



Universidad Católica de

Valencia

San Vicente Mártir

**Facultad de Medicina y Ciencias de
la Salud**

Grado en Odontología

Trabajo de Fin de Grado

***PREDICTIBILIDAD DE LOS MOVIMIENTOS
ORTODÓNCICOS CON ALINEADORES TRANSPARENTES***

Una revisión sistemática

Autor:

Luis Frechina Bayo

Directora:

Dra. Ana Sánchez Albero

Valencia, a 24 de mayo de 2022



Universidad
Católica
de Valencia
San Vicente Mártir

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
Predictibilidad de los movimientos ortodóncicos con alineadores transparentes
Trabajo de Fin de Grado – Luis Frechina Bayo



Universidad
Católica
de Valencia
San Vicente Mártir

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
Predictibilidad de los movimientos ortodóncicos con alineadores transparentes
Trabajo de Fin de Grado – Luis Frechina Bayo

AGRADECIMIENTOS:

A mi familia; a mis padres, Esteban y Raquel, por ayudarme y darme la oportunidad de estudiar esta carrera tan bonita y haberme dado la oportunidad de formarme como odontólogo, a mi hermano Carlos por haber sido mi mentor y consejero en estos años de carrera, a mi hermana Paula por amenizarme esos días largos de estudio con sus bromas y sus risas, a mis abuelos, Pepe y Fina y Felipe y Enriqueta, quienes eran, son y serán cuatro pilares fundamentales a lo largo de vida.

A mis amigos; a mi grupo de JSS, de Isleta Marina I, Fent Camí y a mi Dream Team de la universidad, que han compartido todos estos años de formación conmigo.

A la Universidad Católica de Valencia, quienes me han formado como odontólogo y como persona durante estos cinco largos; me han abierto las puertas de una profesión tan fantástica como es la Odontología y me han acercado a personas increíbles, tanto compañeros de carrera como profesores.

A mi tutora, la Dra. Ana Sánchez Alberó, que en apenas 8 meses me ha enseñado mucho acerca de la Ortodoncia y siempre ha estado ahí, en todo momento, durante la realización de mi TFG, para ayudarme acerca de cualquier duda que tuviese y para animarme a seguir adelante.

A mi pareja, Maria, quien ha sido mi apoyo fundamental durante estos años de carrera, me ha ayudado a sacar lo mejor de mí, a esforzarme al máximo, a no rendirme y a levantarme siempre del fracaso, sin ella a mi lado, no hubiera sido lo mismo.



Universidad
Católica
de Valencia
San Vicente Mártir

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
Predictibilidad de los movimientos ortodóncicos con alineadores transparentes
Trabajo de Fin de Grado – Luis Frechina Bayo

RESUMEN:

Fundamentos: En los últimos años, un número creciente de pacientes adultos han buscado tratamiento de ortodoncia y han expresado su deseo de alternativas estéticas y cómodas a los aparatos fijos convencionales. Desde entonces, el interés y la difusión de esta alternativa terapéutica a la clásica terapia de ortodoncia multibracket ha aumentado exponencialmente, considerando también las necesidades y percepción estética de los pacientes. Los alineadores transparentes pueden producir resultados clínicamente aceptables que podrían ser comparables a la terapia con aparatos fijos.

Objetivos: El objetivo de esta revisión sistemática es determinar la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos en la terapia con alineadores transparentes.

Material y métodos: Se realiza una revisión sistemática de estudios cuyo objetivo principal sea analizar la predictibilidad de los diferentes movimientos ortodóncicos que producen de los alineadores transparentes. La búsqueda bibliográfica se realiza a través de Medline(Pubmed), MedlinePlus, Google Scholar y Scielo. Partiendo de 8963 registros, se examina el título, el resumen y los objetivos de cada uno conforme a los criterios, y se analiza si cumplen los criterios de elección, obteniendo así 114 artículos completos evaluados por criterios.

Resultados: En total se incluyen 14 artículos de los cuales 3 versan sobre la predictibilidad del movimiento de distalización, 4 sobre la predictibilidad del movimiento de expansión, 4 sobre la predictibilidad del movimiento de intrusión, 2 sobre la predictibilidad del movimiento de mesialización y 4 sobre la predictibilidad del movimiento de rotación, de los cuales 3 artículos ya se habían usado previamente para el análisis de los otros movimientos nombrados anteriormente.

Conclusiones: La predictibilidad de movimiento de la terapia ortodóncica con alineadores transparentes se muestra favorable en los movimientos de distalización molar, expansión de ambos maxilares e intrusión de dientes del sector anterior. La combinación con aditamentos, elementos auxiliares o la técnica de IPR incrementan exponencialmente la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos y garantizan así un mayor éxito de tratamiento.

Palabras clave: Alineadores transparentes, ortodoncia invisible, movimiento dental, Invisalign.



Universidad
Católica
de Valencia
San Vicente Mártir

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
Predictibilidad de los movimientos ortodóncicos con alineadores transparentes
Trabajo de Fin de Grado – Luis Frechina Bayo

ABSTRACT:

Background: In recent years, an increasing number of adult patients have sought orthodontic treatment and have expressed a desire for aesthetic and comfortable alternatives to conventional fixed appliances. Since then, the interest and diffusion of this therapeutic alternative to the classic multibracket orthodontic therapy has increased exponentially, also considering the needs and aesthetic perception of patients. Clear aligners can produce clinically acceptable results that may be comparable to fixed appliance therapy.

Objective: The objective of this systematic review is to determine the predictability of orthodontic movements in therapy with transparent aligners.

Methods: A systematic review of studies whose main objective is to analyze the predictability of the different orthodontic movements produced by transparent aligners is carried out. The bibliographic search is carried out through Medline (Pubmed), MedlinePlus, Google Scholar and Scielo. Starting from 8963 records, the title, abstract and objectives of each one is examined according to the criteria, and it is analyzed if they meet the selection criteria, thus obtaining 114 complete articles evaluated by criteria.

Results: A total of 14 articles are included, of which 3 deal with the predictability of the distalization movement, 4 on the predictability of the expansion movement, 4 on the predictability of the intrusion movement, 2 on the predictability of the mesialization movement and 4 on the predictability of the rotation movement, of which 3 articles had already been used previously for the analysis of the other movements named above.

Conclusions: The predictability of movement of orthodontic therapy with transparent aligners is shown to be favorable in molar distalization movements, expansion of both maxilars and intrusion of teeth in the anterior sector. The combination with attachments, auxiliary elements or the IPR technique exponentially increase the predictability of orthodontic movements and thus guarantee greater treatment success.

Keywords: Clear aligners, invisible orthodontics, tooth movement, Invisalign.



Universidad
Católica
de Valencia
San Vicente Mártir

FACULTAD DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD
Predictibilidad de los movimientos ortodóncicos con alineadores transparentes
Trabajo de Fin de Grado – Luis Frechina Bayo

ÍNDICE DEL TRABAJO:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 <i>Fundamentos de la Ortodoncia.....</i>	<i>1</i>
1.1.1 <i>¿Qué es la Ortodoncia?.....</i>	<i>1</i>
1.1.2 <i>Evolución histórica.....</i>	<i>1</i>
1.1.3 <i>¿Qué es la oclusión?.....</i>	<i>2</i>
1.1.4 <i>Maloclusiones dentales.....</i>	<i>3</i>
1.1.5 <i>Apiñamiento dental.....</i>	<i>6</i>
1.2 <i>Biomecánica en Ortodoncia.....</i>	<i>6</i>
1.2.1 <i>Respuesta biológica.....</i>	<i>7</i>
1.2.2 <i>Conceptos básicos de biomecánica.....</i>	<i>7</i>
1.2.3 <i>Movimientos dentales.....</i>	<i>8</i>
1.2.4 <i>Fuerzas ortodóncicos.....</i>	<i>8</i>
1.3 <i>Movimientos dentales ortodóncicos.....</i>	<i>9</i>
1.3.1 <i>Intrusión.....</i>	<i>9</i>
1.3.2 <i>Extrusión.....</i>	<i>9</i>
1.3.3 <i>Distalización.....</i>	<i>10</i>
1.3.4 <i>Mesialización.....</i>	<i>10</i>
1.3.5 <i>Rotación.....</i>	<i>10</i>
1.4 <i>Tratamiento en Ortodoncia.....</i>	<i>11</i>
1.4.1 <i>Ortodoncia preventiva.....</i>	<i>11</i>
1.4.2 <i>Ortodoncia interceptiva.....</i>	<i>12</i>
1.4.3 <i>Ortodoncia correctiva.....</i>	<i>12</i>
1.5 <i>Aparatología en Ortodoncia.....</i>	<i>13</i>
1.5.1 <i>Aparatos extraorales.....</i>	<i>13</i>
1.5.2 <i>Aparatos funcionales.....</i>	<i>13</i>
1.5.3 <i>Aparatos removibles.....</i>	<i>14</i>
1.5.4 <i>Aparatos fijos.....</i>	<i>15</i>
1.6 <i>Ortodoncia invisible.....</i>	<i>16</i>
1.6.1 <i>Tipos de alienadores transparentes.....</i>	<i>17</i>
1.6.2 <i>Métodos de producción de alineadores transparentes.....</i>	<i>17</i>
1.6.3 <i>Materiales de los alienadores transparentes.....</i>	<i>18</i>

1.6.4	<i>Biomecánica de los alineadores transparentes</i>	19
1.6.5	<i>Aplicabilidad de los alineadores transparentes a tratamientos ortodóncicos</i>	20
1.6.6	<i>Uso de ataches para el tratamiento con alineadores transparentes</i>	22
1.6.7	<i>Limitaciones de los alienadores trasparentes</i>	24
2.	JUSTIFICACIÓN	25
3.	OBJETIVOS	26
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	27
4.1	<i>Planteamiento metodológico</i>	27
4.2	<i>Estrategia de búsqueda</i>	27
4.3	<i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	28
4.3.1	<i>Criterios de inclusión</i>	28
4.3.2	<i>Criterios de exclusión</i>	28
4.4	<i>Selección de artículos</i>	28
5.	RESULTADOS	29
5.1	<i>Artículos incluidos en la revisión</i>	29
5.2	<i>Tablas de resultados</i>	31
6.	DISCUSIÓN	42
7.	CONCLUSIONES	52
8.	BIBLIOGRAFÍA	53

ÍNDICE DE FIGURAS:

1. Figura. Clasificación de las Clase II según la inclinación de los incisivos superiores. Fuente: Elaboración propia.....	4
2. Figura. Maloclusión de Clase III. Fuente: Elaboración propia.....	4
3. Figura. Mordida cruzada posterior. Fuente: Elaboración propia.....	5
4. Figura. Movimiento de rotación con elementos auxiliares. Fuente: Elaboración propia.....	10
5. Figura. Aparato funcional removible. Fuente: Elaboración propia.....	14
6. Figura. Alineadores producidos por tecnología informática. Fuente: İpek Tamer <i>et al.</i> ⁶⁰	18
7. Figura. Distalización secuencial para la corrección de una Clase II con Invisalign©. Fuente: Elaboración propia.....	20
8. Figura. Corrección de la mordida abierta con Invisalign©. Fuente: Elaboración propia.....	21
9. Figura. Tratamiento de apiñamiento anterior con Invisalign©. Fuente: Elaboración propia..	22
10. Figura. Aitches colocados en premolares y caninos inferiores. Fuente: Elaboración propia.	22
11. Figura. Tipos de ataches. Fuente: Valverde Padilla G. ⁷⁰	23
12. Figura. Diagrama de flujo: Proceso esquematizado de obtención de registros válidos para la revisión. Fuente: Elaboración propia a partir de PRISMA.....	29
13. Figura. Control de la angulación y alineamiento del diente con ataches elipsoides. Fuente: Werner Schupp <i>et al.</i> ⁶⁴	48

ÍNDICE DE TABLAS:

1. Tabla. Resultados del movimiento de “Distalización”	31
2. Tabla. Resultados del movimiento de “Expansión”	33
3. Tabla. Resultados del movimiento de “Intrusión”	36
4. Tabla. Resultados del movimiento de “Mesialización”	38
5. Tabla. Resultados del movimiento de “Rotación”	39
6. Tabla. Guía clínica de predictibilidad.....	49

1. INTRODUCCIÓN:

En los últimos años, un número creciente de pacientes adultos han buscado tratamiento de ortodoncia y han expresado su deseo de alternativas estéticas y cómodas a los aparatos fijos convencionales ¹. Los pacientes a menudo expresan la necesidad de influir, o incluso determinar, aspectos u objetivos del tratamiento, junto al ortodoncista, impulsados por los efectos que tienen los aparatos de ortodoncia en su apariencia. Los métodos de ortodoncia convencionales se han asociado con un compromiso general en la apariencia facial, lo que genera una gran preocupación entre los pacientes que buscan tratamiento de ortodoncia. Así, se han introducido materiales y técnicas estéticas en la práctica clínica con el objetivo de superar estas limitaciones ².

Desde entonces, el interés y la difusión de esta alternativa terapéutica a la clásica terapia de ortodoncia multibracket ha aumentado exponencialmente, considerando también las necesidades y percepción estética de los pacientes ortodóncicos ³. Los alineadores transparentes pueden producir resultados clínicamente aceptables que podrían ser comparables a la terapia con aparatos fijos ⁴. Los cambios en ortodoncia siguen siendo constantes, es por eso que los especialistas procuran estar siempre al tanto de las nuevas técnicas de ortodoncia ⁵.

1.1 Fundamentos de la Ortodoncia:

1.1.1 ¿Qué es la Ortodoncia?:

La ortodoncia es la rama de la odontología que se ocupa del crecimiento de la mandíbula y la cara, el desarrollo de los dientes y la forma en que los dientes y las mandíbulas se muerden entre sí ⁶. Es fundamental comprender la compleja relación entre las aberraciones esqueléticas, dentales y faciales en cada maloclusión para lograr un diagnóstico certero seguido de un plan de tratamiento óptimo ⁷.

1.1.2 Evolución histórica:

La historia de la ortodoncia está muy relacionada a significativos avances científico-técnicos. Fueron los griegos quienes pusieron su atención por primera vez en la posición de los dientes, a ellos les debemos el nombre de la disciplina ⁵.

El correcto alineamiento de los dientes fue asumido como símbolo de belleza por las diferentes civilizaciones, así principalmente preocupaban las piezas anteriores por ser las más visibles, pero se dieron cuenta que no era posible colocar en posición estas piezas anteriores solamente, esto motiva que el clínico comience a preocuparse del arco dentario completo ⁵.

En la segunda mitad del siglo XIX se incrementaron los estudios de crecimiento y desarrollo de los maxilares, así los tratamientos ortodóncicos se tornaron más ortopédicos desde el punto de vista terapéutico. Edward Hartley Angle introduce el concepto de oclusión dentaria lo cual constituyó el colofón de la especialidad al definir un objetivo concreto para la corrección ortodóncica. Angle es considerado como el padre de la especialidad, desarrolló las bases de la misma gracias a la cantidad de trabajos que publicó. En 1899 describe la clasificación de las mal oclusiones en la revista *Dental Cosmos*, la cual tiene vigencia en la actualidad. El Dr. Robert Ricketts, ortodoncista del siglo XX de los años 40 ha formado parte de la historia de la Ortodoncia, por ser en muchos temas un pionero, con capacidad de innovación y de adelantarse a su tiempo. Ha trabajado en diferentes temas, pero se ha centrado especialmente en algunos: predicción de crecimiento a corto y a largo plazo, crecimiento mandibular y cefalometría entre otros ⁸.

Conocer la historia de la ortodoncia, no es tener mucho conocimiento inútil, sino obtener un marco de referencia para entender su evolución constante sobre la base de los avances científicos y técnicos que ha marcado cada una de sus etapas y observar, cómo los mismos han sido asimilados por los profesionales, pero fuertemente influenciados por el contexto social en que se desempeñan ⁵.

1.1.3 ¿Qué es la oclusión?:

La oclusión se basa en las relaciones de contacto que existen entre los dientes de las distintas arcadas, es decir, entre los dientes superiores y los inferiores ⁹. Para entender mejor el concepto de ortodoncia, hay que saber qué es la normocclusión y qué es la malocclusión:

- **Normocclusión:** La palabra norma no hace referencia al tipo de oclusión más frecuente, sino a la ideal para cumplir una adecuada función masticatoria y preservar el conjunto de dientes en armonía con el resto del conjunto estructural que lo rodea ⁹.

- **Maloclusión:** Se define como una irregularidad en la alineación dental y / o su relación durante la oclusión dental más allá del rango de lo que se acepta como normal ¹⁰.

La maloclusión tiene un efecto significativo sobre el desarrollo cráneo facial, la salud y la función bucal, así como la apariencia de los pacientes, y es más grave para inducir daños a la salud sistémica de los pacientes ¹¹.

1.1.4 Maloclusiones dentales:

Distinguimos las maloclusiones en tres planos del espacio distintos:

1. Maloclusiones sagitales:

El padre de la ortodoncia moderna, Edward Hartley Angle, en 1899 clasificó las maloclusiones en Clase I, Clase II y Clase III basándose en la relación y alineación (o falta de ella) de los primeros molares maxilares y mandibulares permanentes de los dientes con referencia a la línea de oclusión ¹².

Ahora, la Organización Mundial de la Salud estima que las maloclusiones son el tercer problema de salud bucal más prevalente, después de la caries dental y las enfermedades periodontales ¹³. Los biotipos definidos como clases esqueléticas I, II y III presentan características estructurales que son resultado de la expresión genética a través del crecimiento y desarrollo ¹⁴.

- **Clase I:** Relación maxilomandibular normal, musculatura, perfil blando armónico y equilibrio entre los ejes verticales y transversales. La relación maxilar anteroposterior por lo general es favorable y no cambia en forma notable con el crecimiento facial ¹⁴.
- **Clase II:** Se da por una correlación de una relación sagital con retrognatia mandibular y/o protrusión maxilar de diversos grados y entidades. Los pacientes con maloclusión de Clase II representan alrededor del 35% de los casos en la población americana y europea. Las maloclusiones de Clase II también se han correlacionado con disfunciones de la articulación temporomandibular y posturas incorrectas en niños ¹⁵. Se han informado diferentes patrones faciales verticales en sujetos de Clase II. Según la inclinación de los incisivos superiores, la Clase II se divide en ¹⁶ (**Figura 1**):

- **Clase II división 1:** División con la protrusión de los incisivos superiores.
- **Clase II división 2:** División con la retrusión de los incisivos superiores ¹⁷.

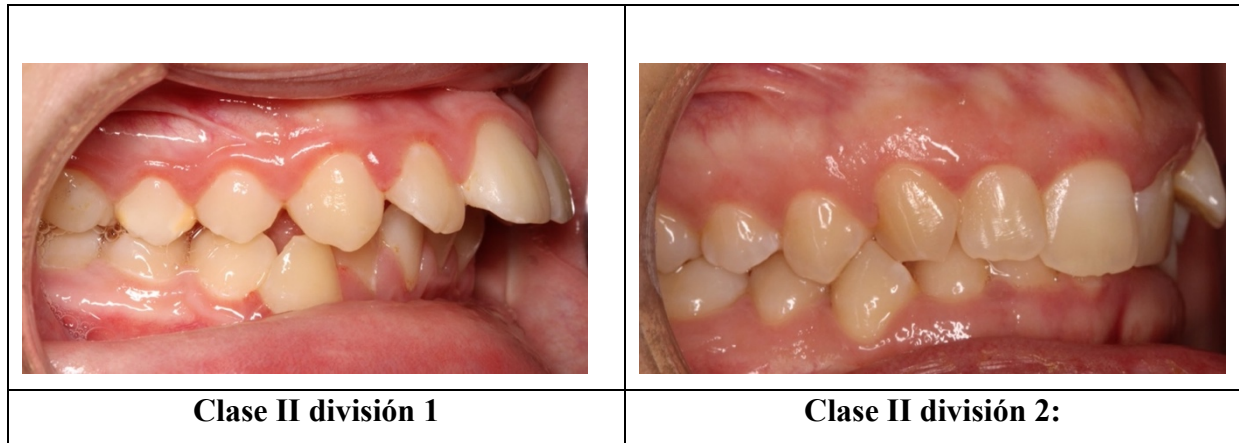


Figura 1. Clasificación de las Clase II según la inclinación de los incisivos superiores.

Fuente: Elaboración propia.

- **Clase III (Figura 2):** Ocurre debido a un crecimiento insuficiente del maxilar superior, un crecimiento excesivo de la mandíbula o ambos ¹⁸. La incidencia de maloclusión clase III esquelética varía en diferentes tipos de población ¹⁹. Puede ser causado por un maxilar retrognático o hipoplásico, una mandíbula prognática o una combinación de los dos. La etiología de las maloclusiones de Clase III se puede clasificar como de origen genético o ambiental ²⁰. La mandíbula ha adquirido una posición más mesial en relación con el maxilar y / o la base del cráneo ¹³. Se caracteriza por una variedad de componentes esqueléticos y dentales, que incluyen una mandíbula grande o protrusiva, maxilar retrusivo, dentición mandibular protrusiva, dentición maxilar retrusiva y combinaciones de estos componentes ²¹.



Figura 2. Maloclusión de Clase III. Fuente: Elaboración propia.

2. Maloclusiones verticales:

Hablamos de maloclusiones verticales para referirnos a aquellas en las que existe alteración en el plano vertical, por exceso o por defecto ²². Las maloclusiones verticales poseen un alto componente genético, sin embargo, los factores ambientales como la presencia de hábitos pueden agravar el cuadro clínico ²³. Las clasificamos en:

- **Mordida profunda o sobremordida:** Es la superposición vertical de los incisivos superiores, respecto a los inferiores y se expresa de acuerdo al porcentaje de longitud coronal inferior que está cubierta por los superiores; se considera adecuado en un rango del 25%.
- **Mordida abierta o infraoclusión:** Corresponde a la ausencia de contacto de los dientes del maxilar con sus antagonistas. Generalmente se manifiesta a nivel de incisivos, pero también lo vemos en posterior o en ambas ²³.

3. Maloclusiones transversales:

Las maloclusiones transversales las alteraciones de la oclusión en el plano horizontal o transversal. Se habla de **mordida cruzada posterior (Figura 3)** cuando las cúspides vestibulares de los premolares y molares superiores ocluyen en las fosas de los premolares y molares inferiores²⁴.



Figura 3. Mordida cruzada posterior. Fuente: Elaboración propia.

Puede clasificarse en:

- **Mordida cruzada posterior bilateral:** Ambas hemiarcadas.
- **Mordida cruzada posterior unilateral:** Afecta a una hemiarcada (derecha o izquierda).
- **Mordida cruzada unidental:** Afecta a una pieza aislada ²⁴.

Muchos factores contribuyen a la anomalía en la dentición, incluidos los aspectos hereditarios y ambientales. La caries dental, las lesiones pulpares y periapicales, los traumatismos dentales, las anomalías del desarrollo y los hábitos orales son las enfermedades dentales más comunes que se relacionan fuertemente con la maloclusión ²⁵.

1.1.5 Apiñamiento dental:

El apiñamiento dentario es una de las características más frecuentes en las maloclusiones de Clase I, y constituye en general, el principal motivo de consulta para los especialistas en ortodoncia ²⁶. Distinguiamos tres tipos de apiñamiento:

- 1. Apiñamiento primario:** Es el resultado de un conflicto volumétrico, donde puede haber maxilares muy pequeños para alojar a los dientes de tamaño normal o dientes muy anchos en sentido mesiodistal que no caben en unas bases óseas de proporciones normales ²⁶.
- 2. Apiñamiento secundario:** Causado por factores ambientales de tipo local que disminuyen el perímetro del arco ²⁶. Suele estar producido por la pérdida prematura de dientes temporales, que facilitan la mesialización de los dientes contiguos, reduciendo el espacio para la erupción de los permanentes ²⁷.
- 3. Apiñamiento terciario:** Aparece en la última fase del desarrollo maxilar y es consecuencia de los fenómenos de compensación dentoalveolar y de los cambios de crecimiento facial ²⁷.

1.2 Biomecánica en Ortodoncia:

La biomecánica es la reacción que se presenta en la aplicación de fuerzas mecánicas a los sistemas vivos. Comprende cuatro áreas esenciales:

- 1.** El estudio de los sistemas de fuerzas que permiten el control del movimiento dentario.
- 2.** El análisis de los sistemas de fuerzas producidas por aparatos ortodóncicos.
- 3.** El comportamiento de los materiales utilizados en los aparatos ortodóncicos, de manera especial aquellos que son capaces de almacenar y liberar fuerzas, pero también aquellos materiales que las reciben, la distribuyen y las modifiquen.
- 4.** La correlación entre los sistemas de fuerzas y los cambios biológicos que se producen en el periodonto y demás estructuras dentarias ²⁸.

1.2.1 Respuesta biológica:

El movimiento dental ortodóncico se produce en presencia de un estímulo mecánico secuenciado por la remodelación del hueso alveolar y el ligamento periodontal ²⁹. Es un proceso en el cual participan diferentes factores: mecánicos, piezoeléctricos, celulares, inflamatorios, neurológicos, inmunológicos, entre otros que interactúan entre sí con la finalidad de transformar la fuerza aplicada al diente en una respuesta capaz de desencadenar el movimiento ³⁰.

La remodelación ósea es un proceso tanto de reabsorción ósea en el sitio de presión como de formación ósea en el sitio de tensión. El movimiento dental ortodóncico se puede controlar mediante el tamaño de la fuerza aplicada y las respuestas biológicas del ligamento periodontal. La fuerza aplicada sobre los dientes provocará cambios en el microambiente alrededor del ligamento periodontal debido a alteraciones del flujo sanguíneo, lo que conducirá a la secreción de diferentes mediadores inflamatorios como citocinas, factores de crecimiento, neurotransmisores, factores estimulantes de colonias y metabolitos del ácido araquidónico. Como resultado de estas secreciones, se produce la remodelación del hueso ²⁹. Básicamente, los dientes están sometidos a dos tipos de movimientos:

- **Fisiológicos**, que ocurren durante toda la vida.
- **Inducidos**, cuando son movidos de sus posiciones por fuerzas ortodóncicas aplicadas sobre su corona ³⁰.

1.2.2 Conceptos básicos de la biomecánica:

- **Fuerza**: Son vectores, que tienen dirección y magnitud. Se define como la acción de un cuerpo sobre otro.
- **Centro de resistencia**: Es el punto de un cuerpo sobre el que una fuerza única produciría traslación. Se encuentra entre el 24 a 35 % de la longitud de la raíz iniciando de la cresta alveolar.
- **Momento**: Cuando una fuerza es aplicada en cualquier punto del diente que no pasa por el centro de resistencia, un momento es creado. Así se define el momento, como una tendencia a la rotación de un diente.
- **Centro de rotación**: Punto utilizado para describir el movimiento dentario ³¹.

1.2.3 Movimientos dentales:

Según Burstone, existen diferentes tipos de movimientos en ortodoncia como pueden ser:

- **Movimiento en masa o traslación:** Se define como aquel movimiento en el que la raíz y la corona van en la misma dirección en un mismo tiempo.
- **Movimiento rotacional:** Se restringe a los movimientos circulares alrededor del eje del diente ³².
- **Movimiento de inclinación:** Este movimiento puede ser efectuado en los cuatro sentidos: mesial, distal, vestibular y palatino. Cuando el centro de rotación está en un punto intermedio. En realidad, es un movimiento de traslación con rotación. Si el centro de rotación se ubica en el ápice el movimiento será de inclinación total controlada del diente, si se ubica en el borde incisal se producirá un movimiento de torque de raíz ²⁸.
- **Desplazamiento radicular:** En este movimiento se aplica un momento y una fuerza para desplazar únicamente la raíz, mientras que la corona se mantiene sin desplazamiento ³¹.

1.2.4 Fuerzas ortodóncicas:

La fuerza en ortodoncia se puede clasificar como ligera o pesada. Estudios previos mostraron que las fuerzas ligeras generaban un movimiento dental favorable y un daño mínimo en la raíz. Por otro lado, las fuerzas pesadas produjeron hialinización del ligamento periodontal y una mayor resorción de la raíz ³¹. Tipos de fuerzas:

- **Fuerza intermitente:** Es aquella que alterna periodos de aplicación y reposo.
- **Fuerza continúa:** Acción de una aplicación repetitiva de la dentición que disminuye poco en magnitud durante el periodo de movimiento. Es una fuerza muy ligera y activa durante un periodo largo de tiempo, por ello no permite el reposo de los tejidos, los cuales no pueden reorganizarse. Es la fuerza más usada en Ortodoncia.
- **Fuerza continúa interrumpida:** Es una fuerza importante tras la activación del aparato, decrece rápidamente, hay reposo del diente lo que permitirá la calcificación y reorganización del nuevo tejido formado.
- **Fuerza funcional:** Es la que se obtiene de la propia fuerza muscular es regular y difícil de controlar ²⁸.

1.3 Movimientos dentales ortodóncicos:

La ortodoncia se basa en la aplicación de diferentes fuerzas para realizar movimientos dentales. Según la tercera ley de Newton, toda acción o fuerza genera una reacción de igual magnitud, pero en sentido contrario; debido a esto, para obtener el movimiento dentario deseado en la zona de acción, es necesario controlar el movimiento (resistencia al desplazamiento) del área de reacción, lo que se denomina anclaje ²⁸.

1.3.1 Intrusión:

El movimiento de intrusión es el que trata de llevar el diente hacia el espesor del hueso en sentido vertical y es el más difícil de lograr ³³. Este movimiento es generalmente necesario cuando un diente se ha extruido, especialmente debido a la ausencia del diente antagonista ³⁴. Tenemos dos tipos de intrusión:

- **Intrusión anterior:** El procedimiento de intrusión de incisivos generalmente refleja una mecánica para corrección de mordida profunda que se caracteriza por presentar un traspase vertical acentuado de los dientes anteriores ³⁵.
- **Intrusión posterior:** La intrusión molar es una de las alternativas de elección para controlar la discrepancia vertical en una mordida abierta esquelética. En general, la intrusión de molares superiores e inferiores simultáneamente aumenta la cantidad de rotación mandibular, corrige la mordida abierta y mejora la estética facial ³⁵.

1.3.2 Extrusión:

La extrusión ortodóncica es el movimiento sagital de un diente mediante la aplicación de fuerzas de tracción en toda la región del ligamento periodontal ³⁶. Tenemos dos tipos de extrusión:

- **Extrusión lenta:** Es el movimiento vertical de un diente mediante la aplicación de fuerzas ortodóncicas de tracción en toda la región del ligamento periodontal que estimulan la aposición marginal de hueso de la cresta alveolar.
- **Extrusión rápida:** Supone mayor tejido dentario expuesto sin acompañar la encía ni el hueso de soporte porque los movimientos exceden la capacidad de adaptación fisiológica ³⁶.

1.3.3 Distalización:

Es el movimiento horizontal del diente (con respecto a la apófisis alveolar) en el que la inclinación axial de la raíz no es modificada. Es el movimiento sagital en sentido anteroposterior. Es uno de los recursos más utilizados en la rehabilitación dinámica y funcional de los maxilares, con el objetivo de aumentar el perímetro óseo evitando extracciones ³⁷. El manejo de la maloclusión Clase II a menudo requiere el movimiento distal de los molares maxilares, si la causa es la invasión y/o migración de las piezas dentarias posteriores hacia el segmento anterior ³⁸.

1.3.4 Mesialización:

Es el movimiento hacia mesial de los dientes, es decir, hacia delante. Se debe tomar en cuenta en la mesialización tradicional, la calidad del hueso alveolar remanente en el espacio edéntulo, espacio adecuado para la colocación del nuevo molar en sentido vestibulo-lingual del reborde alveolar y ausencia de defectos periodontales en los dientes adyacentes a la brecha ³⁹.

1.3.5 Rotación:

La rotación dental ocurre al girar el diente sobre un eje de rotación, a esto se denomina giroversión (**Figura 4**). Si el eje de rotación está en el centro de la corona siendo el propio eje longitudinal del diente se denomina rotación pura y habrá que nombrar el movimiento efectuado por los dos márgenes distal y mesial (mesiorotación o distorotación) ⁴⁰.

- Si el eje de rotación está en el punto de contacto mesial, la rotación podrá ser distolingual (distolinguorotación) o distovestibular (distovestíbulorotación).
- Si el eje de rotación está en distal, la rotación será mesiovestíbulorotación o mesiolinguorotación ⁴¹.



Figura 4. *Movimiento de rotación con elementos auxiliares. Fuente: Elaboración propia.*

1.4 Tratamiento en Ortodoncia:

La ortodoncia moderna está activa en la investigación continua de tratamientos no invasivos, respetando las características dentales y biológicas humanas, tratando de reservar los métodos de extracción en casos extremos, cuando la ausencia de espacio impide la alineación de los dientes ¹⁵. La ortodoncia implica el tratamiento de los dientes y maxilares cuando son irregulares o muerden de forma anormal o ambos ⁴². Hay muchas razones por las que los dientes pueden no morder correctamente. Estos incluyen la posición de los dientes, mandíbulas, labios, lengua o mejillas; o puede deberse a la herencia, un hábito o la forma en que las personas respiran ⁴².

Requiere de una correcta planificación para lograr el movimiento dental deseado con mínimos efectos adversos, para ello es necesario que el clínico tenga conocimientos de biomecánica con la finalidad de comprender como funciona el sistema de fuerzas ³¹. La necesidad de un tratamiento de ortodoncia se puede decidir observando el efecto que tiene una posición particular de los dientes en la esperanza de vida de los dientes, o el efecto que tiene la apariencia de los dientes en cómo se sienten las personas con respecto a sí mismas, o ambos ⁴².

Los tratamientos de ortodoncia pueden ser interceptivos o correctivos. Los primeros tratan de evitar alteraciones mayores, mientras que los segundos alcanzan resultados definitivos ⁴³. El momento adecuado de la intervención de ortodoncia ha suscitado un debate considerable con un cuerpo de proveedores especialistas y no especialistas comprometidos con la provisión rutinaria de un tratamiento "temprano" ⁴⁴. Dentro de la Ortodoncia se distinguen tres tipos:

- Ortodoncia preventiva.
- Ortodoncia interceptiva.
- Ortodoncia correctiva ⁹.

1.4.1 Ortodoncia preventiva:

La ortodoncia preventiva es considerada como la rama de la odontología que previene e interrumpe la instalación de una maloclusión. Estudia las malas prácticas funcionales, la relación de contacto entre los dientes vecinos y con su antagonista ⁴⁵. Es la acción ejercida para conservar la integridad de lo que parece ser oclusión normal en determinado momento ⁹.

1.4.2 Ortodoncia interceptiva:

La ortodoncia interceptiva constituye cualquier medida realizada para corregir una maloclusión en desarrollo o para simplificar el cuidado de ortodoncia posterior ⁴⁴. Por lo general, se inicia y concluye durante la dentición temporal o mixta. No descartan la posibilidad de una corrección posterior, ante la aparición de otra anomalía similar o diferente ⁴³. Es aquella fase de la ciencia y arte de la ortodoncia empleada para reconocer y eliminar irregularidades en potencia y mal posiciones del complejo dentofacial ⁹.

Esta fase suele coincidir con un período de máximo crecimiento, lo que permite una corrección eficaz de las anomalías oclusales relacionadas con el crecimiento; puede permitir el uso beneficioso del espacio libre; y ofrece la disponibilidad de dientes permanentes para retención de aparatología y corrección definitiva de una maloclusión ⁴⁴.

Este tipo de tratamiento, es utilizado regularmente para corregir hábitos anormales, que pueden interferir en el patrón regular de crecimiento de la cara y maxilares. Algunas maloclusiones que surgen de hábitos como el de succión del pulgar pueden corregirse por sí solas al cesar la costumbre ⁴³.

1.4.3 Ortodoncia correctiva:

Cuando el tratamiento interceptivo no se ha realizado, o bien no ha resultado suficiente por la naturaleza de la maloclusión, entonces es necesario hacer un tratamiento correctivo. En este caso, dirigido a corregir una maloclusión consolidada ⁴³. Al igual que la ortodoncia interceptiva, reconoce la existencia de una maloclusión y la necesidad de emplear ciertos conocimientos técnicos para reducir y eliminar el problema y sus secuelas ⁹. Para los tratamientos correctivos se utilizan, principalmente, tres tipos de aparatos:

- Aparatos funcionales.
- Aparatos removibles.
- Aparatos fijos ⁴³.

1.5 Aparatología en Ortodoncia:

El tratamiento de ortodoncia contemporáneo implica el uso de aparatos fijos y removibles. En los últimos años, se ha demostrado que la calidad de los resultados obtenidos con aparatos de ortodoncia fijos es superior a la obtenida con aparatos de ortodoncia removibles. Por lo tanto, el tratamiento con aparatos de ortodoncia fijos se ha vuelto dominante en la práctica de ortodoncia en todo el mundo ⁴⁶.

1.5.1 Aparatos extraorales:

Los aparatos extraorales crean fuerzas especiales que dirigen el crecimiento de la cara y de los maxilares. También se utilizan para mover los dientes hacia posiciones mejores o bien para impedir que se desplacen cuando no deben hacerlo ⁴³. Destacamos el anclaje extraoral de:

- Mentonera.
- Máscara facial ⁴³.

1.5.2 Aparatos funcionales:

Son aparatos que si, en principio, únicamente realizan modificaciones funcionales, luego dan lugar a cambios estructurales. Este tipo de aparatos de ortopedia funcional, tienen su indicación más precisa durante la dentición temporal o la dentición mixta ⁴³. Como variantes de estos aparatos tenemos:

- **Aparatos funcionales fijos:** Los aparatos funcionales fijos se han convertido en la herramienta más popular para los tratamientos de Clase II no quirúrgicos. Durante los últimos 30 años se han introducido muchos derivados de los aparatos de *Herbst*, que utilizan el mecanismo de salto de mordida, pero difieren en el diseño del aparato y/o del anclaje ⁴⁷.
- **Aparatos funcionales removibles (Figura 5):** La razón principal para usar aparatos removibles funcionales es establecer el equilibrio muscular, eliminar la disfunción oral y permitir una longitud adecuada tanto del maxilar como de la mandíbula ⁴⁸. Otro propósito ha sido corregir o disminuir la protrusión de los incisivos maxilares⁴⁹.



Figura 5. Aparato funcional removible. Fuente: Elaboración propia.

El monitoreo de la actividad muscular durante el curso del tratamiento funcional puede ser útil para guiar la terapia ⁴⁹. Existen muchos tipos de aparatos removibles funcionales que producen cambios a través de varios mecanismos, pero en esencia todos crean un patrón de funciones que fomenta un nuevo patrón morfológico en las estructuras dentales y esqueléticas faciales ⁴⁹:

- *Frankel.*
- *Bionator.*
- *Bass appliance.*
- *Sander Bite Jumping* ⁴⁸.

Estos aparatos, al variar la función de los músculos de la cara y masticatorios, proporcionan un medio más favorable para los maxilares en desarrollo, optimizando su potencial de crecimiento⁴². El uso de los aparatos funcionales requiere de una gran colaboración por parte del paciente, que deberá llevarlos todo el tiempo que se le indique ⁴³.

1.5.3 Aparatos removibles:

Son aquellos que se los puede quitar el mismo paciente para limpieza, pero que, cuando se usan, van firmemente sujetos a las piezas dentarias. Con ellos se pueden aplicar presiones controladas sobre los dientes que se desee desplazar, mediante la acción de elementos mecánicos activos, tales como: Resortes, arcos, tornillos y demás ⁴³. Los aparatos removibles de ortodoncia pueden traer beneficios al tratar maloclusiones presentes en los pacientes ⁹.

Los aparatos removibles son de gran utilidad para la expansión de los maxilares, sobre todo del superior, en especial para la corrección de “mordidas cruzadas” y apiñamiento leve, cuando esté indicada la expansión. También para movimientos dentarios muy específicos ⁴³.

1.5.4 Aparatos fijos:

En el año 1887, Edward Hartley Angle desarrolló un sistema básico ortodóncico ordenado, en contraposición a los usados anteriormente. Utilizó un alambre de piano y el primer prototipo de bracket que consistió en un tubo de metal soldado a una banda al que luego de varias, correcciones, ajustes y mejoras, en el año 1928, la llamó *Técnica de arco de canto*. A lo largo de cincuenta años, Angle se encargó de mejorar su mecanismo y los elementos que la conforma ⁵⁰. A continuación se dará una breve descripción de la aparatología involucrada en dicha evolución:

- **Arco E:** Consistía en un grueso alambre de oro; arco vestibular, sujetadas a bandas instaladas a presión en los primeros molares.
- **Arco de pin y tubo:** Este dispositivo traía dificultades para su activación y debía ser cambiado en cada sesión para controlar el desplazamiento.
- **Arco en cinta:** Los arcos de alambre se ajustaban al tipo de maloclusión del paciente y los alambres se mantenían en las ranuras sujetos por pines de bronce.
- **Arco en canto.** Angle diseñó su último aparato y lo llamó arco de canto. Este mecanismo de arco de canto era más eficiente para hacer desplazamientos en sentido mesiodistal ⁵⁰.

Los aparatos fijos son “la primera división” de la aparatología ortodóncica, son los únicos que, debidamente utilizados, pueden realizar todo tipo de movimientos ⁴³. Han sido la corriente principal para el tratamiento de ortodoncia ⁵¹, se ha convertido en una parte integral de la ortodoncia moderna y ha sido un punto de enfoque importante de investigación ⁵². Indicaciones específicas para los aparatos fijos:

- Malposición dentaria.
- Dientes rotados.
- Cierre de espacios.
- Relación de incisivos.
- Movimientos múltiples ⁴³.

En los últimos años, el aumento del número de pacientes adultos que buscan ortodoncia tratamiento y sus mayores exigencias estéticas han llevado al desarrollo de varios tratamientos estéticos enfoques que incluyen brackets estéticos, alineadores transparentes y aparatos fijos en el interior (lingual o palatino) de la superficie de los dientes ⁵².

1.6 Ortodoncia invisible:

Definimos la “ortodoncia invisible” como aquel sistema de ortodoncia basado en el uso de alineadores secuenciados transparentes, individualizados, removibles, cuya fabricación se basa en la planificación previa de los objetivos de tratamiento de forma computerizada o no computerizada ⁵³. Con el reciente aumento de adultos que buscan tratamiento de ortodoncia, ha habido un aumento correspondiente en la demanda de aparatos que son más estéticos y más cómodos que los aparatos fijos convencionales ⁵⁴.

Se ha demostrado que la estética es la principal preocupación de los pacientes que eligen someterse al tratamiento con alineadores transparentes. Otros beneficios incluyen la capacidad de quitarse los alineadores para comer, la capacidad mejorada para cepillarse los dientes y usar hilo dental, y un tratamiento que no implica metal que puede irritar las mejillas y las encías ⁵⁵.

La posibilidad de usar aparatos de ortodoncia de recubrimiento transparente se introdujo en 1946, cuando Kesling ideó el concepto de usar una serie de posicionadores de dientes termoplásticos para mover progresivamente los dientes desalineados a posiciones mejoradas ¹. Los alineadores transparentes se introdujeron como una alternativa estética a aparatos labiales fijos. Desde su introducción, los sistemas de alineadores han evolucionado en un intento de lograr una mejor alineación y oclusión de los dientes ⁵⁶. Los alineadores transparentes representan una solución efectiva para corregir diversas maloclusiones ortodóncicas mediante procedimientos mínimamente invasivos ⁵⁷. Las principales ventajas del tratamiento con alineadores transparentes son:

- Una mejor estética con una mayor aceptación por parte del paciente y una mejor calidad de vida en general ⁵⁶.
- Menor dolor en comparación con un tratamiento fijo tradicional.
- Mejora de los índices de salud gingival y periodontal ⁵⁸.

El término “*Clear Aligner Therapy*” abarca una amplia gama de aparatos con diferentes modos de acción, métodos de construcción y aplicabilidad a varios tratamientos de maloclusión⁵⁴.

1.6.1 Tipos de alienadores transparentes:

Actualmente podemos encontrar diferentes propuestas de alineadores, los cuales son diseñados y distribuidos por diferentes compañías, agrupándose ampliamente en las siguientes categorías ⁵⁴:

- **Movimiento dental menor:** Posicionadas como una alternativa más barata y rápida al tratamiento de ortodoncia integral.
- **Alternativas directas al consumidor:** Tratamiento para el paciente con un profesional que posiblemente ofrezca supervisión remota.
- **Haz tus propio alineador:** El software de planificación y tratamiento integrado con escáneres e impresoras 3D, permite la fabricación completa interna sin intermediarios.
- **Sistemas complejos e integrales:** Tratamientos completos por medio de tecnología 3D(CAD/CAM), una planificación de tratamiento interactiva 3D computarizada y diseños de dispositivos ⁵⁹.

1.6.2 Métodos de producción de alienadores transparentes:

Los alineadores se definen como polímeros de resina transparente que son elaborados a la medida del paciente ⁵⁹. Según los métodos de producción, los sistemas de alineadores transparentes se pueden agrupar en general en dos categorías ⁵⁷:

- 1. Alineadores producidos por configuración manual:** Este enfoque permite la fabricación de alineadores fácilmente en condiciones de laboratorio de manera rentable. También facilita el proceso de seguimiento del tratamiento y permite al ortodoncista realizar los cambios de tratamiento necesarios en una etapa más temprana ⁶⁰.
- 2. Alineadores producidos por tecnología informática (Figura 6):** Este sistema es conocido por ser la tecnología de alineadores transparentes más sofisticada y más utilizada actualmente disponible ⁵⁴.

Invisalign®, siendo el sistema de alineación más conocido, se ha convertido en un nombre genérico para otros sistemas de alta calidad que utilizan tecnología CAD-CAM. Empresas como Ortho, ECligner, EON Aligner y Clear Correct son ejemplos de otros sistemas de alineadores creados con tecnología informática⁶⁰.



Figura 6. Alineadores producidos por tecnología informática. Fuente: İpek Tamer et al ⁶⁰

1.6.3 Materiales de los alineadores transparentes:

La empresa pionera emitió los primeros alineadores Proceed30 (PC30), que se constituía de un material flexible con mayor transparencia y resistencia a la fractura ⁵⁹. Posterior a estos, lanzó el material polimérico Exceed30 (EX30), el cual exhibió una elasticidad 1'5 veces mayor que la de PC30, facilitando la extracción e inserción, además fueron cuatro veces más adaptables que los producidos con PC30 ⁶¹⁻⁶². En 2013, después de 8 años de experimentación aparece el SmartTrack®, un material polimérico (LD30) constituido por poliuretano termoplástico con un elastómero integrado capaz de aplicar fuerzas ligeras continuas a los dientes y cuya mayor elasticidad debería garantizar mayor previsibilidad en términos de movimientos de ortodoncia ⁶¹⁻⁶². En la actualidad, sin embargo, los otros fabricantes hacen un mayor uso del tereftalato de glicol de polietileno (PeT-G), seguido de polipropileno (PP), policarbonato (PC), poliuretanos termoplásticos (TPU), acetato de etileno y vinilo (EVA) y muchos más ⁵⁴.

Los alineadores transparentes no parecen ser todos iguales y se pueden observar diferencias consistentes entre diferentes marcas, como si ya no pudiéramos hablar de un “único sistema” sino de “varios sistemas diferentes” ³.

1.6.4 Biomecánica de los alineadores transparentes:

La Ortodoncia es tanto un arte como una ciencia, la búsqueda de la belleza y el equilibrio en apariencia es arte. La ciencia de la Ortodoncia es la comprensión de las bases biológicas del movimiento dental y el funcionamiento del propio aparato de ortodoncia. El alineador transparente es un aparato que se basa en los principios de diferentes disciplinas científicas. La literatura de ortodoncia está repleta de artículos que definen los sistemas de fuerza necesarios para lograr diferentes tipos de movimiento dental⁶³.

Para mejorar el funcionamiento de un aparato de ortodoncia, primero hay que entender cómo funciona. ¿Cómo controla el movimiento de un diente un alineador transparente?, esta pregunta se puede responder desde dos perspectivas muy diferentes⁶³:

- **Sistema impulsado por el desplazamiento:** El alineador se forma con la geometría de la corona del diente en la siguiente ubicación por etapas del plan de tratamiento, y se considera que el diente se moverá hasta que se alinee con su forma en el alineador. Este concepto impulsado por el desplazamiento, de conformar el alineador con la próxima ubicación de la corona, es efectivo cuando se requiere inclinar un diente, pero es menos efectivo en controlando el movimiento de la raíz ⁶³.
- **Sistema impulsado por la fuerza:** El alineador tiene una forma que es destinado a impartir fuerzas específicas a la corona del diente que dará como resultado el movimiento deseado del diente. La forma que tiene el alineador capaz de producir estas fuerzas, no tiene que ser necesariamente igual a la forma del diente. El sistema de fuerza requerido para mover el diente y la forma del alineador están determinados por los principios de la biomecánica, estos principios proporcionan un control del movimiento de la raíz entera y de la corona⁶³.

La introducción de un sistema impulsado por la fuerza en el tratamiento con alineadores transparentes ha mejorado el control de relación fuerza/movimiento, mejorando el control del movimiento de la raíz con respecto a la corona. El movimiento requerido para cada diente se calcula de forma individual desde el principio hasta el final del tratamiento y se ingresa en el software del sistema de alineadores transparentes ⁶³.

Luego, el software determina el movimiento de un diente y el tipo de movimiento que debe experimentar el diente durante el tratamiento. Se calcula el sistema de fuerzas necesario para lograr este movimiento y se determina la forma del alineador. Primero se calcula el movimiento, luego el sistema de fuerza y por último el diseño del aparato, así el alineador puede ejercer la fuerza fácilmente sobre una superficie del diente para lograr el movimiento⁶³.

1.6.5 Aplicabilidad de los alineadores transparentes a tratamientos ortodóncicos:

La ortodoncia invisible no ha dejado de evolucionar, hasta llegar a ser una alternativa real a los brackets, para conseguir la corrección efectiva y eficaz de las maloclusiones dentoalveolares⁵³. Existe una amplia gama de opciones entre las que un odontólogo puede elegir si los alineadores transparentes son el dispositivo de tratamiento deseado ⁵⁴. Lo que hace que la elección de un aparato específico sea una decisión crítica viene determinado por la gravedad de la maloclusión, la capacidad del odontólogo para influir en el resultado final, la rapidez y utilidad del tratamiento clínico y la estética y comodidad ⁵⁴. Los alineadores transparentes permiten tratar las maloclusiones de forma tridimensional y secuenciada. Es por ello que podemos solucionar un problema sagital, al tiempo que corregimos el vertical y/o el transversal, manteniendo en todo momento un control de los tres planos ⁵³:

1. Tratamiento de maloclusiones sagitales:

- **Clase II (Figura 7):** Los mecanismos que usa son la distalización secuencial de la arcada superior, la rotación mesiovestibular de los molares superiores, la expansión y la realización de stripping posterior ⁶⁴.



Figura 7. Distalización secuencial para la corrección de una Clase II con Invisalign®.

Fuente: Elaboración propia.

- **Clase III:** Los mecanismos que usa son distalización en la arcada inferior, junto con la realización, o no, de reducción interproximal o *stripping* posterior ⁵³.

En toda maloclusión es imprescindible realizar un correcto diagnóstico de la relación céntrica del paciente, puesto que también nos ayudará a determinar la severidad del problema y, en consecuencia, las opciones terapéuticas que requiere cada caso ⁶⁵.

2. Tratamiento de maloclusiones verticales:

- **Mordida profunda o sobremordida aumentada:** Los mecanismos que usa son la intrusión del sector anterior, que puede ser absoluta o relativa y, por otra, la extrusión de sector posterior. En muchos casos, la corrección se produce mediante una combinación de ambas ⁵³.
- **Mordida abierta anterior o infraoclusión anterior (Figura 8):** Los mecanismos que usa son la extrusión anterior y la intrusión posterior, que resulta muy favorable para tratar con los alineadores. También en estos casos se suele realizar un tratamiento combinado con ambas opciones terapéuticas ⁵³.



Figura 8. Corrección de la mordida abierta con Invisalign®. Fuente: Elaboración propia.

3. **Tratamiento de maloclusiones transversales:** Para la **mordida cruzada** usamos alineadores transparentes junto con la realización de *stripping* posterior y la modificación de los torques de sectores posteriores, son mecanismos que ayudan a la consecución de los resultados planificados ⁵³.
4. **Tratamiento de apiñamiento dental (Figura 9):** El uso de alineadores transparentes puede ser aplicado para la corrección del apiñamiento leve a moderado. El tratamiento se puede acompañar del procedimiento de desgastes interproximal ⁶⁶.



Figura 9. Tratamiento de apiñamiento anterior con Invisalign®. Fuente: Elaboración propia

1.6.6 Uso de ataches para el tratamiento con alineadores transparentes:

La tecnología de alineadores transparentes se ha convertido en la opción preferida de tratamiento de ortodoncia para maloclusiones para la mayoría de los pacientes adultos debido a su atractivo estético y comodidad. Sin embargo, existen limitaciones para la tecnología de alineadores, como las correcciones que involucran sistemas de fuerza complejos. Los aditamentos de composite en la superficie del diente están destinados a permitir el control activo de los movimientos de los dientes ⁶⁷. La introducción de los aditamentos de composite ha permitido el control activo del movimiento dentario donde se puede corregir el apiñamiento frontal y lograr movimientos corporales ⁶⁸. Muchos estudios han intentado investigar el efecto de la forma del atache en el comportamiento del alineador ⁶⁹. Informaron que el grosor y la forma del accesorio tenían un efecto sobre el movimiento de los dientes, estos informaron que el accesorio con una forma rectangular y un grosor de 1mm en los lados lingual y bucal fue efectivo para el movimiento de extrusión y rotación de los dientes ⁶⁹ (**Figura 10**).



Figura 10. Aitches colocados en premolares y caninos inferiores. Fuente: Elaboración propia

Los ataches son dispositivos de composite de diferentes formas geométricas que se adhieren temporalmente sobre la superficie de los dientes para ayudar a realizar ciertos movimientos. Se colocan en el centro de la corona clínica, aunque su posición puede variar ⁷⁰.

Hay tres tipos comunes de ataches (**Figura 11**):

- **Elipsoides:** Se usan individualmente para desviaciones o en parejas donde se intentan movimientos de raíz. Son de 3mm de altura, 2mm de ancho y 0'75-1mm de espesor y están disponibles para incisivos, caninos y premolares.
- **Biselados:** Se utilizan frecuentemente cuando se trata de extruir un diente. Ellos pueden ser de 3, 4 o 5 mm de ancho, 2mm de alto y de 0'25 a 1'25mm de espesor.
- **Rectangulares:** Se utilizan cuando se necesitan grandes movimientos mesiodistales. Estos son de 3, 4 o 5 mm de altura, de 2mm de ancho y 0'5 a 1mm de espesor. Su propósito son permitir que los dientes se muevan de manera corporal, puesto que generan fuerzas de duraciones más prologadas⁷¹.

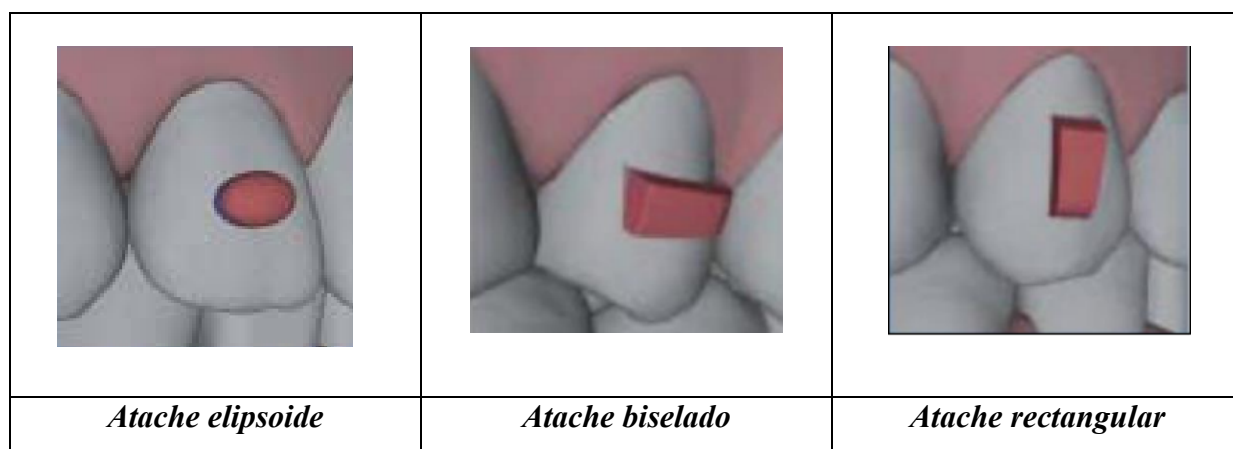


Figura 11. Tipos de ataches. Fuente: Valverde Padilla G.⁷⁰

Los ataches pueden controlar el movimiento dental, se considera que reduce el riesgo de desprendimiento del alineador durante el tratamiento de ortodoncia al mostrar distribuciones de estrés deseables y reducir la concentración de estrés entre el accesorio y el alineador. Por lo tanto, el atache es un diseño de inserción efectivo en la superficie del diente que puede inducir eficientemente el movimiento del diente corporal con una mínima rotación axial no intencionada y movimientos dentales de punta de corona⁶⁷.

Por eso, los ataches pueden ser:

- **Activos:** Se utilizan para ayudar a realizar el movimiento e intervienen en el movimiento del diente. Como para indicaciones de rotaciones de dientes redondos, control radicular y extrusión.
- **Pasivos:** Los ataches pasivos se colocan en dientes que no van a ser movidos o el Atache no interviene directamente en el movimiento. Están indicados en procedimientos de anclaje en intrusión o en retención para los alineadores, entre otros⁷².

1.6.7 Limitaciones de la terapia con alineadores transparentes:

Aunque los alineadores transparentes se han citado como un procedimiento de ortodoncia seguro, estético y cómodo para pacientes adultos, solo unas pocas investigaciones se han centrado en la previsibilidad del movimiento dental ortodóncico ¹. Hay datos limitados sobre la cantidad de discrepancia entre los movimientos logrados previstos y reales con alineadores transparentes⁷³.

Entre las limitaciones para corregir ciertos movimientos se encuentran la extrusión, la corrección de rotaciones severas, la verticalización de los molares y el cierre de los espacios de extracción, siendo más difíciles de lograr, esto asociado a la complejidad de la maloclusión ⁵⁹.

Otra limitación que puede afectar el éxito del tratamiento es la experiencia del profesional, ya que se debe seleccionar el caso ideal según la pericia del clínico para determinar los objetivos y, por ende, que estén dentro de las posibilidades biomecánicas prescritas por el sistema. La forma y la continuidad del uso de los alineadores están relacionados con el compromiso que tiene el paciente con su tratamiento, ya que a menor uso menor efectividad ⁷⁴⁻⁷⁵.

2. JUSTIFICACIÓN:

Los alineadores transparentes han sido un gran avance para el tratamiento ortodóncico, ya que permite aplicar fuerzas y realizar movimientos sobre los dientes que queremos tratar de la misma forma que los aparatos convencionales; con la diferencia que estos nos garantizan una mayor estética, una mejora en el estilo de vida de los pacientes y una mayor comodidad para el paciente y para el profesional. Esta nueva terapia con alineadores transparente ha tenido mucho éxito sobre la población adulta y ha fomentado al tratamiento de maloclusiones, apiñamiento y otros problemas de ámbito ortodóncico a este público que exige calidad de tratamiento, estética y comodidad. Muchas casas comerciales avalan este tipo de aparatología, y muchas personas a nivel mundial ya gozan de las ventajas que aportan estos alineadores transparentes durante su etapa de tratamiento y ven los buenos resultados obtenidos, esta nueva terapia es el futuro de la Ortodoncia. Para el profesional es vital conocer la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos que puede conseguir en el paciente con la ayuda de los alineadores transparentes, para así garantizar un éxito del tratamiento de ortodoncia. Además, debe distinguir que movimientos muestran una mayor eficiencia y saber cuáles necesitan recibir una sobrecorrección durante el tratamiento o cuáles necesitan el apoyo de elementos auxiliares para obtener una mayor eficacia del movimiento que se desea realizar y así disminuir el número de refinamientos necesarios para completar el caso de ortodoncia y, por ende, reducir el tiempo de sillón del paciente y el trabajo del ortodoncista. Sin embargo, sigue habiendo muchas incógnitas en cuanto a la eficiencia de esta terapia innovadora, la eficacia del tratamiento y la predictibilidad del movimiento ortodóncico que producen los alineadores transparentes.

Ante lo expuesto anteriormente, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación para el presente trabajo fin de grado: ¿Cuánta predictibilidad de movimiento nos garantizan los alineadores transparentes? ¿El uso de aditamentos o elementos auxiliares pueden ayudarnos a mejorar la predictibilidad de los alineadores transparentes? ¿Cuáles son los movimientos que se muestran más predecibles en el tratamiento con alineadores transparente?

3. OBJETIVOS:

Para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas anteriormente, se definen los siguientes objetivos:

Objetivo principal:

1. Determinar la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos en la terapia con alineadores transparentes mediante una revisión sistemática sobre los resultados que se encuentran en la bibliografía.

Objetivos específicos:

1. Analizar si el uso de aditamentos o elementos auxiliares ayudan a mejorar la predictibilidad de los alineadores transparentes
2. Clasificar los movimientos que se muestran más predecibles en el tratamiento con alineadores transparente.

4. MATERIAL Y MÉTODOS:

4.1 Planteamiento metodológico:

La presente revisión se trata de un estudio transversal sistemático de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática de diferentes artículos. Los datos que se han recopilado para su utilización en este estudio se han obtenido de acceso y de forma directa vía Internet. La literatura científica de esta revisión ha sido recogida de las siguientes bases de datos:

- Base de Datos Bibliográficas Medline (PubMed).
- Medline Plus.
- Google Scholar.
- Biblioteca electrónica científica *online* Scielo.

4.2 Estrategia de búsqueda:

Para la realización de la siguiente revisión, se elaboraron una serie de estrategias de búsqueda, basándonos en la combinación del vocabulario controlado de tesoro MESH y el texto de lectura libre en los apartados que hacían referencia, principalmente, al “Resumen” y al “Objetivo del estudio” y en menor medida al “Título”. Las palabras claves en inglés y en español fueron: “*Clear aligners*” (alineadores transparentes), “*Invisible orthodontics*” (ortodoncia invisible), “*Tooth movement*” (movimiento dental) e “*Invisalign®*” (Invisalign®). Estos cuatro términos escogidos como palabras clave se combinaron mediante operadores booleanos OR y AND. La pregunta PICO que utilizamos para la búsqueda de artículos en las distintas bases de datos fue:

- ((((((((((Clear aligners) OR (Invisible orthodontics) OR (Invisalign) AND (Tooth movement) OR (Distalization) OR (Intrusion) OR (Expansion) OR (Mesialization) OR (Rotation) AND (Predictability) OR (Accuracy).

A medida que se incluían diferentes estudios a la revisión, acorde con los criterios que expondremos posteriormente, se fue realizando de forma simultánea la búsqueda de forma

manual para incluir aquellos documentos, estudios y artículos de relevancia al tema de la presente revisión que hayan podido pasar desapercibido a la estrategia de búsqueda sistemática planteada. La estrategia de búsqueda para la selección o descarte de artículos u otros documentos fue realizada entre los meses de octubre de 2021 y abril de 2022, debido a que es un tema innovador y vanguardista que se encuentra en constante investigación y en la que encontramos siempre diversas actualizaciones con respecto al tema.

4.3 Criterios de inclusión y exclusión:

4.3.1 Criterios de inclusión:

- Artículos que tratan sobre la previsibilidad y precisión de movimiento de los alineadores transparentes.
- Artículos publicados, en las bases de datos mencionadas anteriormente, en los últimos 10 años.
- Artículos publicados en lengua inglesa y/o lengua hispanica.
- Artículos que incluían el texto completo disponible.

4.3.2 Criterios de exclusión:

- Artículos que no contribuyesen a la respuesta de las preguntas planteadas en la revisión o al logro de los objetivos expuestos.
- Artículos que no incluyan información con respecto a las palabras clave planteadas.
- Artículos que no contuviesen información actualizada con respecto a los alineadores transparentes.
- Artículos que combinen ortodoncia invisible con aparatología fija multibrackets.

4.4 Selección de artículos:

De forma independiente, se evaluó los títulos de los distintos artículos encontrados, leí los resúmenes y busqué artículos de acuerdo con las palabras clave expuestas. Esta selección de estudios, artículos y trabajos recuperados se emplearon tras evaluar su relevancia con respecto a los criterios de inclusión definidos.

5. RESULTADOS:

5.1 Artículos incluidos en la revisión:

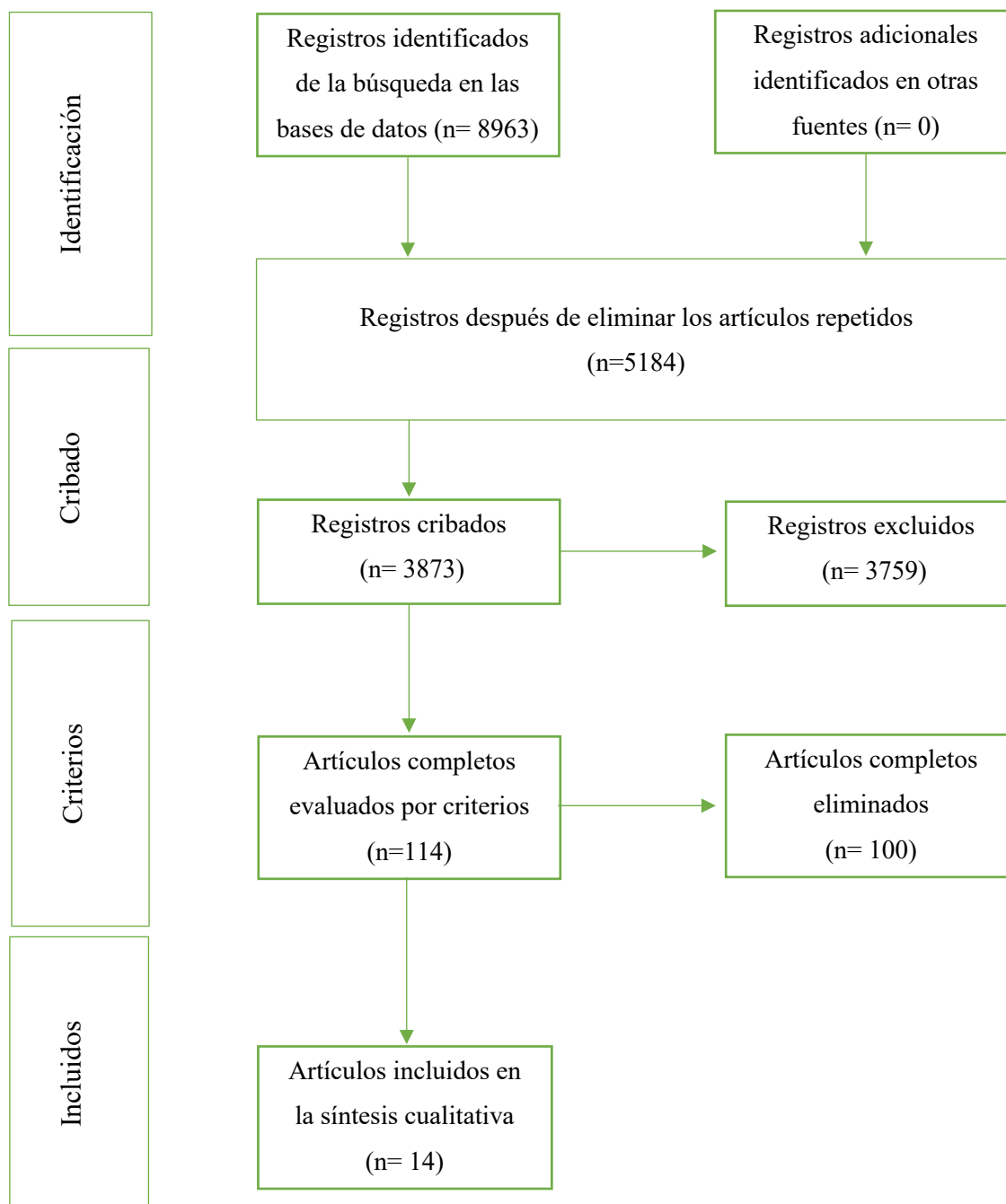


Figura 12. Diagrama de flujo: Proceso esquematizado de obtención de registros válidos para la revisión. Fuente: Elaboración propia a partir de PRISMA.

Como se ha expuesto en el diagrama de flujo, para esta revisión sistemática se han incluido 14 artículos; de forma individual se ha analizado cada uno de ellos. Por otro lado, se han incluido de forma resumida los resultados y método de evaluación de cada uno de ellos y se han representado en las tablas que vienen a continuación.

Todos los artículos incluidos tratan sobre la predictibilidad de movimientos ortodóncicos de los alineadores transparentes. En el apartado de tablas de resultados se han dividido los artículos en grupos dependiendo del movimiento ortodóncico que se está realizando:

1. Los estudios que investigan la predictibilidad del **movimiento de distalización** por parte de los alineadores transparentes.
2. Los estudios que investigan la predictibilidad del **movimiento de expansión** por parte de los alineadores transparentes.
3. Los estudios que investigan la predictibilidad del **movimiento de intrusión** por parte de los alineadores transparentes.
4. Los estudios que investigan la predictibilidad del **movimiento de mesialización** por parte de los alineadores transparentes.
5. Los estudios que investigan la predictibilidad del **movimiento de rotación** por parte de los alineadores transparentes.

5.2 Tablas de resultados:

Tabla 1: Resultados del movimiento de “Distalización”

Autor	Título	Año de publicación	Tipo de estudio	Muestra (n)	Método de evaluación	Resultados
Serena Ravera et al. ⁷⁶	<i>Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study.</i>	2016	Estudio retrospectivo.	20	Superposición y análisis de cefalometrías con el software ClinCheck®.	El primer molar se movió distalmente 2,25 mm sin inclinación significativa (P = 0,27) y movimientos verticales (P = 0,43). La distalización del segundo molar fue de 2,52 mm sin inclinación significativa (P = 0,056) y movimientos verticales (P = 0,25).
Mareike Simon et al. ⁷⁷	<i>Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque.</i>	2014	Estudio retrospectivo.	30	Superposición de modelos con el software ClinCheck®.	La distalización del primer molar superior fue el movimiento más efectivo, con una eficacia de

Dongxue Wu et al. ⁷⁸	<i>pre-molar derotation and molar distalization.</i> <i>Efficacy of mandibular molar distalization by clear aligner treatment</i>	2021	Estudio retrospectivo.	20	Análisis del CBCT con el software Dolphin®.	aproximadamente el 87% (SD = 0.2). Las tasas efectivas de distalización coronaria y radicular de los segundos y primeros molares mandibulares fueron 74%, 49% y 71%, 47%, respectivamente. El segundo y el primer molar fueron ambos la cúspide bucal distal con la mayor distalización [(2,15 ± 0,91) mm y (1,85 ± 1,09) mm], respectivamente, con una diferencia significativa entre T0 y T1 (P<0,05).
---------------------------------	--	------	------------------------	----	---	---

Tabla 2: Resultados del movimiento de “Expansión”

Autor	Título	Año de publicación	Tipo de estudio	Muestra (n)	Método de evaluación	Resultados
Jean-Phillippe Houle <i>et al.</i> ⁷⁵	<i>The predictability of transverse changes with Invisalign®.</i>	2017	Estudio retrospectivo.	64	Análisis de modelos con el software ClinCheck®.	La precisión media de la expansión planificada con Invisalign® para el maxilar fue del 72,8%. La arcada inferior presentó una precisión global del 87,7%.
X. Zhao <i>et al.</i> ⁷⁹	<i>Maxillary expansion efficiency with clear aligner and its possible influencing factors.</i>	2017	Estudio retrospectivo.	31	Análisis de modelos con el software ClinCheck®.	Los aumentos del ancho del arco superior en canino, 1er y 2nd premolar y 1er y 2nd molar fueron (2.0 ± 1.3), (2.8 ± 1.5), (3.0 ± 1.4), (1.8 ± 1.0) y 0.5 (0.1, 1.1) mm, con una eficiencia del 68%, 70%, 68%, 55% y 29%, respectivamente.
Roberta Lione <i>et al.</i> ⁸⁰	<i>Maxillary arch development with</i>	2021	Estudio retrospectivo.	28	Análisis de modelos con el	Se encontraron diferencias

	<i>Invisalign© system</i>				software ClinCheck©.	estadísticamente significativas para todas las mediciones, excepto para las de los segundos molares superiores. El mayor aumento en el ancho maxilar se detectó en los primeros y segundos premolares superiores: +3´5mm para el primer premolar y +3´8mm para el segundo premolar.
Ignacio Morales-Burruezo <i>et al.</i> ⁸¹	<i>Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability</i>	2020	Estudio comparativo.	114	Comparar las medidas planificadas con el software ClinCheck© vs las medidas reales logradas al final de la primera fase del tratamiento.	La planificación virtual obtuvo pronósticos de mayor expansión que la realmente lograda: una media de 0´63mm más de expansión a nivel de canino ($p<0,001$), 0´77mm en primer premolar ($p<0,001$),

<p>0'81mm en segundo premolar ($p < 0,001$), 0'69mm en primer molar ($p < 0,001$) y 0'25mm en segundo molar ($p = 0,183$). Todas las estimaciones del plan de tratamiento, a excepción del segundo molar, fueron significativamente más altas que los resultados reales.</p>						
---	--	--	--	--	--	--

Tabla 3: Resultados del movimiento de “Intrusión”

Autor	Título	Año de publicación	Tipo de estudio	Muestra (n)	Método de evaluación	Resultados
Maher Al-Balaa et al. ⁸²	<i>Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography</i>	2021	Estudio comparativo.	22	Comparar las mediciones de intrusión con sistema Align© vs mediciones de intrusión reales con TC.	La precisión media de la intrusión anterior verdadera con los alineadores transparentes Invisalign© fue del 51'19% y la cantidad media de corrección fue del 48'81%.
Orfeas Charalampakis et al. ⁸³	<i>Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who need refinement</i>	2018	Estudio retrospectivo.	20	Superposición de modelos con el software ClinCheck©.	Los movimientos horizontales de todos los incisivos parecían ser precisos, con diferencias pequeñas (0'20-0'25mm) o insignificantes entre las cantidades previstas y alcanzadas. Se encontró que los movimientos

Giuseppa Bilello <i>et al.</i> ⁸⁴	<i>Accuracy of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study</i>	2022	Estudio prospectivo observacional.	10	Análisis y superposición de modelos con el sistema Align©.	verticales y, en particular, las intrusiones de los incisivos centrales superiores eran menos precisos, con una diferencia media de 1,5mm (P <0,001).	La intrusión se registró solo para los dientes anteriores; la previsibilidad media fue del 92%, siendo el peor resultado del 86,7 % para los caninos mandibulares y el mejor del 98% para los incisivos centrales mandibulares.
---	---	------	------------------------------------	----	--	---	---

Tabla 4: Resultados del movimiento de “Mesialización”

Autor	Título	Año de publicación	Tipo de estudio	Muestra (n)	Método de evaluación	Resultados
Fan-Fan Dai et al. ⁸⁵	<i>Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign®.</i>	2019	Estudio retrospectivo	30	Superposición de modelos con el software ClinCheck®.	Los primeros molares se inclinaron mesialmente más de lo previsto en $2^{\circ}26 \pm 1^{\circ}58$ mm como lo indica la cúspide mesial bucal y $2^{\circ}31 \pm 1^{\circ}67$ mm como lo indica la cúspide distobucal.
Nada Haouili et al. ⁶⁹	<i>Has Invisalign® improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with invisalign.</i>	2020	Estudio clínico prospectivo	38	Superposición de modelos con el software ClinCheck®.	La precisión de los movimientos de mesialización en el maxilar fueron del 52,7%, siendo los segundos premolares los más precisos con un 64,7% y en la mandíbula del 48,8%, siendo los caninos los más precisos con un 53,7%.

Tabla 5: Resultados del movimiento de “Rotación”

Autor	Título	Año de publicación	Tipo de estudio	Muestra (n)	Método de evaluación	Resultados
Lara Vivero Couto et al. ⁸⁶	<i>Eficacia del movimiento de rotación de caninos con el sistema de alineadores Invisalign®.</i>	2021	Estudio cuantitativo.	189	Cuantificar el porcentaje del movimiento de rotación de caninos planificado que se va a expresar en los resultados clínicos.	En los casos de nuestro estudio, un 54,28% del movimiento de rotación planificada se tradujo en resultados clínicos. Este porcentaje es del 51,32% en los caninos superiores y del 57,26% en los inferiores. La proporción de movimiento planificado que se produce va en aumento hasta rotaciones de 15°, a partir de ese valor, se estabiliza la proporción del movimiento producido.

Orfeas Charalampakis et al. ⁸³	<i>Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who need refinement</i>	2018	Estudio retrospectivo.	20	Superposición de modelos con el software ClinCheck®.	Todas las rotaciones fueron logradas significativamente más pequeñas que las predichas, con los caninos maxilares exhibiendo la mayor diferencia de 3.05° (P <0.001).
Giuseppa Bilello et al. ⁸⁴	<i>Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study</i>	2022	Estudio prospectivo observacional.	10	Análisis y superposición de modelos con el sistema Align®.	La precisión general para la rotación resultó en un 86%, con un rango del 96% para los incisivos centrales superiores y al 70-4% para los primeros premolares mandibulares.
Luca Lombardo et al. ⁸⁷	<i>Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study</i>	2017	Estudio retrospectivo	16	Análisis de modelos con el software VAM®.	La predictibilidad media de los movimientos lograda con los alineadores F22 fue del 73,6%.

<p>La inclinación mesiodistal mostró la mayor previsibilidad, con un 82,5% con respecto al ideal; le siguió la inclinación vestibulolingual (72'9%) y finalmente la rotación (66'8%). La rotación en los caninos inferiores fue la menos eficaz (54'2%).</p>						
--	--	--	--	--	--	--

6. DISCUSIÓN:

La presente revisión sistemática mostró la predictibilidad de movimientos ortodóncicos que nos garantizan los alineadores transparentes, se han estudiado los movimientos de distalización, expansión, intrusión, mesialización y rotación, y hemos analizado de forma individual a cada uno de ellos. En los resultados hemos visto que los alineadores transparentes nos garantizan una predictibilidad de movimiento fiable y un tratamiento de ortodoncia óptimo. No obstante, para obtener un mayor control sobre del movimiento que se desea realizar, la terapia con alineadores transparentes debe apoyarse en elementos auxiliares como pueden ser los ataches, elásticos de goma, técnicas de IPR, etc... como nos relatan estudios como el de Gabriele Rossini *et al.*¹, en el cual afirman que los alineadores transparentes trabajando como único elemento para la terapia ortodóncica no alcanzaran un culmen de predicción del movimiento. Para mejorar su precisión y eficiencia a la hora de ejercer unas fuerzas para realizar el movimiento, debemos combinarlos con otros auxiliares, como los nombrados anteriormente.

En este trabajo se han estudiado los movimientos uno por uno, para obtener así una información de forma global para ilustrar la previsibilidad de los alineadores transparentes. El movimiento de **distalización** presentaba una gran previsibilidad y eficacia a la hora de realizar dicho movimiento sobre el primer y segundo molar maxilar. En el estudio de Mareike Simon *et al.*⁷⁷, la distalización del primer molar superior fue el diente con un movimiento de distalización más efectivo y previsible, se logró una precisión de distalización del 87%, desde el momento pre-tratamiento hasta el post-tratamiento, medido con el sistema Align© (usando alineadores transparentes Invisalign© y el software ClinCheck©). En el estudio de Dongxue Wu *et al.*⁷⁸, este movimiento también muestra tasas efectivas del movimiento de distalización en ambos molares superiores, pero en el primer molar superior se mostró una eficiencia menor con respecto al segundo molar con un 71% de precisión frente al 74% que mostró el segundo; a pesar de ello, ambos dientes mostraron movimientos eficaces y previsibles, tanto a nivel coronal como radicular, todo analizado con el software Dolphin©, tras la realización de un CBCT previo al tratamiento ortodóncico y otro posterior al tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes, mostrando un desplazamiento distal de 2'15mm del segundo molar superior y de 1'85mm del primer molar superior. Analizamos el estudio de Serena Ravera *et al.*⁷⁶, cuyo objetivo era probar si la distalización de los molares maxilares se podía lograr únicamente con alineadores transparentes; en él vimos que, si no era con la ayuda de ataches y elásticos de Clase II, no se lograba este movimiento de distalización de forma completamente eficaz.

Con un desplazamiento de 2'25mm del primer molar y de 2'52mm del segundo molar, Serena Ravera *et al.*⁷⁶ incidió que la eficiencia de este movimiento necesita apoyarse en elementos auxiliares para aumentar la predictibilidad del tratamiento. A pesar de incidir en el uso aditamentos junto a la terapia de alineadores transparentes, en su estudio concluye que el uso de alineadores para la planificación de distalización de molares superiores será previsible de 2 a 3mm.

Los alineadores transparentes muestran una predictibilidad fiable del movimiento de distalización; la combinación de esta terapia de alineadores junto a material auxiliar de ortodoncia, como ataches o elásticos, mejorará y aumentará la eficiencia del movimiento y, por ende, la eficacia y predictibilidad del tratamiento como nos ha avanzado previamente Serena Ravera *et al.*⁷⁶.

En el análisis del movimiento de **expansión**, hemos encontrado en la literatura diversos artículos que estudiaban dicho movimiento en base a diferentes estructuras anatómicas, no solo se centraban en un diente, hemiarcada o maxilar, sino que había una amplia variedad de elementos a los que se les había examinado la previsibilidad y eficiencia con el uso de alineadores transparentes. Había estudios que calculaban la previsibilidad del movimiento de expansión con respecto a arcadas completas, como muestra el estudio de Jean-Phillippe Houle *et al.*⁷³, cuyos resultados remarcaban una mayor previsibilidad del movimiento de expansión de forma global en la mandíbula, con una precisión del 87'7% y presentando una expansión previsible de 1'7mm a nivel de caninos, con respecto al maxilar que presentaba una precisión de movimiento del 72'8%; estas expansiones fueron planificadas por el software ClinCheck©, otros estudios que mostraban la previsibilidad del movimiento de expansión únicamente a nivel del maxilar superior, pero comparando en que regiones del arco podríamos encontrar una mayor eficiencia a la hora de expandirse, como muestra el estudio de X. Zhao *et al.*⁷⁹, en sus resultados analiza que la eficiencia del movimiento de expansión disminuía desde los primeros premolares, habiendo aumento del arco a nivel del primer premolar de $2'8 \pm 1'5$ mm y a nivel del segundo premolar de $3'0 \pm 1'4$ mm con una eficiencia del 70% y de 68% respectivamente, hasta los segundos molares que fueron los que menor aumento (0'5mm) y menor eficiencia (29%) de expansión mostraron; la expansión del arco maxilar se logró en el estudio, pero la predictibilidad del movimiento de expansión con el tratamiento de alineadores transparentes se fundamentaba gracias al aumento del ancho del arco maxilar a nivel de los premolares, los dientes con mayor eficiencia de expansión presentaron.

El trabajo de Roberta Lione *et al.*⁷⁸ sobre el desarrollo del arco maxilar con el sistema Invisalign©, identifica también que el mayor aumento en el ancho maxilar se detectó en los primeros y segundos premolares superiores con un aumento de +3'5mm y de +3'8mm respectivamente, unos datos similares a los que estimaba en el estudio X. Zhao *et al.*⁷⁹. Ignacio Morales-Burruezo *et al.*⁸¹ en su estudio comparativo sobre la expansión del arco maxilar con el sistema Invisalign© demostró que la planificación virtual con el sistema Align© obtuvo pronósticos de mayor expansión que la realmente lograda, es decir, todas las estimaciones del plan de tratamiento realizadas con el software ClinCheck©, a excepción del segundo molar, fueron significativamente más altas que los resultados reales, destacándose, nuevamente, una mayor expansión a nivel de premolares, especialmente a nivel del primer premolares superior con una expansión de 0'77m. Este calificó a los alineadores transparentes como una herramienta efectiva para producir la expansión del arco maxilar, pero remarcó una mayor efectividad y obteniendo una mayor predictibilidad del movimiento en el área de premolares y a su vez, siendo menos efectivos en el área de caninos y segundos molares. La previsibilidad del movimiento de expansión que obtenemos con los alineadores transparentes se muestra razonable, pero Ignacio Morales-Burruezo *et al.*⁸¹ adelantan que se debe considerar la sobrecorrección en la etapa de planificación virtual para obtener una mayor predictibilidad del movimiento y, por lo tanto, obtener los resultados esperados a final del mismo tratamiento.

El movimiento de **intrusión** que se obtenía con alineadores transparentes es uno de los movimientos con mayor diversidad de opiniones hemos encontrado en los estudiados en esta revisión. Autores como Orfeas Charalampakis *et al.*⁸³ en su estudio sobre la precisión de los alineadores transparentes, reportaba que los movimientos verticales como este, y particularmente sobre los incisivos centrales maxilares, se presentaban menos como los menos precisos y predecibles, con unas diferencias de desplazamientos de 1'5mm con respecto a lo marcado por el software ClinCheck©. Con el paso de los años, otros estudios han apoyado los resultados de Orfeas Charalampakis *et al.*⁸³, así lo muestra el estudio de Maher Al-Balaa *et al.*⁸², quien comparó las mediciones de intrusión de los dientes del sector anterior que marcaba sistema Align© y las mediciones de intrusión reales visibles en una tomografía computerizada (TC) que se les realizó a los pacientes previo al tratamiento con alineadores transparentes Invisalign© y posterior al tratamiento ortodóncico. Los resultados mostraron una una diferencia estadísticamente notable entre las medidas predichas y reales de intrusión anterior, con una precisión de movimiento del 51'19%, el software ClinCheck© fue el que se usó para predecir el movimiento de intrusión de

los dientes del sector anterior, además se tuvo que realizar corrección durante las fases de tratamiento en el 48'81% de los casos. Pero a pesar de los estudios anteriores, Giuseppa Bilello *et al.*⁸⁴ publicó el pasado mes de abril su estudio en el que evaluaban la precisión de los movimientos de ortodoncia de los alineadores transparentes, en él la intrusión se registró solo para los dientes anteriores y la previsibilidad del movimiento fue altamente predecible, la previsibilidad media fue del 92%, siendo el peor resultado del 86'7 % para los caninos mandibulares y el mejor del 98% para los incisivos centrales mandibulares. En su estudio concluyó que la intrusión hasta los 2mm tiene una alta predictibilidad, pero por encima de este rango, se iría perdiendo la previsibilidad del movimiento.

Como bien muestran los resultados del presente trabajo, la intrusión es un movimiento predecible en la terapia con alineadores transparentes, destacando sus mayores resultados principalmente en dientes anteriores, como ha demostrado recientemente el estudio de Giuseppa Bilello *et al.*⁸⁴. Además, Maher Al-Balaa *et al.*⁸² sugiere el uso de otros métodos complementarios para la intrusión de los dientes anteriores, ya que puede ser útil para reducir la tasa de correcciones y refinamientos a mitad del tratamiento; así nuestra predictibilidad del movimiento podrá ser más precisa y eficaz.

La **mesialización** es el movimiento con resultados bastante desfavorables en cuanto a la efectividad y precisión de la terapia con alineadores transparentes que se ha analizado en la literatura en cuanto a la presente revisión. Nada Haouili *et al.*⁶⁹, en su estudio analiza la eficiencia y previsibilidad de cada movimiento ortodóncico en la terapia con los alineadores Invisalign©, comprueba que el movimiento de mesialización llevado a cabo con este sistema de alineadores transparentes tuvo una precisión baja: en mandíbula un 48'8% de predictibilidad y en el maxilar un 52'7%, el diente que mayor eficiencia de mesialización presenta es el segundo premolar superior con un 64'7%. Nada Haouili *et al.*⁶⁹ crítica en su estudio que a pesar de que el aparato Invisalign© está mejorando poco a poco, aún tiene problemas con tipos específicos de movimientos dentales, como es en este caso con la mesialización. Fan-Fan Dai *et al.*⁸⁵ compara el movimiento dentario logrado y previsto de los primeros molares superiores e incisivos centrales tras un tratamiento de extracción de primeros premolares superiores con Invisalign©, en su estudio no lograron obtener un buen control de anclaje sobre el primer molar superior, mesializándose más de lo previsto en $2'26 \pm 1'58\text{mm}$ como lo indica la cúspide mesiobucal y $2'31 \pm 1'67\text{mm}$ como lo indica la cúspide distobucal.

Fan-Fan Dai *et al.*⁸⁵ registra en su estudio que la traslación mesial promedio previsible es de 0'87mm en los primeros molares, pero establece que para ello se necesita un control de anclaje máximo en el tratamiento con alineadores transparentes, considerando el anclaje auxiliar como los minitornillos, aunque también añade que para aumentar la predictibilidad del movimiento se pueden barajar otros dispositivos de anclaje auxiliar, como pueden ser los ataches, y sondea que la sobrecorrección puede ayudar a lograr los cambios previstos.

El último movimiento estudiado en esta revisión fue la **rotación**, un movimiento que a nivel de caninos es de los menos predecibles en la terapia con alineadores transparentes. Orfeas Charalampakis *et al.*⁸³ valoró en su estudio que todas las rotaciones logradas fueron significativamente más pequeñas de lo que el software ClinCheck© predijo, con los caninos maxilares exhibiendo la mayor diferencia de 3'05°. Luca Lombardo *et al.*⁸⁷ explicó en su estudio sobre la previsibilidad del movimiento de ortodoncia con alineadores transparentes que el movimiento que menor predictibilidad demostró en su estudio fue el movimiento de rotación con un 66'8%, haciendo mención especial en los caninos inferiores, como aquellos dientes que menor eficacia de movimiento mostraron con una precisión del 54'2%. Giuseppa Bilello *et al.*⁸⁴ en su estudio para respaldar la precisión de los alineadores transparentes Invisalign© verificó que la precisión general para la rotación resultó en un 86%, siendo los incisivos centrales superiores los dientes con un porcentaje de precisión del 96% y siendo los segundos premolares inferiores los menos predecible con un 70'4% de precisión. Al igual que Orfeas Charalampakis *et al.*⁸³, el trabajo de Giuseppa Bilello *et al.*⁸⁴ también concreta que el movimiento de rotación en los caninos superiores era menos preciso (81%) con respecto a los caninos inferiores (90%). Lara Vivero Couto *et al.*⁸⁶ analizó de forma exclusiva la eficacia del movimiento de rotación de los caninos con los alineadores transparentes Invisalign©, demostró solo el 54'28% del movimiento de rotación planificada se tradujo en resultados clínicos, un porcentaje extraído entre el 51'32% en los caninos superiores y del 57'26% en los inferiores. Además, en su estudio verificó que existe cierta predictibilidad en el movimiento de rotación en los caninos, pero que, llegados a los 15° de rotación, se estabiliza la proporción del movimiento producido. Añade en su estudio que, si se quiere aumentar la predictibilidad del movimiento, lo más recomendable es combinar la terapia de alineadores transparentes con la técnica de reducción interproximal (IPR), la colocación de ataches, el uso de alineadores de sobrecorrección y, en algunos casos, del uso de técnicas auxiliares previas al tratamiento o durante el mismo y así lograr garantizar la mayor predictibilidad de movimiento posible.

Además, la predictibilidad no solo va a estar influida por el uso de ataches o elásticos de goma, también se verá influida por la edad del paciente, el sexo del paciente, etc... Factores muy a tener en cuenta a la hora de querer realizar un movimiento ortodóncico. Justin R. Chisari *et al.*⁸⁸ ya adelanta que la relación entre la edad y el movimiento de los dientes es compleja, ya que en su estudio destaca que hay etapas de la vida de los pacientes en los que las tasas de movimiento decrecen (entre los 18 y 35 años y los 50 y 70 años), a pesar de ello, existen etapas favorables para el tratamiento de ortodoncia en adultos donde encontramos un ligero crecimiento de la tasa de movimiento (entre los 35 y 50 años). Fan-Fan Dai *et al.*⁸⁵ también concluye en su artículo que la edad del paciente influye en la predictibilidad del tratamiento con alineadores transparentes, en él comprueba que los pacientes adolescentes presentan una predictibilidad ligeramente mayor con respecto a los pacientes adultos ya que estos aún presentan factores de crecimiento.

Justin R. Chisari *et al.*⁸⁸ también declara que el sexo es un factor importante, ya que determina que en mujeres no hay evidencias del decrecimiento de las tasas de movimiento que presentaban los adultos a edades más avanzadas, en cambio ese factor de movimiento decreciente si se presenta en hombres. Otro factor a tener en cuenta es la anatomía y forma de los dientes de las arcadas también influyen en la predictibilidad del tratamiento con alineadores transparentes. Gabriele Rossini *et al.*¹ concluyó en su estudio que los alineadores transparentes eran totalmente ineficaces a la hora de realizar un movimiento de rotación sobre dientes redondos.

En varios estudios se nombra la sobrecorrección, como el de Lara Vivero Couto *et al.*⁸⁶ que habla del uso de las sobrecorrecciones, en combinación con los ataches, para mejorar la predictibilidad del movimiento de rotación del canino. Tenemos la otra cara de la moneda, Maher Al-Balaa *et al.*⁸² estudian el uso de técnicas o elementos auxiliares a la terapia con alineadores transparentes para así poder evitar usar las sobrecorrecciones durante el tratamiento. Ignacio Morales-Burruezo *et al.*⁸¹ destaca en su estudio el considerar las sobrecorrecciones como un método útil para aumentar la predictibilidad del movimiento de expansión. A las sobrecorrecciones también se le refieren en otros estudios, como el de Orfeas Charalampakis *et al.*⁸³, como refinamiento. El refinamiento tiene como objetivo perfeccionar el trabajo realizado en el tratamiento de ortodoncia para así conseguir el resultado deseado y, por ende, mejorar la predictibilidad de la terapia con alineadores transparentes.

El refinamiento lo podemos utilizar como un apoyo para mejorar nuestro tratamiento y así obtener una mayor predictibilidad del movimiento que deseamos realizar, así lo defiende Lara Vivero Couto *et al.*⁸⁶, ya que la rotación del canino es un movimiento complicado de prever. A pesar de esta ayuda, hay movimientos que con alineadores transparentes sumado a la ayuda prestada de los elementos auxiliares de ortodoncia vamos a poder predecirlo con mucha precisión, como puede ser el caso de la intrusión, y no nos hará falta recurrir al refinamiento y hay otros movimientos más complejos, como la rotación, que si le queremos garantizar una mayor predictibilidad al tratamiento con alineadores transparentes, vamos a necesitar de estos acompañados de ataches, elásticos, técnica de IPR, etc.. y la ayuda extra que te ofrece el refinamiento.

Los ataches son los elementos más nombrados a la hora de querer aumentar la predictibilidad de movimiento de los alineadores transparentes. Entre los artículos analizados y descritos en los resultados, tenemos varios que respaldan el uso ataches como el método más efectivo para aumentar la precisión del movimiento, haciéndolo más predecible. Los ataches usados fueron los rectangulares o elipsoides, ya que todos ellos mejoraron la calidad del movimiento deseado. La compañía Align© ha facilitado mucho la colocación y el uso de estos ataches, pues ha introducido un enfoque biomecánico más preciso para obtener diseños de aditamentos, puntos de presión o áreas de presión y curvas del alineador más efectivos. Estos ataches han tenido una gran repercusión en estudios como el de Luca Lombardo *et al.*⁸⁷ o el de Serena Ravera *et al.*⁷⁶, quienes garantizan que el uso de estos aditamentos ayuda a incrementar la predictibilidad del movimiento ortodóncico que deseamos realizar en la terapia con los alineadores transparentes.

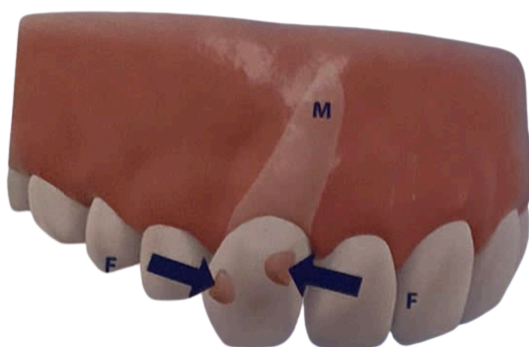


Figura 13. Control de la angulación y alineamiento del diente con ataches elipsoides.

Fuente: Werner Schupp *et al.*⁶⁴

Tabla 6. Guía clínica de predictibilidad

<i>Movimiento</i>	<i>Nivel de predictibilidad</i>
Distalización	Es un movimiento predecible en molares superiores de 1'85mm a 3mm, con unas tasas de efectividad son del 79'75%.
Expansión	La expansión del maxilar se muestra predecible de 2'5mm a 4'11mm a nivel de 2ª premolares y con respecto a la expansión de la mandíbula, presenta una predictibilidad de expansión del 1'7mm a nivel de caninos. Las tasas de efectividad son del 70'74% de expansión del maxilar superior y del 87'7% de expansión mandibular.
Intrusión	Este movimiento es predecible y preciso en dientes del sector anterior, tanto de dientes superiores como inferiores, con una predictibilidad de 1'5mm-2mm, pero a partir de este rango se reduce progresivamente la previsibilidad. Las tasas de efectividad de la intrusión son del 92% de intrusión sectores anteriores.
Mesialización	No se logra obtener buenos resultados en cuanto a la predicción de la mesialización, la traslación mesial promedio previsible es de 0'87mm en los primeros molares maxilares, además, cuenta con unas tasas de efectividad del 50'75%.
Rotación	Este movimiento, a nivel de caninos, es de los menos predecibles en la terapia con alineadores transparentes. La predictibilidad del movimiento planificado aumenta hasta los 15°, a partir de ese valor, se estabiliza la proporción del movimiento producido. La tasa de efectividad de la rotación es del 64'82% pero a nivel de caninos es del 54'2%.

Los alineadores transparentes se están desmarcando como el tratamiento de elección en los últimos años la creciente demanda de adultos que buscan este tipo de tratamiento de ortodoncia, ya que hablamos de aparatos que son más estéticos y más cómodos que los aparatos fijos convencionales, como nos muestra T. Weir⁵⁴ en su revisión. Es una terapia que se está usando mucho hoy en día, pero a pesar de ello, todavía no gozamos con una literatura extensa sobre estos aparatos.

Las limitaciones más relevantes fueron la ausencia de grupos de control adecuados, la ausencia de procedimientos de cegamiento adecuados, la falta de procedimientos de aleatorización de muestras y los tamaños de muestra pequeños. A pesar de la estrategia de búsqueda planteada para confeccionar el siguiente trabajo y de la búsqueda manual empleada de forma simultánea, la falta de estudios hizo que en nuestra pirámide de evidencia tuviéramos que retroceder un escalón. Es posible que haya estudios trascendentales, de acuerdo a los objetivos de la investigación, que no se hayan revelado, sin embargo, se ha maximizado la sensibilidad de las estrategias de búsqueda incluyendo investigaciones de las diversas casas comerciales y de las distintas marcas de alienadores transparentes para obtener la mayor información con respecto al tema de la revisión y también se han empleado sinónimos o variantes del mismo concepto para así minimizar la posibilidad de que se escaparan documentos de gran influencia y significación para la elaboración del trabajo.

En la presente revisión queríamos analizar todo tipo de sistemas de alineadores transparentes, no queríamos centrarnos únicamente en una casa comercial, sino que queríamos analizar la predictibilidad de todos los alineadores disponibles en los estudios, pero dentro de esta escasa información acerca de los alineadores transparentes, Align Technology© es la que más estudios ofrecía y sobre la que la mayoría de investigadores se han apoyado a la hora de realizar sus investigaciones. Entre los distintos movimientos revisados, hemos encontrado una gran discrepancia, ya que había movimientos muy contrastados con los alineadores transparentes, como el movimiento de expansión, distalización rotación e intrusión, quienes contaban con estudios de tamaños de muestras grandes, buenos sesgo y variables; pero otros movimientos como la mesialización, carecían de una gran afluencia de información y de estudios metodológicos contrastados, pero en general, el nivel de calidad de los estudios revisados fue suficiente para establecer conclusiones acerca de la precisión, eficacia y eficiencia de los alineadores transparentes.

Otro aspecto a tener en cuenta es el tiempo de tratamiento con la terapia de alineadores transparentes y cada cuanto tiempo debían cambiárselos los pacientes, algo que no se muestra en todos los estudios, ya que los resultados obtenidos serán diferentes de la terapia con alineadores transparentes durante un tratamiento más duradero, como pueden ser 3 meses, a tratamientos más cortos, que se valoran entre los 14 días. La mayoría de estudios analizados presentaban dos situaciones en el estudio, la fase inicial o pre-tratamiento y la fase final o post-tratamiento, no incidían en el tiempo que transcurría de una fase a otra. Aunque hay artículos, como el de Roberta Lione *et al.*⁸⁰ que realizó su estudio desde enero de 2018 hasta mayo de 2019, que sí cuantifican el tiempo y es algo fundamental para entender el tratamiento y el tiempo que necesita para poder lograr los resultados deseados.

La anatomía dental también es un factor importante que influye en la predictibilidad del tratamiento y algo muy poco analizado en los artículos. La corona clínica del paciente, si el diente es redondo o más cuadrado, si es más grande o más pequeño, etc... Son elementos que pueden marcar la diferencia en cuanto a los resultados de cualquier estudio. Dejando de la anatomía dental, hay estudios que se han valido de elementos auxiliares para aumentar la precisión del alineador a la hora de lograr un movimiento, como han podido ser ataches o elásticos de goma, y no se han descrito donde se colocan los ataches o la forma y tamaño de los mismos o cual es la trayectoria seleccionada para los elásticos de goma.

A pesar de todo, los alineadores transparentes todavía se encuentran en fases tempranas de investigación y poco a poco saldrán más estudios que los respalden, cada vez estarán más contrastados en la literatura y obtendrán una mayor evidencia de cara al futuro. La gran capacidad de predictibilidad de los distintos movimientos ortodóncicos que podemos conseguir con los alineadores transparentes ha quedado demostrada tras el análisis de los diferentes estudios que hemos visto, pero todos ellos también remarcan que para el aumento de la eficacia y la precisión del movimiento que deseamos realizar, ya se movimientos de intrusión o mesialización, es necesario que la terapia con alineadores transparentes se apoye en elementos auxiliares. Esta práctica ya la defendía Gabriele Rossini *et al.*¹ en su revisión sistemática y que otros autores en sus diferentes estudios retrospectivos han ido avanzando como Serena Ravera *et al.*⁷⁶, Fan-Fan Dai *et al.*⁸⁵ o Luca Lombardo *et al.*⁸⁷.

7. CONCLUSIÓN:

1. La predictibilidad de los movimientos ortodóncicos de la terapia con alineadores transparentes se muestra favorable en los movimientos de distalización molar, expansión de ambos maxilares e intrusión de dientes del sector anterior.
2. El uso de aditamentos o elementos auxiliares, como ataches, elásticos de goma o la combinación de la terapia de alineadores transparentes con la técnica de IPR; incrementan exponencialmente la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos y garantizan así un mayor éxito del tratamiento.
3. La clasificación de los movimientos ortodóncicos revisados con mayor predictibilidad en el tratamiento con alineadores transparente son: la intrusión de dientes del sector anterior (92%), la expansión del arco mandibular (87'7%), la distalización de molares superiores (79'75%) y la expansión del arco maxilar (70'74%). Siendo así la rotación de caninos (54'2%) y la mesialización (50'75%) los movimientos ortodóncicos con menor predictibilidad.

8. BILIOGRAFÍA:

1. Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *The Angle orthodontist*, 85(5), 881–889.
2. Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in orthodontics*, 19(1), 37.
3. Putrino, A., Barbato, E., & Galluccio, G. (2021). Clear Aligners: Between Evolution and Efficiency-A Scoping Review. *International journal of environmental research and public health*, 18(6), 2870.
4. Robertson, L., Kaur, H., Fagundes, N., Romanyk, D., Major, P., & Flores Mir, C. (2020). Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*, 23(2), 133–142.
5. Rivas Pérez, G., Álvarez Mora, I., Mora Pérez, C. D. L. C., Morera Pérez, A., & Pausa González, O. J. (2020). Avances científico-técnicos en ortodoncia y su impacto social. *Conrado*, 16(72), 39-48.
6. Batista, K. B., Thiruvengkatachari, B., Harrison, J. E., & O'Brien, K. D. (2018). Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children and adolescents. *The Cochrane database of systematic reviews*, 3(3), CD003452.
7. Al Ayoubi, A., Dalla Torre, D., & Madléna, M. (2020). Craniofacial characteristics of Syrian adolescents with Class II division 1 malocclusion: a retrospective study. *PeerJ*, 8, e9545.
8. Mora Pérez, C. D., Álvarez Mora, I., Blanco Hernández, A., & Gómez Ortiz, M. E. (2018). Desarrollo de la ortodoncia en la provincia Cienfuegos. *Medisur*, 16(2), 309-321.
9. Ayala Mejía, E. F., & Mena Roza, C. F. (2013). Afecciones bucales asociadas al incumplimiento de indicaciones posterior a la entrega del aparato removible de ortodoncia y ortopedia funcional de maxilares"(pacientes tratados durante el año 2011 en las clínicas de la facultad de odontología de la universidad de el salvador).
10. Lombardo, G., Vena, F., Negri, P., Pagano, S., Barilotti, C., Paglia, L., Colombo, S., Orso, M., & Cianetti, S. (2020). Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *European journal of paediatric dentistry*, 21(2), 115–122.

11. Guo, L., Feng, Y., Guo, H. G., Liu, B. W., & Zhang, Y. (2016). Consequences of orthodontic treatment in malocclusion patients: clinical and microbial effects in adults and children. *BMC oral health*, 16(1), 112.
12. Zere, E., Chaudhari, P. K., Sharan, J., Dhingra, K., & Tiwari, N. (2018). Developing Class III malocclusions: challenges and solutions. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 10, 99–116.
13. Alhammadi, M. S., Halboub, E., Fayed, M. S., Labib, A., & El-Saaidi, C. (2018). Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental press journal of orthodontics*, 23(6), 40.e1–40. e10.
14. Ramírez R, Leslie D, Erika E-D, Antón-Sarabia J, Muñoz-Quintana G. (2014). Asociación de maloclusiones clase I, II y III y su tratamiento en población infantil en la ciudad de Puebla, México.
15. Quinzi, V., Marchetti, E., Guerriero, L., Bosco, F., Marzo, G., & Mummolo, S. (2020). Dentoskeletal Class II Malocclusion: Maxillary Molar Distalization with No-Compliance Fixed Orthodontic Equipment. *Dentistry journal*, 8(1), 26.
16. Stefanovic, N. L., Uhac, M., Brumini, M., Zigante, M., Perkovic, V., & Spalj, S. (2021). Predictors of patient compliance during Class II division 1 malocclusion functional orthodontic treatment. *The Angle orthodontist*, 91(4), 502–508.
17. Perović T. (2017). The Influence of Class II Division 2 Malocclusions on the Harmony of the Human Face Profile. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 23, 5589–5598.
18. Jha, A. K., & Chandra, S. (2021). Early Management of Class III Malocclusion in Mixed Dentition. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 14(2), 331–334.
19. Rodríguez de Guzmán-Barrera, J., Sáez Martínez, C., Boronat-Catalá, M., Montiel-Company, J. M., Paredes-Gallardo, V., Gandía-Franco, J. L., Almerich-Silla, J. M., & Bellot-Arcís, C. (2017). Effectiveness of interceptive treatment of class III malocclusions with skeletal anchorage: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 12(3), e0173875.
20. Al Mozany, S. A., Dalci, O., Almuzian, M., Gonzalez, C., Tarraf, N. E., & Ali Darendeliler, M. (2017). A novel method for treatment of Class III malocclusion in growing patients. *Progress in orthodontics*, 18(1), 40.

21. Eslami, S., Faber, J., Fateh, A., Sheikholaeemeh, F., Grassia, V., & Jamilian, A. (2018). Treatment decision in adult patients with class III malocclusion: surgery versus orthodontics. *Progress in orthodontics*, 19(1), 28.
22. Rivero, J. C., Yeste, F., & Nogal, A. (2017). Tratamiento de las maloclusiones con ortodoncia transparente. *RCOE*, 22(2), 87-96.
23. Yañez Chávez, E. E. (2016). *Mini Implantes en Maloclusiones Verticales*.
24. Morales, L. A. R. (2018). Prevalencia de maloclusión transversal posterior y factores predisponentes en pacientes del posgrado de ortodoncia.
25. Zou, J., Meng, M., Law, C. S., Rao, Y., & Zhou, X. (2018). Common dental diseases in children and malocclusion. *International journal of oral science*, 10(1), 7.
26. Gualli Caranqui, J. A. (2015). *Sistema de invisaling, nueva alternativa para tratamiento de ortodoncia*
27. Balaguer, J. O. (2012). Apiñamiento incisivo. *GACETA DENTAL*, 241, 129
28. Vásconez Cárdenas, S. M. (2015). *Principios biomecánicos aplicados en la Ortodoncia Interceptiva* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología).
29. Nimeri, G., Kau, C. H., Abou-Kheir, N. S., & Corona, R. (2013). Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment--a frontier in orthodontics. *Progress in orthodontics*, 14, 42.
30. Alvarez, O. Q. (2012). *Haciendo Fácil La Ortodoncia*. Venezuela: Amolca.
31. Ramírez, F., & Rosa, N. (2021). *Sistemas de fuerza en ortodoncia*.
32. Darque, E., & Cortés, M. M. P. (2020). ¿Como influye el tratamiento de ortodoncia en la salud periodontal? *Biociencias*, 15(2).
33. Hernández, Y. R., Lizandro Michel Pérez García, Casanova, O. L., Eduardo José Reytor Saavedra, & Hernández, T. S. (2021). Resultados del uso de mini-implantes como anclaje para el movimiento de intrusión molar en ortodoncia. *Gaceta Médica Espirituana*, 23(1)
34. Curi Paccini J, Cotrim-Ferreira FA, Vellini Ferreira F, Salvatore de Freitas KM, Hermont Cançado R, Pinelli Valarelli F. (2016) Efficiency of two protocols for maxillary molar intrusion with mini-implants. *Dental Press J Orthod*.
35. Gonzales Gonzales, F. (2018). *Intrusión dentaria en ortodoncia*.
36. Cruz, E. G., Misu, I., Francos, I. B., & Solaiman, S. S. (2018). *Orthodontic Extrusion*.

37. Barriga Ruíz, D. J. (2016). Estudio comparativo entre el efecto del resorte cerrado de nitinol (niti) y el retractor de caninos de Ricketts usados en la distalización de caninos en pacientes tratados con extracciones de primeros premolares superiores, en la clínica de ortodoncia de la Escuela de Post-grado “Dr. José Apolo Pineda” de la Facultad Piloto de Odontología de la Universidad de Guayaquil en el periodo 2013-2015 (Doctoral dissertation, Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil).
38. Díaz, E. F. Z. (2015). Efectividad de la distalización molar por medio de un dispositivo de anclaje temporal cargado indirectamente (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
39. Carrera E. Compensación por ausencia del primer molar inferior mediante mesialización tradicional del segmento posterior unilateral. *Rev. Mexic. de Ortod.* 2016. Vol.4 N°2:121-126
40. Rizzo Rizzo, V. P. (2016). Estudio comparativo entre el arco de acero 16x16 con asas en ty cuñas de rotación en el tratamiento de piezas dentarias con giroversion en pacientes tratados en la clínica de ortodoncia de la Escuela de Postgrado de la Universidad de Guayaquil en el periodo 2013-2015 (Doctoral dissertation, Editorial de Ciencias Odontológicas Universidad de Guayaquil).
41. Pinto, M., Maldonado, J., & Herrera, L. (2015). Sistema de Cuplas en el tratamiento de Giroversiones en paciente odontopediátrico. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia Y Odontopediatría*, 1–12. Retrieved from
42. Batista, K. B., Thiruvkatachari, B., Harrison, J. E., & O'Brien, K. D. (2018). Orthodontic treatment for prominent upper front teeth (Class II malocclusion) in children and adolescents. *The Cochrane database of systematic reviews*, 3(3), CD003452.
43. De ortodoncia, S. A. B. E. R., & Dentofacial, O. (2015). Lo que se debe saber de Ortodoncia. *SEDO y Ortopedia Dentofacial*.
44. Fleming P. S. (2017). Timing orthodontic treatment: early or late? *Australian dental journal*, 62 Suppl 1, 11–19.
45. Cartes, P. J. G., Piffard, M. J. Z., Donaire, J. A. R., & Padilla, C. D. C. R. (2020). Principales beneficios de un tratamiento de ortodoncia en niños. *RECIAMUC*, 4(1), 333-345.
46. Wang, Y., Liu, C., Jian, F., McIntyre, G. T., Millett, D. T., Hickman, J., & Lai, W. (2018). Initial arch wires used in orthodontic treatment with fixed appliances. *The Cochrane database of systematic reviews*, 7(7), CD007859.

47. Bock, N. C., von Bremen, J., & Ruf, S. (2016). Stability of Class II fixed functional appliance therapy--a systematic review and meta-analysis. *European journal of orthodontics*, 38(2), 129–139.
48. Santamaría-Villegas, A., Manrique-Hernandez, R., Alvarez-Varela, E., & Restrepo-Serna, C. (2017). Effect of removable functional appliances on mandibular length in patients with class II with retrognathism: systematic review and meta-analysis. *BMC oral health*, 17(1), 52.
49. Woźniak, K., Piątkowska, D., Szyszka-Sommerfeld, L., & Buczkowska-Radlińska, J. (2015). Impact of functional appliances on muscle activity: a surface electromyography study in children. *Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research*, 21, 246–253.
50. Reategui H.A.C. (2012). Técnica Arco de Canto - Edgewise – Ortodoncia.
51. Li, Y., Deng, S., Mei, L., Li, Z., Zhang, X., Yang, C., & Li, Y. (2020). Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Progress in orthodontics*, 21(1), 1.
52. Papageorgiou, S. N., Gölz, L., Jäger, A., Eliades, T., & Bourauel, C. (2016). Lingual vs. labial fixed orthodontic appliances: systematic review and meta-analysis of treatment effects. *European journal of oral sciences*, 124(2), 105–118.
53. Rivero, J. C., Yeste, F., & Nogal, A. (2017). Tratamiento de las maloclusiones con ortodoncia transparente. *RCOE*, 22(2), 87-96.
54. Weir T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian dental journal*, 62 Suppl 1, 58–62.
55. Buschang, P. H., Shaw, S. G., Ross, M., Crosby, D., & Campbell, P. M. (2014). Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *The Angle orthodontist*, 84(3), 391–396.
56. Hennessy, J., & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *Journal of orthodontics*, 43(1), 68–76.
57. Barone, S., Paoli, A., Razionale, A. V., & Savignano, R. (2017). Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *International journal for numerical methods in biomedical engineering*, 33(8), e2839.
58. Azaripour, A., Weusmann, J., Mahmoodi, B., Peppas, D., Gerhold-Ay, A., Van Noorden, C. J., & Willershausen, B. (2015). Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. *BMC oral health*, 15, 69.

59. Guerra, J. F. P., Marin, H., & Echeverri, N. (2014). Alineadores una opción en ortodoncia estética, revisión de literatura. *ortodoncia*, 7(8), 14.
60. Tamer, İ., Öztaş, E., & Marşan, G. (2019). Orthodontic Treatment with Clear Aligners and The Scientific Reality Behind Their Marketing: A Literature Review. *Turkish journal of orthodontics*, 32(4), 241–246.
61. Chang C, Introduction to Invisalign® Smart Technology: Attachments Design, and RecallChecks. *JDigital Orthod* 2019; 54:80-95.
62. Morton, J., Derakhshan, M., Kaza, S., & Li, C. (2017). Design of the Invisalign system performance. In *Seminars in orthodontics* (Vol. 23, No. 1, pp. 3-11). WB Saunders.
63. 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: 14-68.
64. Schupp, W., & Haubrich, J. (2017). *Aligner Orthodontics: Diagnostics, Biomechanics, Planning, and Treatment* (1. ed.). Quintessence Publishing (IL).
65. Pagani et al. The use of Invisalign® system in the management of the orthodontic treatment before and after class III surgical approach. *Case reports in Dentistry* 2016. Article ID 9231219.
66. Gualli Caranqui, J. A. (2015). *Sistema de Invisaling, nueva alternativa para tratamiento de ortodoncia*. Bachelor's thesis.
67. Hong, K., Kim, W. H., Eghan-Acquah, E., Lee, J. H., Lee, B. K., & Kim, B. (2021). Efficient Design of a Clear Aligner Attachment to Induce Bodily Tooth Movement in Orthodontic Treatment Using Finite Element Analysis. *Materials* (Basel, Switzerland), 14(17), 4926.
68. Simon M., Keilig L., Schwarze J., Jung B.A., Bourauel C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique—Regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*. 2014; 14:68. doi: 10.1186/1472-6831-14-68.
69. Haouili N., Kravitz N.D., Nikhilesh R.V., Ferguson D.J., Makki L. (2020). Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with invisalign. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 2020 doi: 10.1016/j.ajodo.2019.12.015. in press.
70. Valverde Padilla, G. (2018). *Tratamiento con aligner en ortodoncia*.
71. Drake C, McGorray SP, Dolce C, Nair M, Wheeler T. (2012). Orthodontic ToothMovement with Clear Aligners. *ISRN Dentistry*. 2012; 12:1-7

72. Gualli JA. (2015) Sistema de Invisaling, nueva alternativa para tratamiento de Ortodoncia. Guayaquil: Universidad de Guayaquil;2015
73. Houle, J. P., Piedade, L., Todescan, R., Jr, & Pinheiro, F. H. (2017). The predictability of transverse changes with Invisalign. *The Angle orthodontist*, 87(1), 19–24.
74. Robertson L. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2020;23(2):133-142.
75. Buschang. P, Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod* 1 May 2014; 84 (3): 391–396.
76. Ravera, S., Castroflorio, T., Garino, F., Daher, S., Cugliari, G., & Deregibus, A. (2016). Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Progress in orthodontics*, 17, 12.
77. Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A., & Bourauel, C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC oral health*, 14, 68.
78. Wu, D., Zhao, Y., Ma, M., Zhang, Q., Lei, H., Wang, Y., Li, Y., & Chen, X. (2021). Efficacy of mandibular molar distalization by clear aligner treatment. 无托槽隐形矫治器远移下颌磨牙的疗效. *Zhong nan da xue xue bao. Yi xue ban = Journal of Central South University. Medical sciences*, 46(10), 1114–1121.
79. Zhao, X., Wang, H. H., Yang, Y. M., & Tang, G. H. (2017). Maxillary expansion efficiency with clear aligner and its possible influencing factors. *Chinese journal of stomatology*, 52(9), 543–548.
80. Lione, R., Paoloni, V., Bartolommei, L., Gazzani, F., Meuli, S., Pavoni, C., & Cozza, P. (2021). Maxillary arch development with Invisalign system. *The Angle orthodontist*, 91(4), 433–440.
81. Morales-Burruezo, I., Gandía-Franco, J. L., Cobo, J., Vela-Hernández, A., & Bellot-Arcís, C. (2020). Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PloS one*, 15(12), e0242979.
82. Al-Balaa, M., Li, H., Ma Mohamed, A., Xia, L., Liu, W., Chen, Y., Omran, T., Li, S., & Hua, X. (2021). Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 159(3), e275–e280.

- 83.** Charalampakis, O., Iliadi, A., Ueno, H., Oliver, D. R., & Kim, K. B. (2018). Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 154(1), 47–54.
- 84.** Bilello, G., Fazio, M., Amato, E., Crivello, L., Galvano, A., & Currò, G. (2022). Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Progress in orthodontics*, 23(1), 12.
- 85.** Dai, F. F., Xu, T. M., & Shu, G. (2019). Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. *The Angle orthodontist*, 89(5), 679–687.
- 86.** Vivero Couto, L., Román Jiménez, M. (2021). Eficacia del movimiento de rotación de caninos con el sistema de alineadores Invisalign®. *SEDO*, vol 59 nº 4.
- 87.** Lombardo, L., Arreghini, A., Ramina, F., Huanca Ghislanzoni, L. T., & Siciliani, G. (2017). Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. *Progress in orthodontics*, 18(1), 35.
- 88.** Chisari, J. R., McGorray, S. P., Nair, M., & Wheeler, T. T. (2014). Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 145(4 Suppl), S82–S91.



PREDICTIBILIDAD DE LOS MOVIMIENTOS ORTODÓNCICOS CON ALINEADORES TRANSPARENTES

Introducción:

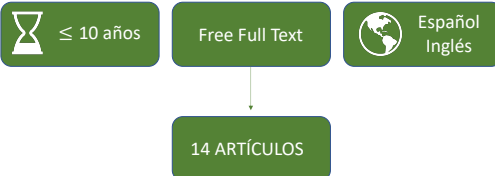
En los últimos años, un número creciente de pacientes adultos han buscado tratamiento de ortodoncia y han expresado su deseo de alternativas estéticas y cómodas a los aparatos fijos convencionales¹. Los alineadores transparentes pueden producir resultados clínicamente aceptables que podrían ser comparables a la terapia con aparatos fijos².

Material y métodos:



Pregunta PICO:

(((((Clear aligners OR (Invisible orthodontics) OR (Invisalign) AND (Tooth movement) OR (Distalization) OR (Intrusion) OR (Expansion) OR (Mesialization) OR (Rotation) AND (Predictability) OR (Accuracy)).



Objetivos:

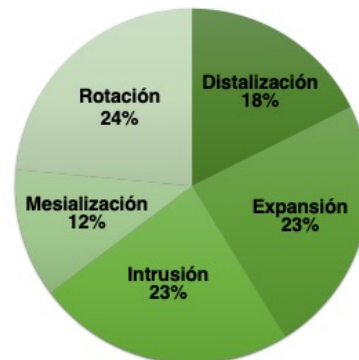
Principal: Determinar la predictibilidad de los movimiento en la terapia con alineadores transparentes mediante una revisión sistemática.

Específicos:

- Analizar si el uso de aditamentos o elementos auxiliares ayudan a mejorar la predictibilidad de los alineadores transparentes
- Clasificar los movimientos que se muestran más predecibles en el tratamiento con alineadores transparentes.

Resultados:

AUTOR	AÑO	MUESTRA	MOVIMIENTO
Dongxue Wu <i>et al.</i> ³	2021	20	Distalización
Ignacio Morales-Burruezo <i>et al.</i> ⁴	2020	114	Expansión
Giuseppa Bilello <i>et al.</i> ⁵	2022	10	Intrusión
Nada Haouili <i>et al.</i> ⁶	2020	38	Mesialización
Lara Vivero Couto <i>et al.</i> ⁷	2021	189	Rotación



Distribución artículos: movimientos ortodóncicos

Discusión:

Para obtener un mayor control sobre del movimiento que se desea realizar, la terapia con alineadores transparentes debe apoyarse en elementos auxiliares como pueden ser los ataches, elásticos de goma, técnicas de IPR, etc... como nos relatan estudios como el de Gabriele Rossini *et al.*¹

En el estudio de Mareike Simon *et al.*⁸, la distalización del primer molar superior fue el diente con un movimiento de distalización más efectivo y previsible, se logró una precisión de distalización del 87%.

El estudio de Jean-Phillippe Houle *et al.*⁹, cuyos resultados remarcaban una mayor previsibilidad del movimiento de expansión de forma global en la mandíbula, presentaba una precisión del 87,7%.

Giuseppa Bilello *et al.*⁵ en su estudio en el que evaluaban la precisión de los movimientos de ortodoncia de los alineadores transparentes, en él la intrusión se registró solo para los dientes anteriores y la previsibilidad del movimiento fue altamente predecible, la previsibilidad media fue del 92%.

Conclusiones:

1. La predictibilidad de los movimientos ortodóncicos de la terapia con alineadores transparentes se muestra favorable en los movimientos de distalización molar, expansión de ambos maxilares e intrusión de dientes del sector anterior.
2. El uso de aditamentos o elementos auxiliares, como ataches, elásticos de goma o la combinación de la terapia de alineadores transparentes con la técnica de IPR; incrementan exponencialmente la predictibilidad de los movimientos ortodóncicos y garantizan así un mayor éxito del tratamiento.
3. La clasificación de los movimientos ortodóncicos revisados con mayor predictibilidad en el tratamiento con alineadores transparente son: la intrusión de dientes del sector anterior (92%), la expansión del arco mandibular (87,7%), la distalización de molares superiores (79,75%) y la expansión del arco maxilar (70,74%). Siendo así la rotación de caninos (54,2%) y la mesialización (50,75%) los movimientos ortodóncicos con menor predictibilidad.



Bibliografía:

