún tipo de sesgo, siendo la falta de ciego el riesgo de sesgo más repetido pudiendo afectar a la validez interna de los artículos. Por último, las investigaciones utilizadas cuentan con un nivel de certeza moderado.

## 6. CONCLUSIONES

1. Las propiedades mecánicas del material SmartTrack garantizan una gran eficacia en la expansión de las arcadas. (Nivel moderado de certeza)
2. La realización de la prueba CBCT es fundamental y debe incluirse en futuros estudios para cuantificar de forma objetiva la expansión transversal del maxilar y el tip real de los dientes posteriores. (Nivel alto de certeza)
3. Las referencias anatómicas dentales tomadas para determinar la distancia interdientaria antes y después del tratamiento deberían unificarse en un protocolo consensuado para obtener resultados objetivos y homogéneos (Nivel alto de certeza)
4. La eficacia de la expansión de las anchuras interdentes a la altura de las cúspides y en el margen gingival en ambas arcadas son estadísticamente significativas. (Nivel moderado de certeza)
5. Los alineadores deben incorporar cambio adicional en la inclinación dentaria para lograr un movimiento dental más paralelo y evitar torque corono-vestibular durante la expansión. (Nivel moderado de certeza)
6. Los datos obtenidos con el software Clincheck® garantizan un alto grado de predictibilidad de los cambios perimetrales de la arcada. (Nivel moderado de certeza)
7. La ortodoncia invisible no provoca cambios substanciales en el hueso alveolar ni el periodonto, además reduce la retención de placa bacteriana al favorecer una correcta higiene oral. (Nivel moderado de certeza)
8. La planificación de sobrecorrección y otros elementos auxiliares podría disminuir la necesidad de realizar refinamiento. (Nivel bajo de certeza)
9. Se necesitan estudios a largo plazo sobre la expansión transversal con alineadores para valorar el éxito y la estabilidad de este tipo de tratamiento. (Nivel alto de certeza)

## BLIBLIOGRAFÍA

1. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review [Internet]. Vol. 85, *Angle Orthodontist*. Allen Press Inc.; 2015. p. 881–9.
2. Kesling HD. The philosophy of the tooth positioning appliance. *Am J Orthod Oral Surg*. 1945 Jun 1;31(6):297–304.
3. McNamara JA, Kramer KL, Juenker JP. Invisible retainers. *J Clin Orthod*. 1985 Aug;19(8):570–8.
4. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod*. 1971;59(3):266–72.
5. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. 2017;
6. Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. *Contemporary orthodontics 6th edition* William proffit. 2019. 278, 311 p.
7. Chen Y-J, Chan L-Y, Jane Yao C-C. Clear Aligner Treatment with “In-Office” Virtual Model Set-Up and 3D Printing. *J Dent Oral Care*. 2017 May 26;3(2):1–5.
8. Gu J, Tang JS, Skulski B, Fields HW, Beck FM, Firestone AR, et al. Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017 Feb 1;151(2):259–66.
9. Jindal P, Juneja M, Luke Siena F, Bajaj D, Breedon Chandigarh P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. 2019
10. Wong BH, Scholz RP, Turpin DL. Invisalign A to Z. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2002 May 1;121(5):540–1.
11. 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 Jun 11;14(1):68.
12. Rivero Lesmes J. Eficiencia biomecánica en ortodoncia transparente. *Rev Española Ortod*. 2020;58(3):51–65.
13. Rauch ED, Joplin DDS. Torque and its application to orthodontics. *Am J Orthod*. 1959;45:817–30.
14. Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *Angle Orthod*. 2015 Nov 1;85(6):934–40.
15. Kohda N, Iijima M, Muguruma T, Brantley WA, Ahluwalia KS, Mizoguchi I. Effects of mechanical properties of thermoplastic materials on the initial force of thermoplastic appliances. *Angle Orthod*. 2013 May 1;83(3):476–83.
16. 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 Oct 9;9(10).
17. Sayin MO, Turkkahraman H. Comparison of Dental Arch and Alveolar Widths of Patients with Class II, Division 1 Malocclusion and Subjects with Class I Ideal Occlusion. Vol. 74, *Angle Orthodontist*. 2004
18. Gracco A, Mazzoli A, Favoni O, Conti C, Ferraris P, Tosi G, et al. Short-term chemical and physical changes in invisalign appliances. *Aust Orthod J*. 2009 May 1;25(1):34–40.
19. Watts DC, Cash AJ. Analysis of optical transmission by 400-500 nm visible light into aesthetic dental biomaterials. *J Dent*. 1994 Apr 1;22(2):112–7.
20. Huguet EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the Elastic Behavior of a Synthetic Orthodontic Elastomer. *J Dent Res*. 1990;69(2):496–501.
21. Eliades T, Eliades G, Watts DC. Structural conformation of in vitro and in vivo aged orthodontic elastomeric modules. *Eur J Orthod*. 1999;21(6):649–58.
22. Lu QW, Macosko CW. Comparing the compatibility of various functionalized polypropylenes with thermoplastic polyurethane (TPU). *Polymer (Guildf)*. 2004;45(6):1981–91.
23. Lombardo L, Arreghini A, Maccarrone R, Bianchi A, Scalia S, Siciliani G. Optical properties of orthodontic aligners—spectrophotometry analysis of three types before and after aging. *Prog Orthod*. 2015;16(1).
24. Barreda GJ, Dzierewianko EA, Muñoz KA, Piccoli GI. Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments. *Acta Odontol Latinoam*. 2017;30(2):90–5.

25. Trías M. El tratamiento alternativo con alineadores elásticos (sistema Invisalign®). *Rev Española Ortod.* 2009;39(3):221–8.
26. Feinberg KB owma., Souccar NM, Kau CH, Oster RA, Lawson NC. Translucency, Stain Resistance, and Hardness of Composites Used for Invisalign Attachments. *J Clin Orthod.* 2016 Mar 1;50(3):170–6.
27. Boyd RL. Esthetic Orthodontic Treatment Using the Invisalign Appliance for Moderate to Complex Malocclusions. *J Dent Educ.* 2008 Aug;72(8):948–67.
28. Página web Invisalign
29. 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 Dec;32(6):607–13.
30. Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, Debernardi C. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. *J Clin Orthod [Internet].* 2013 Jun 1;47(6):346–51
31. 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 Dec;34(6):724–30.
32. Alstad S, Zachrisson BU. Longitudinal study of periodontal condition associated with orthodontic treatment in adolescents. *Am J Orthod.* 1979;76(3):277–86.
33. 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 May;66(3):219–29.
34. Joffe L. Features section: Current products and practice invisalign ®: Early experiences. Vol. 30, *Journal of Orthodontics.* *J Orthod;* 2003. p. 348–52.
35. Tsomos G, Bjö Rn Ludwig ;, Grossen J, Pazera P, Gkantidis N. Objective assessment of patient compliance with removable orthodontic appliances A cross-sectional cohort study. *Angle Orthod.* 2014;84(1):56–61.
36. 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. *YMOD.* 2009;135:27–35.
37. Meier B, Wiemer KB, Miethke RR. Invisalign® - Patient Profiling. Analysis of a Prospective Survey. *J Orofac Orthop.* 2003 Sep;64(5):352–8.
38. Womack W. Four-Premolar Extracition Treatment with Invisalign. *J Clin Orthod.* 2006;XL(8):493–500.
39. Hönn M, Göz G. A Premolar Extraction Case Using the Invisalign System. *J Orofac Orthop.* 2006 Sep;67(5):385–94.
40. Boyd RL. Surgical-orthodontic treatment of two skeletal Class III patients with Invisalign and fixed appliances. *J Clin Orthod.* 2005 Apr;39(4):245–58.
41. Boyd R, Oh H, Fallah M, Association VV-CD, 2006. An update on present and future considerations of aligners. *Journal of the California Dental Association* (2006) 34(10) 793-805
42. Pacheco. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: Diccionario de la lengua española, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>>
43. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with invisalign. *Angle Orthod.* 2008 Jul;78(4):682–7.
44. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2018 Jul 1;154(1):47–54.
45. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2020;158:420–5.
46. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the american board of orthodontics objective grading system. *Angle Orthod.* 2007 Sep;77(5):864–9.
47. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting

- systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Med.* 2009;6(7).
48. Mella Sousa M, Zamora Navas P, Mella Laborde M, Ballester Alfaro JJ, Uceda Carrascosa P. Niveles de evidencia clínica y grados de recomendación Niveles de Evidencia Clínica y Grados de Recomendación. *Rev S And Traum y Ort.* 2012;29(1/2):59–72.
  49. Jonathan Sterne EA, Higgins JP, Elbers RG, Reeves BC, Jac S. Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions (ROBINS-I): detailed guidance.
  50. Xiang Z. *Chinese J Stomatol.* September 2017;52(9).
  51. Maria Luisa Vidal Bernardez, Ángel Vilches Arenas, Boris Sonnemberg ESR y BSM. Efficacy and predictability of maxillary and mandibular expansion with the Invisalign® system. *J Clin Exp Dent.* (Accepted).
  52. Barreda GJ, Dzierewianko EA, Mazza V, Muñoz KA, Piccoli GI, Romanelli HJ. Expansion treatment using Invisalign®: Periodontal health status and maxillary buccal bone changes. A clinical and tomographic evaluation. *Acta Odontol Latinoam.* 2020;33(2):69–81.
  53. Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, Gazzani F, Meuli S, Pavoni C, et al. Maxillary arch development with Invisalign system: Analysis of expansion dental movements on digital dental casts. *Angle Orthod.* 2021
  54. Houle J-P, Piedade L, Todescan R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *Angle Orthod.* 2017;87:19–24.
  55. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? *Clin Oral Investig.* 2017;21(5):1475–84.
  56. Deregibus A, Tallone L, Rossini G, Parrini S, Piancino M, Castroflorio T. Morphometric analysis of dental arch form changes in class II patients treated with clear aligners. *J Orofac Orthop.* 2020;81(4):229–38.
  57. Zhou N, Guo J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. *Angle Orthodontist.* 2020 Jan 14;90(1):23–30.
  58. Morales-Burruezo I, -Luis Gandía-Franco J, Cobo J, Vela-Hernández A, Bellot-Arcés CI. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLoS One* (2020)15(12 December)
  59. Riede U, Wai S, Neururer S, Reistenhofer B, Riede G, Besser K, et al. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment. *Clin Oral Investig.* 2021