



**Universidad
Andrés Bello®**

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN

Título de Monografía

**EFICACIA Y MAGNITUD DE DISTALIZACIÓN MOLAR SECUENCIAL
MEDIANTE ALINEADORES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Para optar al Título de Especialista en Ortodoncia y Ortopedia
Dentomaxilofacial.

Autores:

Dr. Daniel Arraya Valdés
Dr. Gabriel Palavecino Fernández

Docente Guía:

Dra. Carolina Vergara Santoro

Viña del Mar, Chile
2023

DEDICATORIA

A mi madre y a mi hermano por su apoyo constante, sin ellos probablemente hubiese desistido de mis sueños.

D.A.V.

DEDICATORIA

Agradezco profundamente a mi familia por su apoyo incondicional, permitiéndome llegar hasta aquí. Al Dr. Paolo Mangili, quien me introdujo al fascinante mundo de la ortodoncia y por compartir su experiencia. A Marisol, por guiarme en el ámbito de la investigación. Y a la Dra. Antonieta San Juan, por fomentar la innovación y creatividad en mis tratamientos.

G.P.F.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Jorge Godoy por su ayuda y guía en la realización de esta revisión sistemática.

ÍNDICE

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN	4
III. MARCO TEÓRICO	5
A. NOCIONES BÁSICAS DE ALINEADORES CONCEPTO	5
A.1 ALINEADORES. DEFINICIÓN.....	5
A.2. HISTORIA DE LOS ALINEADORES	6
A.3. MATERIALES DE FABRICACIÓN DE ALINEADORES.....	7
A.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE ALINEADORES TRANSPARENTES.....	8
A.5. TENDENCIAS EMERGENTES.....	10
A.6. SOFTWARES PREDICTIVOS.....	12
B. TÉCNICAS DE DISTALIZACIÓN SECUENCIAL	14
B.1. DISTALIZACIÓN SECUENCIAL CON ALIENADORES	14
B.2. EVIDENCIA Y LA DISTALIZACIÓN SECUENCIAL EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA	15
IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
V. OBJETIVOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA.....	17
VI. MATERIAL Y MÉTODO	18
1. <i>ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA</i>	18
2. <i>CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN</i>	19
3. <i>SELECCIÓN DE ESTUDIOS Y EXTRACCIÓN DE DATOS</i>	19
4. <i>COMPONENTES PICO</i>	20
5. <i>EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SESGO</i>	20
VII. RESULTADOS.....	21
1. <i>CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS</i>	21
2. <i>EVALUACIÓN DE LA DISTALIZACIÓN MOLAR</i>	22
3. <i>EFECTO DE LA INTERVENCIÓN</i>	22
4. <i>RIESGO DE SESGO</i>	22
VIII. DISCUSIÓN.....	29
1. <i>INTERPRETACIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS Y EFECTIVIDAD DE LA DISTALIZACIÓN</i>	29
3. <i>LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA INCLUIDA EN LA REVISIÓN</i>	30
4. <i>LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA DE ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN</i>	31
5. <i>LIMITACIONES DE LOS PROCESOS DE REVISIÓN UTILIZADOS</i>	31
6. <i>IMPLICANCIAS DE LOS RESULTADOS PARA LA PRÁCTICA, LAS POLÍTICAS Y LAS INVESTIGACIONES FUTURAS</i>	32
IX. CONCLUSIÓN	33
X. BIBLIOGRAFÍA.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. PROGRESIÓN DE TRATAMIENTO DE ORTODONCIA CON ALINEADORES.	5
FIGURA 2. SECUENCIA DE FABRICACIÓN Y TRABAJO DE ALINEADORES TERMOFORMADOS	7
FIGURA 3. GRÁFICO DE CURVA TENSIÓN-DEFORMACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES DE ORTODONCIA.....	9
FIGURA 4. SECUENCIA DE TRABAJO CON ALINEADORES DE IMPRESIÓN DIRECTA EN 3D.	11
FIGURA 5. DIAGRAMA DE FLUJO PRISMA.....	23
FIGURA 6. RESUMEN DEL RIESGO DE SESGO DE RESULTADOS NO ALEATORIOS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA ROBINS-1	24
FIGURA 7. RESUMEN DEL RIESGO DE SESGO DE ESTUDIOS NO ALEATORIOS UTILIZANDO LA HERRAMIENTA ROBINS-I.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	18
TABLA 2. TABLA PICO.....	26 - 28

I. RESUMEN

Introducción. Dentro de los últimos años la distalización molar ha surgido como una alternativa frecuente para el tratamiento de discrepancias sagitales leves a moderadas sin recurrir a exodoncias. La distalización con alineadores es una alternativa cada vez más popular entre los ortodoncistas por ser un movimiento secuencial, con aparentes buenos resultados. El objetivo de la presente revisión sistemática, fue establecer la efectividad y magnitud del movimiento de distalización molar secuencial mediante alineadores dentales, en base a la revisión de la literatura. **Material y método.** Se realizó una búsqueda sistemática en la literatura médica producida entre enero de 2013 y septiembre de 2023 para identificar todos los artículos en inglés revisados por pares potencialmente relevantes para el objetivo de la pregunta de investigación. Se utilizaron las bases de datos de PubMed, EBSCO y Scopus. Dos revisores (D.A.V. y G.P.F.) evaluaron la calidad de los estudios incluidos y, si se observaba una falta de coherencia, el tercer autor (C.V.S.) llegaba a una conclusión. Los estudios incluidos al ser no aleatorios, se evaluaron mediante la herramienta ROBINS-I (Riesgo de sesgo en estudios no aleatorios). **Resultados.** Se incluyeron nueve estudios, siete retrospectivos y dos prospectivos, que utilizaron diferentes sistemas de alineadores. La muestra total consistió en 217 pacientes, con edades comprendidas entre 13 y 72 años. La evaluación del riesgo de sesgo reveló deficiencias metodológicas en todos los estudios, con tres presentando riesgo serio y seis riesgo moderado. Los resultados destacaron la variabilidad en la efectividad de la distalización molar maxilar, que osciló entre un 75% y un 87%, y la magnitud de la distalización en milímetros, que varió de 2.25 mm a 3 mm. **Conclusiones.** A pesar de las limitaciones, los hallazgos sugieren que la distalización molar con alineadores puede ser una opción viable en el tratamiento de maloclusiones, enfatizando la necesidad de enfoques personalizados. Las implicaciones prácticas subrayan la importancia de considerar cuidadosamente los objetivos de tratamiento y las características clínicas individuales.

Palabras clave: Orthodontics, Aligner, Molar distalization, Invisalign.

II. INTRODUCCIÓN

Dentro de los últimos años la distalización molar ha surgido como una alternativa frecuente para el tratamiento de discrepancias sagitales leves a moderadas sin recurrir a exodoncias (1). Se han descrito diferentes alternativas para ello, como dispositivos que utilizan fuerza extraoral con arnés cervical (*head gear low pull*), occipital o de tracción alta (2), sin embargo, este aparato requiere una cantidad considerable de cooperación del paciente y es poco estético (3). Por otra parte también se han descrito dispositivos intraorales tales como el aparato intraoral de Herbst, el aparato Jasper Jumper, imanes repelentes, *pendulum*, Jig de Jones, *coil spring* y cursores con dispositivos de anclaje temporal (4). Con el advenimiento de mayores necesidades estéticas por parte de pacientes adultos, el tratamiento de ortodoncia ha tenido que ir evolucionando con mejoras tecnológicas y estéticas reduciendo la visibilidad de los aparatos. En los últimos años, los ortodoncistas han visto un aumento en los adultos que buscan atención de ortodoncia, resultando en un récord de casi 1.5 millones de pacientes adultos en los Estados Unidos y Canadá (1). Este cambio en el mercado ha resultado en tratamientos de ortodoncia que han evolucionado continuamente en respuesta a la tecnología disponible para satisfacer mayores necesidades estéticas. Esta demanda ha llevado a los fabricantes a desarrollar sistemas diseñados para atraer al paciente, con el objetivo subyacente de reducir la visibilidad de los aparatos, como lo son los sistemas de alineadores (2,4).

La distalización con alineadores cada vez es una alternativa más popular entre los ortodoncistas por ser un movimiento secuencial, un diente a la vez, con aparentes buenos resultados. Existen pocas revisiones (5,6) tanto exploratorias como sistemáticas de los últimos cinco años, que aborden de forma central la efectividad y magnitud de los protocolos de distalización molar secuencial en el maxilar superior y sobre todo en maxilar inferior. Por ello se hace necesario explorar la evidencia actual y su calidad, para la orientación clínica de dicho protocolo con alineadores. El objetivo de la presente revisión sistemática, fue establecer la efectividad y magnitud del movimiento de distalización molar secuencial mediante alineadores dentales, en base a la revisión de la literatura.

III. MARCO TEÓRICO

A. NOCIONES BÁSICAS DE ALINEADORES CONCEPTO

A.1 ALINEADORES. DEFINICIÓN

El tratamiento con alineadores, corresponde a una técnica de ortodoncia de secuenciación de movimientos dentarios con una serie de alineadores para mover los dientes de forma incremental según un plan de tratamiento desarrollado por el ortodoncista. Un "Alineador" corresponde a "protectores bucales" delgados, transparentes y flexibles de plástico o de materiales similar a este, que se ajustan perfectamente a los dientes. Cada alineador mueve los dientes una pequeña distancia hacia la posición deseada antes de pasar al siguiente de la serie, hasta lograr el resultado final planificado (Figura 1). Los pacientes son responsables de ponerse y quitarse los alineadores. El tiempo de uso de cada alineador varía según el protocolo y técnica utilizadas por el tratante, son por lo general usados todo el tiempo, día y noche, excepto a la hora de comer y lavarse los dientes (7–11).

Figura 1. Progresión de tratamiento de ortodoncia con alineadores. Imagen extraída de Nanda et al. 2021 (12).

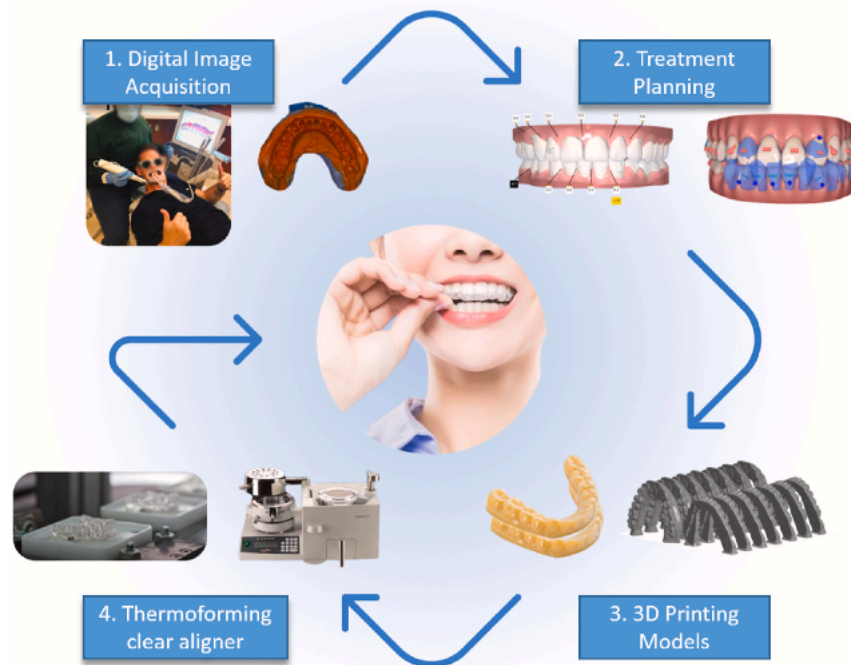


A.2. HISTORIA DE LOS ALINEADORES

Kesling (13) en 1945 introdujo el primer alineador termoplástico de caucho, confeccionado sobre un modelo *set-up* ideal como técnica para corrección de pequeñas desalineaciones a una posición mejorada, siendo un aparato flexible de una sola pieza que cubría las superficies de los dientes superiores e inferiores (14). Sin embargo, no ganó mucha popularidad debido al escepticismo y la falta de promoción en ese momento. 25 años más tarde Ponitz(15), utilizó un dispositivo similar al que denominó “retenedor invisible” realizado sobre un modelo maestro que pre-posicionaba los dientes sobre una base de cera, el cual podía producir movimientos dentarios limitados. Posteriormente otros autores publicaron métodos que requerían un proceso poco eficiente donde en cada control se requería la toma de impresiones y la generación de un *set-up* en yeso para fabricar el siguiente alineador (16,17).

En 1997 esto cambió, la compañía Align Technology G (Santa Clara, California) adaptó e incorporó la tecnología 3D para introducir una forma de ortodoncia en una secuencia progresiva con alineadores transparentes fabricados en poliuretano, que se obtienen a partir del termoformado de dicho material sobre modelos impresos en tres dimensiones (3D), similar a lo que conocemos hoy en día, convirtiendo el concepto de Kesling en una opción de tratamiento de ortodoncia factible (18). Zia Chishti y Kelsey Wirth, ambas de la Universidad de Stanford, inventaron la tecnología inicial de alineadores Invisalign®, Chishti notó que los retenedores termoplásticos que instalaba al final del tratamiento con aparatología fija convencional, también podrían realizar movimientos dentarios. De ahí que junto a Wirth diseñaron una secuenciación de movimientos dentarios cuya información iba en cada alineador. Esto junto con la tecnología CAD/CAM, permitía tanto la planificación digital como la impresión del alineador (19). Hoy en día este sistema ha sido replicado por múltiples compañías con softwares cerrados tanto para el escaneo intraoral como la impresión de alineadores, pasando incluso esta tecnología a particulares con la disponibilidad de softwares libres para la edición e impresión *in-office* de la secuenciación de movimientos dentarios en los alineadores. La secuencia de trabajo tradicional se expone en la Figura 2.

Figura 2. Secuencia de fabricación y trabajo de alineadores termoformados. Extraído de Bichu et al. 2023 (20). La adquisición de imagen es capturada por un scanner intraoral (1) el cual traduce la captura en un formato de archivo que puede ser interpretado y exportado a un software para la planificación de tratamiento (2) una vez aprobada la secuenciación de movimientos progresivos en diferentes etapas, estas etapas son impresas en modelos 3D (3) para posteriormente sobre estos realizar el termoformado del material del alineador por medio de una estampadora (4).



A.3. MATERIALES DE FABRICACIÓN DE ALINEADORES

Se ha comprobado que la composición del material utilizado en la fabricación de alineadores transparentes impacta en el rendimiento clínico de estos. Los alineadores ideales ejercen fuerzas continuas y controladas para producir los movimientos dentales deseados (21,22). Su proceso de fabricación se divide principalmente en dos categorías (20):

- Método convencional de termoformado al vacío con moldeo de material termoplástico sobre modelos físicos.

- Impresión 3D directa sin modelos físicos intermediarios.

Los polímeros termoplásticos se clasifican en polímeros amorfos y semicristalinos según su estructura molecular. Los amorfos tienden a ser más suaves, transparentes y con baja contracción, mientras que los semicristalinos son más duros y pueden ser opacos o translúcidos (8,23–25). Los polímeros más comúnmente usados en alineadores son poliéster, poliuretano, copoliéster, polipropileno, policarbonato, etilenvinilacetato y cloruro de polivinilo, entre otros (21,25,26).

Las propiedades mecánicas de los polímeros se pueden mejorar mezclando diferentes tipos de ellos. Múltiples estudios han demostrado que las mezclas de polímeros muestran propiedades mecánicas y químicas mejoradas, lo que eventualmente mejora el rendimiento clínico de los alineadores (21,27,28). Desde plásticos monofásicos hasta materiales multicapa de tercera generación, la evolución ha permitido combinar capas duras que proporcionan fuerza y durabilidad, y capas blandas para lograr deformación elástica lo que permiten un asiento suave del alineador.

A.4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE ALINEADORES TRANSPARENTES

Un material de alineador ideal debe exhibir un conjunto de características (29).

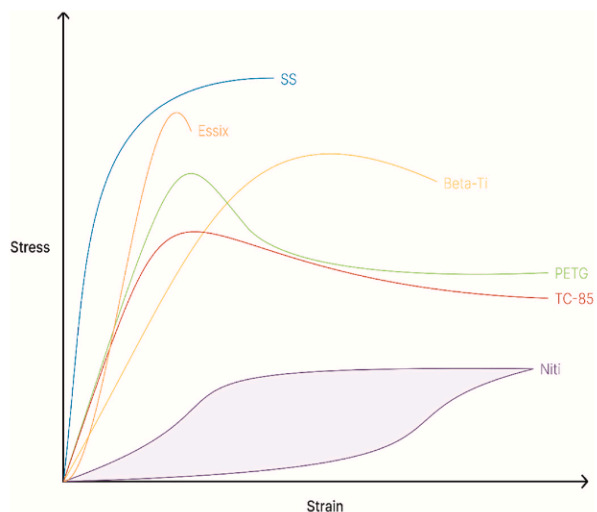
- Alta resiliencia.
- Baja dureza.
- Suficiente elasticidad.
- Resistencia adecuada a tensiones y distorsiones variadas.
- Excelente transparencia.
- Baja citotoxicidad.
- Alta biocompatibilidad.

Los materiales termoplásticos en general siguen la ley de Hooke cuando se someten a fuerzas de corta duración, lo que indica que dentro del límite elástico de la curva tensión-deformación, cuando la tensión es proporcional a la deformación, el material exhibe un comportamiento elástico con un retorno a su tamaño y forma originales

al eliminar la tensión aplicada (30). Para alineadores transparentes son deseables materiales termoplásticos con mayor límite elástico (sin ser muy rígido), mayor resistencia máxima a la tracción y mayor tenacidad.

Cuando los materiales termoplásticos se someten a fuerzas a largo plazo no siguen la ley de Hooke y. En cambio, exhiben propiedades "viscoelásticas" que muestran una relación dependiente del tiempo entre tensión y deformación (30). Los materiales de los alineadores son de naturaleza "viscoelástica", y sus propiedades constituyen el término medio entre las propiedades de los materiales puramente viscosos y puramente elásticos. La reducción de fuerza observada con los alineadores no es lineal con el tiempo, sino bastante exponencial, lo que se traduce en una caída drástica de la fuerza en las primeras horas de uso (22). Una comparación de los diferentes materiales utilizados para imprimir fuerza en ortodoncia, incluido el de alineadores es expuesto en la figura 3.

Figura 3. Gráfico de curva tensión-deformación de diferentes materiales de ortodoncia. SS, acero inoxidable. Beta-Ti, Beta titanio. Niti, Níquel titanio. Essix, material retenedor transparente. PETG, tereftalato de polietileno glicol (material alineador termoplástico). TC-85, resina fotocurable (material alineador impreso en 3D). Imagen extraída de Bichu et al. 2023 (20).

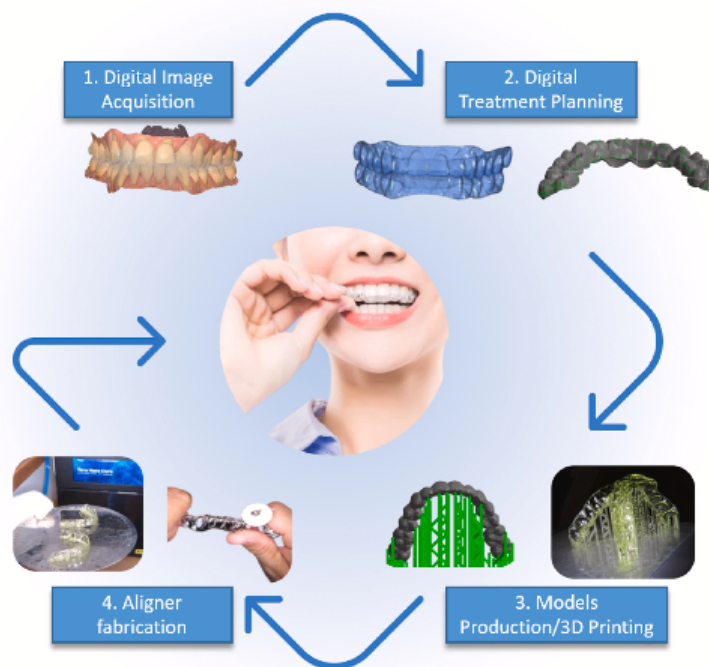


A.5. TENDENCIAS EMERGENTES

A.5.1 MATERIALES DE ALINEADORES IMPRESOS EN 3D

La impresión 3D directa puede evitar efectos adversos de los procesos de termoformado, como la alteración de las características mecánicas, dimensionales y estéticas del material (31), además de eliminar errores acumulativos resultantes de las impresiones analógicas y el flujo de trabajo termoplástico posterior (32), ofreciendo mayor exactitud y precisión geométrica, mejor ajuste, mayor eficacia y resistencia mecánica y reproducibilidad (33,34). La impresión 3D permite la producción de piezas capa por capa, en lugar de depender del mecanizado, moldeado y otros métodos sustractivos (35). A excepción de Tera Harz TC-85 (Graphy, Seúl, Corea del Sur) (36), no hay actualmente ningún otro material imprimible en 3D disponible comercialmente que cumpla con estándares de biocompatibilidad, translucidez y propiedades mecánicas adecuadas (32,37,38). La secuencia de trabajo con alineadores impresos en 3D se expone en la Figura 4.

Figura 4. Secuencia de trabajo con alineadores de impresión directa en 3D. Extraído de Bichu et al. 2023 (20). La adquisición de imagen es capturada por un scanner intraoral (1) el cual traduce la captura en un formato de archivo que puede ser interpretado y exportado a un software para la planificación de tratamiento (2) una vez aprobada la secuenciación de movimientos es impreso el alineador de manera directa (3) para posteriormente ser sometido a un post procesado que incluye recorte de soportes de la impresión, eliminación de resina residual, fotocurado y pulido (4).



A.5.2 POLÍMEROS CON MEMORIA DE FORMA

Los materiales que pueden responder adecuadamente a diversos tipos de estímulos externos como impulsos eléctricos, térmicos o magnéticos, entre otros, y generar una respuesta predecible y repetible se conocen como materiales inteligentes o materiales sensibles a estímulos (39). Estos materiales constituyen un subconjunto de materiales que pueden mostrar una alteración en su forma macroscópica tras la aplicación de un estímulo apropiado; retener esta forma temporal de manera estable y recuperar su forma original al volver a aplicar otro estímulo (40,41). Los polímeros con

memoria de forma (PMF), también conocidos como polímeros en movimiento activo, constituyen a su vez una subcategoría de materiales con memoria de forma (41,42).

El efecto de memoria de forma en los PMF se basa en la presencia de un sistema de dos dominios que posee dos temperaturas de transición vítrea diferentes; donde uno de los dos dominios es duro/elástico a temperatura ambiente y el otro es blando/dúctil (39). Al alcanzar la temperatura de transición, el material con memoria de forma deformado muestra una propiedad elástica para recuperar su forma original y esta recuperación de forma a su vez puede generar fuerzas que son capaces de producir el movimiento dental ortodóncico (43).

Los poliméricos con memoria podrían permitir la fabricación de un único alineador con cambio de forma que podría reemplazar hasta tres alineadores convencionales sucesivos (44–47).

A.6. SOFTWARES PREDICTIVOS

Actualmente, se dispone de una variedad de software de planificación para alineadores que se centran en el concepto de movimiento dental virtual. Cada empresa busca destacar ofreciendo funciones distintivas, lo que ha generado grandes diferencias entre ellos. Dhingra et al (48) llevó a cabo una comparación entre cuatro softwares: ClinCheck® Pro, Ortho Analyzer®, SureSmile®, y Ortho Insight 3D®. Concluyó que la cantidad de alineadores y accesorios difirió significativamente al implementar la misma configuración virtual en los paquetes de software. En otro estudio, Adel et al (49) comparó los paquetes de software Geomagic, Ortho Analyzer® y Compare en cuanto a su capacidad para cuantificar movimientos lineales de los dientes. Encontraron que los paquetes Compare y Geomagic mostraron consistentemente la máxima precisión al medir la cantidad de movimiento dental en el arco maxilar en comparación con el estándar de referencia. Además, el software Compare demostró mayor concordancia en el arco mandibular. Ninguno de los tres paquetes de software estudiados mostró una mala concordancia con la configuración digital en todas las mediciones del movimiento dental. Los movimientos dentales bucolinguales mostraron las mayores concordancias entre las

mediciones lineales, esto se evidencia por los resultados expresados en los coeficientes de correlación intraclase (CCI) (*Geomagic*: 0,928, *Ortho Analyzer*®: 0,676, *Compare*: 0,922).

Castroflorio et al (50) abordó los movimientos ortodóncicos menos predecibles con alineadores Invisalign®, destacando discrepancias significativas en todos los grupos de dientes, excepto por la rotación del primer molar superior. Factores como el grupo de dientes, movimiento, frecuencia de cambio de alineador y el uso de *attachments* influyeron en los resultados. Las mayores discrepancias en la posición predicha y lograda de los dientes se encontraron para los movimientos angulares y la rotación de los dientes caracterizados por coronas de forma redonda, con una proporción de aproximadamente 0.4° por 1° prescrito. Los *attachments* optimizados para caninos superiores y la rotación de los premolares inferiores parecen no funcionar correctamente. Los movimientos de los segundos molares en su mayoría no se expresan. Además, cambiar el alineador cada 14 días reducirá la falta de corrección en un 12% respecto al cambio de alineador a los 7 días.

Inchingolo et al (51) evaluó la eficacia de la expansión dentoalveolar transversal con los alineadores Nuvola® en comparación con otras empresas competidoras. Su estudio consistió en la evaluación cuantitativa de diferentes movimientos con alineadores en una cohorte de 35 pacientes, el grupo A de 10 paciente fue tratado con 12 alineadores, y el grupo B de 25 pacientes fue tratado con 24 alineadores, los datos obtenidos fueron comparados y se concluyó que los alineadores evaluados son útiles para determinar movimientos previstos en el plano transversal, especialmente relacionados con la inclinación vestibular-palatina de los dientes.

A pesar de las limitaciones actuales de softwares predictivos, podemos destacar la eficacia de los alineadores en la planificación visual de movimientos anticipados. A futuro los softwares predictivos deberían incorporar los hallazgos de investigaciones en nuevos protocolos, incorporando por ejemplo, la sobre corrección en movimientos predictivamente más difíciles.

B. TÉCNICAS DE DISTALIZACIÓN SECUENCIAL

B.1. DISTALIZACIÓN SECUENCIAL CON ALIENADORES

La distalización secuencial significa que los alineadores distalizarán un diente a la vez, en lugar de movimientos en masa. Ojima et al (52) dedujeron de la observación clínica que la distalización secuencial podría optimizar el anclaje anterior al máximo. Sujaritwanid et al (53) encontraron que la distalización secuencial era el enfoque de tratamiento más eficiente para obtener una distalización controlada de un molar, con la ventaja de aplicar fuerzas relativamente bajas con pocos efectos dentoalveolares secundarios. En cuanto a los protocolos de distalización, estos comienzan con los segundos molares superiores, y una vez que los segundos molares están a dos tercios de lo programado, los primeros molares superiores se distalizan. Luego los premolares, y así sucesivamente hasta que la retracción en masa de los cuatro incisivos complete el plan de tratamiento. Hay que notar que otros protocolos involucran una distalización al 50% (54). Además siempre los terceros molares deben de ser extraídos. El protocolo comprende el uso de *attachments* y elásticos de clase II. En él, se utilizan elásticos intermaxilares durante la retracción de premolares, caninos e incisivos. Para controlar el movimiento de distalización, se colocan *attachments* rectangulares verticales en los dientes en distalización (desde el canino hasta el segundo molar) (55,56). La razón de estos protocolos es que como lo explica Ojima et al (52) se debe a que la distalización de molares individuales proporciona patrones de desplazamiento y distribución de tensión más efectivos con niveles de fuerza reducidos. Por el contrario, la distalización en masa de dos molares da como resultado niveles de fuerza aumentados con efectos indeseables en la dirección transversal y vertical.

Aunque en estudio *in silico* de elementos finitos de Rossini et al (57) se establece que configuraciones *attachments* de caninos a segundos molares y *attachments* de caninos a primer molar, presentan una efectividad casi igual para distalizar el segundo molar superior. En una configuración de distalización secuencial, la distalización está integrada en los alineadores y son los alineadores los que mueven los dientes hacia atrás,

no los elásticos (55). A medida que los molares se distalizan con los alineadores, los molares se apoyan contra el resto del arco para su anclaje. Para evitar la pérdida de anclaje y, por tanto, la posible protrusión de los dientes anteriores, se utilizan elásticos de clase II (1/4 pulgadas, 4.5 oz).

Liu et al (58) analizaron la distalización secuencial de molares mediante tomografía axial computarizada (TAC). Estos encontraron tendencia a la recidiva mesial del segundo molar al momento de la distalización del primer molar. Este fenómeno de recidiva podría explicarse por la fuerza recíproca mesial producida por el movimiento distal del primer molar. El ratio de contribución efectiva de los primeros molares fue menor que el de los segundos molares, con un 43.63% de desplazamiento distal, un 29.85% de desplazamiento mesial de los dientes de anclaje y un 26.52% de los demás. Este resultado concuerda con las conclusiones de Saif et al (59). El ratio de contribución efectiva del primer molar aumentó y la tendencia a la recidiva de los segundos molares también disminuyó con el refuerzo del anclaje mediante microtornillos. Se infiere que con la reducción en el brazo de fuerza entre el anclaje anterior y el molar distalizado, la fuerza requerida aumenta, lo que resulta en una mayor pérdida de anclaje. Por lo tanto, se requiere una mayor protección del anclaje durante el proceso de distalización secuencial. La distalización de molares individuales proporciona los patrones de desplazamiento y distribución de tensión más efectivos con niveles de fuerza reducidos. Por el contrario, la distalización en masa de dos molares da como resultado niveles de fuerza aumentados con efectos indeseables en la dirección transversal y vertical.

B.2. EVIDENCIA Y LA DISTALIZACIÓN SECUENCIAL EN EL TRATAMIENTO DE ORTODONCIA

Actualmente estamos viviendo una evolución en ortodoncia, solo comparable con la técnica de arco recto introducida por Lawrence Andrews (60) el desarrollo de la aleación de níquel titanio introducido inicialmente por Buehler (61) que dio pie para el desarrollo posterior de arcos y dispositivos con memoria de forma y superelasticidad o el anclaje esquelético mediante TAD's (*temporary anchorage devices*) (62,63). Los alineadores han llegado para quedarse, y poco a poco ganan más espacio en relación a

las técnicas de aparatos fijos. Cada día vemos avances más frecuentes en esta técnica, lo que ha traído gran progreso, pero también incertidumbre en cuanto a su capacidad para lograr movimientos específicos, que ya se realizan con la técnica de arco recto.

Como se ha expuesto, existen nuevos materiales para la confección de alineadores que incorporan no solo propiedades viscoelásticas, sino también memoria de forma, mayor biocompatibilidad en cuanto a citotoxicidad y un módulo de young con mejores propiedades en el tiempo (46), por lo anterior probablemente no sean comparables revisiones realizadas hace más de 5 años sobre la distalización secuencial con alineadores como lo son las revisiones de Rossini et al (2015) (64) o la Galan-Lopez et al (2019) (65), que a su vez tampoco hacen alusión a los protocolos de distalización molar de los estudios incluidos, y por lo mismo, la presente revisión probablemente deba volver a replantearse en 5 años más.

IV. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la efectividad y magnitud de la distalización con alineadores en molares superiores y/o inferiores de pacientes adultos y niños?

V. OBJETIVOS DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

- Determinar la efectividad de la distalización molar mediante el uso de alineadores en pacientes con dentición definitiva en la literatura científica.
- Determinar la magnitud en milímetros de la distalización molar mediante el uso de alineadores en pacientes con dentición definitiva en la literatura científica.

VI. MATERIAL Y MÉTODO

El objetivo de la presente revisión fue establecer la efectividad de los alineadores en la literatura en el movimiento de distalización molar y de ser así, en qué magnitud. Esta revisión sistemática se estructuró de acuerdo con el Manual Cochrane para revisiones sistemáticas de intervenciones, versión 5.1.0 (66) y la declaración PRISMA 2020 (67).

1. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

El 6 de septiembre de 2023 se realizó una búsqueda sistemática en la literatura médica producida entre enero de 2013 y septiembre de 2023 para identificar todos los artículos en inglés revisados por pares potencialmente relevantes para el objetivo de la pregunta de investigación. Para exportar listas de artículos potenciales para incluir en la revisión, la estrategia de búsqueda se detalla en la Tabla 1, se utilizaron las bases de datos de PubMed (385 artículos) , EBSCO (86 artículos) y Scopus (388 artículos).

Tabla 1. Estrategia de Búsqueda

Base de Datos	Estrategia de Búsqueda
PubMed, Scopus, EBSCO	(((((aligner) OR aligners) OR "thermoformed splints") OR "invisible orthodontics") OR Invisalign) AND "molar distalization" or "sequential distalization"

2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIOS DE INCLUSIÓN:

- Diseño de estudio: Se incluyeron estudios originales prospectivos y retrospectivos en sujetos humanos, que incluyeron descripciones claras de los materiales y técnica aplicada y estudios con análisis estadístico adecuado.
- Pacientes con dentición permanente.
- Participantes: Pacientes tratados con alineadores.
- Intervenciones: Tratamiento de ortodoncia con alineadores donde se realice distalización molar superior y/o inferior.
- Medición de resultados: efectividad de distalización molar y/o distalización molar en milímetros.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Se excluyeron aquellos estudios en pacientes con síndrome genético, facial grave, y malformaciones.
- Estudios con técnicas quirúrgicas de ortodoncia, reportes de casos, reseñas, resúmenes, debates de autor, artículos resumidos y estudios con menos de 5 pacientes.
- Estudios en animales.
- Estudios realizados con ayuda de TAD's (*temporary anchorage devices*).

3. SELECCIÓN DE ESTUDIOS Y EXTRACCIÓN DE DATOS

Dos revisores (D.A.V. y G.P.F.) llevaron a cabo de forma independiente el protocolo de selección de estudios según los criterios de elegibilidad y una tercera revisora (C.V.S) resolvió los desacuerdos, si los hubiera. Fueron exportados de las bases de datos 859 artículos, se eliminaron 125 artículos duplicados, luego se realizó una selección inicial de título y resumen donde se eliminaron 694 artículos por ser irrelevantes

al tema de interés. 40 estudios fueron identificados, de los cuales solo 36 fueron recuperados y evaluados a texto completo aplicando los criterios de inclusión y exclusión, finalmente fueron incluidos en la revisión 9 artículos (ver figura 5).

Los datos extraídos de cada estudio fueron detalles generales del estudio (nombre del autor, año de publicación), diseño del estudio, grupos y tamaño de la muestra, edad media de los pacientes tratados, intervención (con o sin archivos adjuntos), duración y tiempo del tratamiento y resultados evaluados.

4. COMPONENTES PICO

Los criterios PICO se construyeron como se indica en el texto: 1. Participantes: Pacientes en dentición permanente tratados con alineadores. 2. Intervención: Distalización molar con alineadores. 3. Comparaciones: Distalización molar lograda con alineadores, ningún tipo de distalización y/o la distalización molar planificada. 4. Resultado: Distalización molar en milímetros y porcentaje de efectividad (logrado sobre el planificado).

5. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SESGO

Dos revisores (D.A.V. y G.P.F.) evaluaron la calidad de los estudios incluidos y, si se observaba una falta de coherencia, el tercer autor llegaba a una conclusión (C.V.S). Los estudios incluidos al ser no aleatorios, se evaluaron mediante la herramienta ROBINS-I (Riesgo de sesgo en estudios no aleatorios)(68) siguiendo la recomendación pertinente del Manual Cochrane para Revisiones Sistemáticas (66). El riesgo de sesgo de cada estudio fue desglosado en los 7 dominios (D): D1: Sesgo por confusión, D2: Sesgo por selección de participantes, D3: Sesgo en la clasificación de las intervenciones, D4: Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas, D5: Sesgo por falta de datos, D6: Sesgo en la medición de resultados y D7: Sesgo en la selección de resultado informado. El riesgo general de sesgo de cada estudio se clasificó como bajo, moderado y serio.

VII. RESULTADOS

Se identificaron nueve publicaciones relevantes: siete estudios fueron retrospectivos no aleatorizados y dos estudios fueron prospectivos no aleatorizados. El proceso de selección de artículos se ilustra en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 5). El tamaño de la muestra en los estudios individuales osciló entre los 7 y 49 pacientes, con un total de 217 pacientes evaluados en todos los estudios seleccionados. La edad al inicio del tratamiento con alineadores en las muestras evaluadas osciló entre 13 y 72 años. Respecto al resumen de las características de los estudios incluidos se resume en la Tabla 2.

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS SELECCIONADOS

Respecto al origen de los estudios seleccionados, tres fueron realizados en Italia (54,56,69), tres en China (3,59,70), uno en Taiwán (71), uno en Alemania (72) y uno en Canadá e Italia (55).

En relación a grupos de estudios, los artículos seleccionados provienen en diferentes grupos de autores y diferentes universidades. 8 de los 9 artículos fueron realizados a través de departamentos de ortodoncia o bien circunscritos a comité de ética de alguna universidad (3,54,56,59,69–72) solo un estudio (55) no mencionan afiliación a universidad y la selección de pacientes provienen de su práctica privada.

En siete estudios utilizaron para la mecánica de distalización el sistema de alineadores Invisalign® (3,54,55,59,69,71,72), uno con Ordoline® Aligners (UAB Ordoline, Vilnius, Lithuania) (56) y uno no lo declara (70).

El protocolo de distalización secuencial de 50% fue aplicado en tres estudios (54,56,69), en un estudio se realizó el protocolo de distalización secuencial a dos tercios

(55), y el resto de los estudios no informaron un protocolo en particular de distalización (3,54,70–72).

2. EVALUACIÓN DE LA DISTALIZACIÓN MOLAR

La evaluación de la distalización molar fue evaluada mediante dos métodos:

1. Evaluación de efectividad comparando el porcentaje relativo de la distalización molar simulada y la lograda efectivamente por los pacientes (56,70–72)
2. Distalización molar lograda en milímetros (3,54,55,59,69).

3. EFECTO DE LA INTERVENCIÓN

La efectividad de la distalización molar maxilar osciló de un 75% hasta un 87% (56,70,72), solo un estudio informó una efectividad bajo el 50% (31-41%) (71). Respecto a la distalización en milímetros, la distalización molar maxilar osciló entre los 2.25 mm hasta los 3 mm (3,54,55,59). Finalmente respecto a la distalización molar mandibular, solo un estudio (69) informó una distalización promedio de 2.47 mm.

4. RIESGO DE SESGO

Se encontraron deficiencias metodológicas en todos los estudios. Según la herramienta ROBINS-I, tres estudios no aleatorios mostraron un riesgo de sesgo grave (54,69,70) y un riesgo de sesgo moderado en los restantes seis estudios (3,55,56,59,71,72). Los detalles de la evaluación del riesgo de sesgo se muestran en la Figura 6 y Figura 7.

Figura 5. Diagrama de Flujo PRISMA

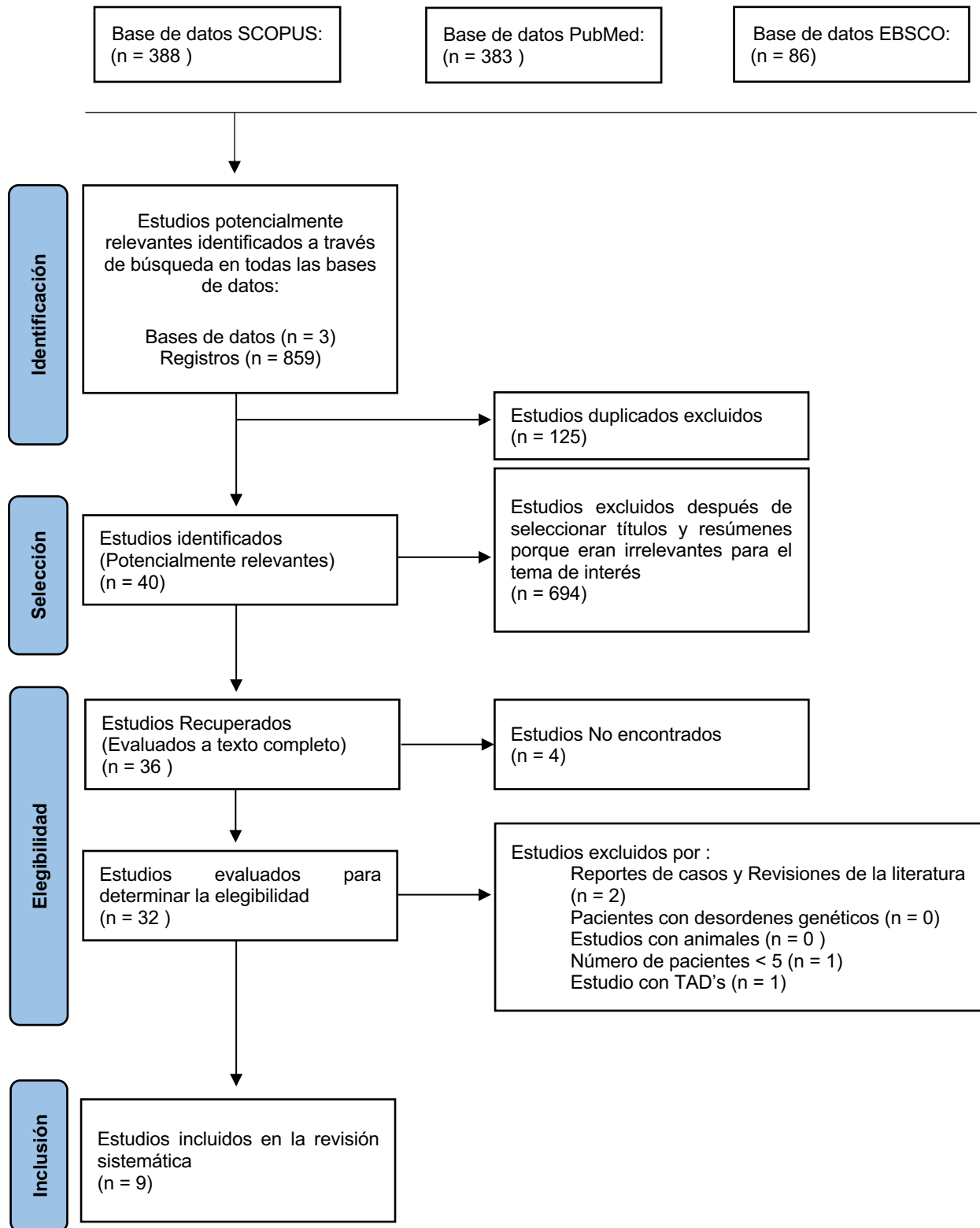


Figura 6. Resumen del riesgo de sesgo de resultados no aleatorios utilizando la herramienta ROBINS-1* (68)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	General
Ravera, S. 2016	-	X	-	X	+	+	+	-
Simon, M. 2014	X	X	+	-	+	-	+	-
Lin, S. 2023	-	-	+	-	+	-	+	-
Barakat, A-T. 2023	X	-	+	-	+	-	-	-
Rota, E. 2022	X	X	-	-	+	X	-	X
Cui, J.Y. 2022	X	X	-	-	+	X	-	X
D'Antò, V. 2023	X	X	-	-	-	-	+	-
Loberto, S. 2023	X	X	-	-	+	X	-	X
Saif, BS. 2022	-	X	X	-	+	+	-	-

Dominios:

D1: Sesgo por confusión

D2: Sesgo por selección de participantes

D3: Sesgo en la clasificación de las intervenciones

D4: Sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas

D5: Sesgo por falta de datos

D6: Sesgo en la medición de resultados

D7: Sesgo en la selección de resultado informado

General: Riesgo de sesgo general

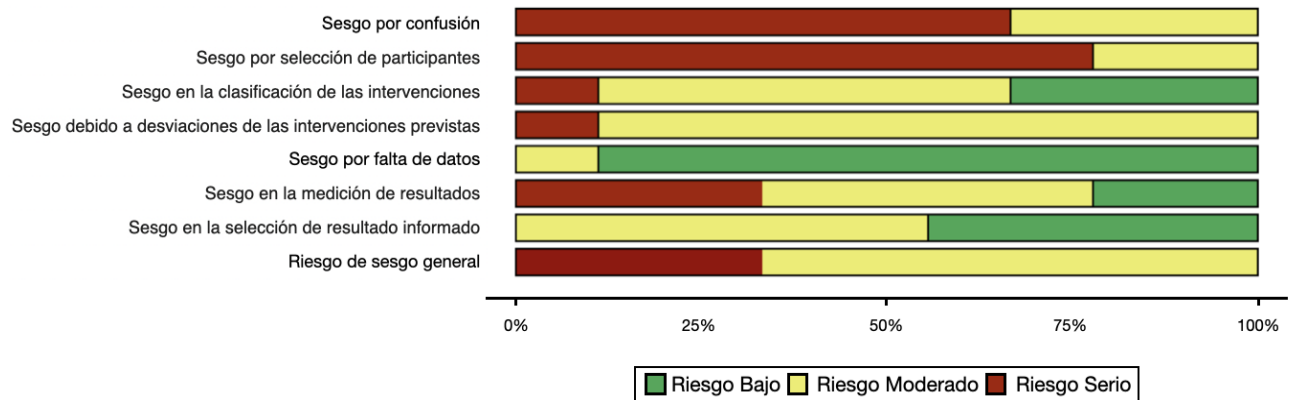
Juicio:

X Serio

- Moderado

+ Bajo

Figura 7. Resumen del riesgo de sesgo de estudios no aleatorios utilizando la herramienta ROBINS-I*



*Formato de figura basado en el estudio presentado por Ali-Baeshen et al (73). Cinco de los nueve estudios seleccionados mostraron un riesgo de sesgo en el dominio D1 y D2. En estos estudios no queda claro que para D1 no exista otro factor o variable (edad, características del proceso dentoalveolar, longitud radicular, entre otros) que tenga influencia previa en la magnitud de la distalización molar y así también los participantes fueron seleccionados probablemente por conveniencia, lo cual incide en el D2.

Tabla 2. Tabla PICO

Autor, Año	Diseño de estudio	Población	Intervención	Comparación	Resultados	
					Efectividad (porcentaje)	Distalización (En milímetros)
Cui et al. 2022 (70)	Retrospectivo	n=18 pacientes. Edad promedio 27.8 ± 5.38; en un rango de los 18 a 38 años	Medición cuantitativa cefalométrica en CBCT	Pre (T0) y Post (T1) tratamiento con alineadores	Movimiento de traslación sin <i>tipping</i> significativo en primer y segundo molar maxilar. Efectividad de 83.44 % para el primer molar, y 85.14 % para el segundo molar p<0.005	
Loberio et al. 2022 (54)	Retrospectivo	n=49 pacientes. 27 mujeres y 22 hombres. Edad promedio 14.9 ± 6 años	Medición cuantitativa en escaneos intraorales (Archivos STL) y Modelo predictivo Clincheck®	Pre tratamiento (T1) al finalizar la distalización de los primeros molares maxilares (T2) con alineadores Invisalign®		Fue lograda una distalización estadísticamente significativa de los primeros molares maxilares de 2.5 mm con una pérdida de anclaje leve no significativa p≤0.0008
Rota et al. 2022 (69)	Retrospectivo	n=16 pacientes. 8 hombres y 8 mujeres. Edad promedio 25.6 años	Medición cuantitativa en cefalogramas	Pre tratamiento (T0) y al término de este (T1) con alineadores Invisalign®		El segundo molar mandibular se distalizó 2.47 mm, pero hubo <i>tipping</i> significativo (p=0.027); el mismo resultado fue encontrado en el primer molar mandibular, con movimiento distal de 1.16 mm y <i>tipping</i> significativo (p=0.003)
Ravera et al. 2016 (55)	Retrospectivo	n=20 pacientes sin crecimiento. Edad promedio 29.73 ± 6.89 años	Medición cuantitativa en cefalogramas	Pre (T1) y Post (T2) tratamiento con alineadores Invisalign®		Distalización del primer molar maxilar 2.25 mm sin <i>tipping</i> (p=0.27) y Distalización del segundo molar maxilar 2.52 mm sin <i>tipping</i> (p=0.056)
Simon et al. 2014 (72)	Retrospectivo	n=30 pacientes. 11 hombres y 19 mujeres, entre 13 y 72 años. Edad promedio 32.9 ± 16.3 años	Medición cuantitativa de modelo digitalizado	Pre y Post Tratamiento con alineadores Invisalign®, este último comparado con la predicción entregada por Clincheck®	Con <i>attachment</i> una efectividad promedio de 88.4 % p=0.38 . Sin <i>attachment</i> una efectividad promedio de 86.9% p=0.46	Con <i>attachment</i> la distalización molar maxilar promedio fue de 2.7 mm y sin <i>attachment</i> 2.6 mm promedio. No informa p valores

Autor, Año	Diseño de estudio	Población	Intervención	Comparación	Resultados	
					Efectividad (porcentaje)	Distalización (En milímetros)
Barakat et al. 2023 (3)	Retrospectivo	n=23 CBCT tridimensionales de pacientes que no estaban en crecimiento. 7 hombres y 16 mujeres. Edad promedio 29.8 ± 4.6 años	Medición cuantitativa en CBCT	Pre (T0) y Post (T1) tratamiento con alineadores Invisalign®		Distalización molar maxilar promedio fue de 2.54 mm y 2.18 mm para el primer y segundo molar maxilar respectivamente $p \leq 0.03$
Lin et al. 2023 (71)	Retrospectivo	n=7 CBCT tridimensionales de pacientes que no estaban en crecimiento	Medición cuantitativa en CBCT	Pre (T1) y Post (T2) tratamiento con alineadores Invisalign® este último comparado con la predicción entregada por Clincheck®	Efectividad de distalización de un 46.7%, que fue significativamente menor que la planificación virtual $p < 0.05$	Distalización simulada del primer molar maxilar de más de 1 mm $p < 0.05$

Autor, Año	Diseño de estudio	Población	Intervención	Comparación	Resultados	
					Efectividad (porcentaje)	Distalización (En milímetros)
D'Antò et al. 2023	Prospectivo	n=16 pacientes. 4 Hombres y 12 Mujeres. Edad promedio 25.7 ± 8.8 años	Medición cuantitativa en escaneos intraorales (Archivos STL) y Modelo predictivo	Pre (T0), Post (T2) tratamiento y el final del primer set de alineadores planificados virtualmente (T1) con alineadores Ordoline® Aligner. En el software Geomagic Control X®	El desplazamiento distal de las cúspides bucales tuvo una efectividad general del 69% para el primer molar y del 75% para el segundo molar. p>0.05 entre los grupos del primer y segundo molar maxilar	
Saif et al. 2022	Prospectivo	n=38 pacientes. 4 hombres y 34 mujeres. Edad promedio 25.4 años	Medición cuantitativa en escaneos intraorales (Archivos STL) y Modelo predictivo Clincheck®	Modelo predictivo de Clinchek® y al finalizar la distalización de los primeros y segundos molares maxilares con alineadores Invisalign®		El primer molar maxilar logró una distalización promedio de 1.81 mm ± 0.84 p=0.0001; el segundo molar maxilar logró una distalización promedio de 1.85 ± 0.88 p=0.0001

VIII. DISCUSIÓN

1. INTERPRETACIÓN GENERAL DE LOS RESULTADOS Y EFECTIVIDAD DE LA DISTALIZACIÓN

Los resultados de la revisión sistemática expresan que la distalización molar principalmente de molares maxilares, utilizando sistemas como Invisalign® (72) y Ordoline® (56), muestra una variabilidad en la efectividad, con tasas que oscilan entre el 87% y 75% respectivamente. Estos resultados sugieren que, en general, la distalización molar con alineadores es posible y, en la mayoría de los casos, exitosa. Por otra parte, resultados contrapuestos se encontraron en el estudio de Lin et al (2023) (71), quien reporta solo un 40.1% de efectividad, pero en una muestra bastante reducida (menor a 10 pacientes). Sin embargo, es crucial destacar que esta efectividad puede depender de varios factores, como el protocolo de tratamiento específico y las características clínicas de los pacientes. Prueba de ello, es que en el estudio que muestra la mayor efectividad Simon et al (2014) (72) presenta gran variabilidad en la edad de su muestra. Estos resultados van en la misma línea de trabajos anteriores como en la revisión sistemática de Rossini et al (2015) (18), quien concluye una efectividad del 88% en la distalización molar.

Al contextualizar estos resultados con otras pruebas disponibles en la literatura, es importante señalar que la mayoría de los estudios incluidos en esta revisión son retrospectivos y no aleatorizados. Esto puede limitar la fuerza de la evidencia, ya que la falta de aleatorización puede introducir sesgos y afectar la validez interna de los estudios (66). Además, la variabilidad en los protocolos de tratamiento y las poblaciones de estudio entre los estudios revisados también puede influir en la generalización de los resultados. En los estudios incluidos no se incorporó algún grupo de control o donde se haya comparado con otra forma de distalización molar, solo se abocan a la comparación pre y post intervención de distalización con alineadores, dos de ellos basándose en estudios en TCCB (3,71).

Respecto a los protocolos de distalización secuencial en siete estudios se incorporó el uso de *attachment's* (3,54–56,59,69,72), elementos que se han descrito como ayuda para un movimiento más predecible (74) y en seis (3,54–56,69,71) se reportó el uso de elásticos intermaxilares, elemento que se ha descrito para evitar la proinclinación incontrolada de los dientes anteriores y reforzar el anclaje (75). Simon et al (2014) (72) indica que ninguno de los pacientes incluidos en su investigación usó elásticos intermaxilares, sin embargo no se cuantificó la pérdida de anclaje. Por otra parte es importante notar que Saif et al (2022) (59), tampoco incorporó el uso de elásticos intermaxilares en su protocolo, concluyendo que se manifestó pérdida de anclaje, siendo los más afectados el grupo incisivo con un movimiento de pronclinación incontrolada, lo cual está en concordancia con lo anteriormente expuesto.

2. MAGNITUD DE LA DISTALIZACIÓN

Esta revisión sistemática muestra que la distalización de molares utilizando alineadores, con un enfoque cuantitativo en milímetros, presenta resultados variables en cuanto a la magnitud del movimiento. Los estudios incluidos revelaron una distalización molar maxilar que osciló entre 2.25 mm y 3 mm (3,54,55,59,69,71,72). Este rango de resultados destaca la posibilidad de lograr movimientos significativos con alineadores en el tratamiento de maloclusiones, en lo particular el tratamiento de maloclusiones clase II donde se requiere solucionar discrepancias dentomaxilares leves (1,71).

Si bien en los estudios incluidos se presentaron diferentes protocolos de distalización, los resultados son más bien similares. Aquellos estudios que utilizaron el protocolo de distalización secuencial al 50% (54,69) obtuvieron una distalización de 2.47 a 2.5 mm, versus la distalización a dos tercios (55) que obtuvo una distalización de 2.25 mm. Esto concuerda con revisiones sistemáticas previas (5,18).

3. LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA INCLUIDA EN LA REVISIÓN

En el contexto de la distalización en milímetros, las limitaciones de los estudios revisados incluyen la falta de estandarización en los protocolos de medición, evidenciando un moderado riesgo de sesgo (54–56,69,70), exceptuando en el estudio de

Saif BS et al (2022) (59) donde exhibe un serio riesgo de sesgo. Así también la heterogeneidad en los métodos de medición puede influir en la comparabilidad de los resultados entre los estudios, destacan métodos como la medición en cefalogramas, modelos digitalizados a partir de modelos de yeso, imágenes importadas a través CTCB y medición cuantitativa de escaneos intraorales donde se compararon modelos 3D en predictivos y logrados.

Otra limitación es que la mayoría de los estudios se centraron en la distalización molar maxilar, y la información sobre la distalización molar mandibular fue limitada (69). Esto deja preguntas abiertas sobre la efectividad y las consideraciones específicas para la mandíbula en el uso de alineadores para la distalización. Esto probablemente se deba a que la distalización molar maxilar como alternativa terapéutica, es más frecuentemente usada como mecanismo de compensación sagital de pacientes clase II.

4. LIMITACIONES DE LA EVIDENCIA DE ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN

Una limitación clave de la evidencia es la predominancia de estudios retrospectivos no aleatorizados. Estos diseños de estudio tienen un mayor riesgo de sesgo y pueden no proporcionar un nivel de evidencia tan robusto como los ensayos clínicos aleatorizados (66,68). Además, la variabilidad en los protocolos de tratamiento y la falta de estandarización en las mediciones de resultados podrían introducir sesgos y dificultar la comparación directa entre los estudios.

Otra limitación notable es la diversidad en las poblaciones de estudio, lo que podría afectar la aplicabilidad de los resultados a diferentes grupos de pacientes. La edad variada de los participantes y la falta de información detallada sobre las características clínicas iniciales podrían influir en la interpretación de la efectividad de la distalización molar en contextos específicos.

5. LIMITACIONES DE LOS PROCESOS DE REVISIÓN UTILIZADOS

La revisión utilizó la herramienta ROBINS-I (68) para evaluar el riesgo de sesgo en estudios no aleatorizados. Aunque esta herramienta es ampliamente aceptada, la

subjetividad inherente en la evaluación del riesgo de sesgo podría introducir sesgos en la síntesis de la evidencia. La discrepancia en la clasificación del riesgo de sesgo entre estudios podría ser un desafío, incluso con la intervención de un tercer revisor.

Además, la búsqueda y selección de estudios podrían haber estado sujetas a sesgos de selección, y la inclusión exclusiva de estudios en inglés puede haber llevado a la omisión de estudios relevantes en otros idiomas.

6. IMPLICANCIAS DE LOS RESULTADOS PARA LA PRÁCTICA, LAS POLÍTICAS Y LAS INVESTIGACIONES FUTURAS

Los resultados sugieren que la distalización molar con alineadores puede ser una opción viable en el tratamiento ortodóncico. Sin embargo, dada la variabilidad en la efectividad y las limitaciones de la evidencia, se necesita precaución al aplicar estos resultados en la práctica clínica. La elección de este enfoque debería considerar cuidadosamente las características del paciente y seguir protocolos específicos para mejorar la predictibilidad del tratamiento. Hasta el momento la presente revisión no aporta evidencia concluyente entre diferencias de protocolos de distalización.

Desde una perspectiva de política de salud, la evidencia actual podría respaldar la inclusión de la distalización molar con alineadores como una opción dentro de las opciones de tratamiento ortodóncico. No obstante, se necesitan más investigaciones, especialmente ensayos clínicos aleatorizados y controlados, para fortalecer la base de evidencia y permitir recomendaciones más sólidas.

En términos de investigaciones futuras, se podría enfocar en estandarizar los protocolos de tratamiento, realizar estudios prospectivos con grupos de control adecuados y evaluar de manera más exhaustiva los resultados a largo plazo. Además, la investigación podría explorar factores específicos que influyen en la efectividad de la distalización molar con alineadores, como la edad del paciente, la severidad de la maloclusión y la cooperación del paciente. Así también se sugiere establecer investigaciones que se evoquen en el estudio de la distalización molar mandibular.

IX. CONCLUSIÓN

La presente revisión sistemática proporciona una visión exhaustiva de la distalización molar utilizando alineadores, centrándose en la evaluación cuantitativa del movimiento en milímetros y su efectividad. Los resultados obtenidos a partir de los estudios incluidos revelan que la distalización molar secuencial en dentición permanente es efectiva, esta oscila en entre un 75% hasta 87%. La magnitud de dicha distalización presenta una variabilidad entre 2.25 mm y 3 mm.

La variabilidad encontrada subraya la necesidad de considerar enfoques personalizados al planificar el tratamiento con alineadores para la distalización molar; y más importante aún dichos resultados deben ser valorados considerando el riesgo de sesgo moderado a serio presente en la evidencia y la baja calidad metodológica de los estudios incluidos.

A pesar de las limitaciones identificadas en la evidencia, como la falta de estandarización en los métodos de medición y la concentración predominante en la distalización molar maxilar, los resultados sugieren que la distalización molar secuencial con alineadores puede ser una opción viable en el tratamiento de maloclusiones.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Soheilifar S, Mohebi S, Ameli N. Maxillary molar distalization using conventional versus skeletal anchorage devices: A systematic review and meta-analysis. *Int Orthod*. 2019 Sep 1;17(3):415–24.
2. Feizbakhsh M, Kadkhodaei M, Zandian D, Hosseinpour Z. Stress distribution in maxillary first molar periodontium using straight pull headgear with vertical and horizontal tubes: A finite element analysis. *Dent Res J (Isfahan) [Internet]*. 2017 Mar 1 [cited 2023 Nov 23];14(2):117. Available from: [/pmc/articles/PMC5443006/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27443006/)
3. Al-Tayar B, Al-Somairi MAA, Alshoaibi LH, Wang X, Wang J, Liu J, et al. Impact of molar teeth distalization by clear aligners on temporomandibular joint: a three-dimensional study. *Prog Orthod [Internet]*. 2023 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];24(1).
4. Abdelhady NA, Tawfik MA, Hammad SM. Maxillary molar distalization in treatment of angle class II malocclusion growing patients: Uncontrolled clinical trial. *Int Orthod*. 2020 Mar 1;18(1):96–104.
5. Verma P, George AM. Efficacy of clear aligners in producing molar distalization: Systematic review. *APOS Trends in Orthodontics [Internet]*. 2022 Jan 12;11:317. Available from: <https://apospublishations.com/efficacy-of-clear-aligners-in-producing-molar-distalization-systematic-review/>
6. Inchingolo AM, Patano A, Malcangi G, Azzollini D, Laudadio C, Ciocia AM, et al. Mandibular Molar Distalization in Class III Malocclusion: A Systematic Review. *Applied Sciences*. 2023 Aug 17;13(16):9337.
7. Kerstein RB. Handbook of research on computerized occlusal analysis technology applications in dental medicine. *Handbook of Research on Computerized Occlusal Analysis Technology Applications in Dental Medicine*. 2014 Oct 31;1–2:1–1039.
8. Chalmers JM, Meier RJ. Molecular characterization and analysis of polymers. 2008 Oct 24;329–35.
9. Mampieri G, Condò R, Di Caccamo G, Pirelli P, Giancotti A. Clear Aligner Treatments in Orthopedic Patients. *Case Rep Dent [Internet]*. 2022 [cited 2023 Nov 23];2022. Available from: [/pmc/articles/PMC8860530/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36860530/)
10. Clear aligners - British Orthodontic Society [Internet]. [cited 2023 Nov 23]. Available from: <https://www.bos.org.uk/clear-aligners/>
11. Clear Aligner Therapy: A Modern Approach to Straightening Teeth | American Association of Orthodontists [Internet]. [cited 2023 Nov 25]. Available from: <https://aaoinfo.org/whats-trending/orthodontic-treatment-with-clear-aligners/>
12. Nanda R, Castroflorio T, Garino F, Ojima K. Principles and Biomechanics of Aligner Treatment. In: 1st Edition. Elsevier Health Sciences; 2021, 8:88.
13. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg [Internet]*. 1946 [cited 2023 Nov 23];32(5):285–93. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21027613/>

14. Shetty S, Shaikh N. Clear aligner therapy – A review. *Journal of Dental Specialities* [Internet]. 2021 Dec 28 [cited 2023 Nov 23];9(2):46–52. Available from: https://www.researchgate.net/publication/357180845_Clear_aligner_therapy_-_A_review
15. Ponitz RJ. Invisible retainers. *Am J Orthod* [Internet]. 1971 [cited 2023 Nov 23];59(3):266–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5276727/>
16. McNamara JA, Kramer KL, Juenker JP. *J Clin Orthod*. . 1985 [cited 2023 Nov 23]. p. 570–9 Invisible retainers. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3862671/>
17. Lindauer SJ, Shoff RC. *J Clin Orthod*. 1998 [cited 2023 Nov 23]. p. 95–7 Comparison of Essix and Hawley retainers. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9709631/>
18. Rossini G, Parrini S, Castorflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod* [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2023 Nov 23];85(5):881–9.
19. Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res* [Internet]. 2017 Aug 1 [cited 2023 Nov 23];20(3):127–33. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28547915/>
20. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater* [Internet]. 2023;22:384–403. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85140756310&doi=10.1016%2fj.bioactmat.2022.10.006&partnerID=40&md5=9aa151bffa6347335afb61dc30a08726>
21. Zhang N, Bai Y, Ding X, Zhang Y. Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dent Mater J*. 2011;30(6):954–9.
22. Lombardo L, Martines E, Mazzanti V, Arreghini A, Mollica F, Siciliani G. Stress relaxation properties of four orthodontic aligner materials: A 24-hour in vitro study. *Angle Orthodontist*. 2017 Jan 1;87(1):11–8.
23. Khorsandi D, Fahimipour A, Abasian P, Saber SS, Seyedi M, Ghanavati S, et al. 3D and 4D printing in dentistry and maxillofacial surgery: Printing techniques, materials, and applications. *Acta Biomater*. 2021 Mar 1;122:26–49.
24. Macrì M, Murmura G, Varvara G, Traini T, Festa F. Clinical Performances and Biological Features of Clear Aligners Materials in Orthodontics. *Front Mater*. 2022 Feb 11;9:819121.
25. Condò R, Mampieri G, Giancotti A, Cerroni L, Pasquantonio G, Divizia A, et al. SEM characterization and ageing analysis on two generation of invisible aligners. *BMC Oral Health* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2023 Nov 25];21(1):1–11. Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-021-01676-z>
26. Hartshorne J, Wertheimer MB. Emerging insights and new developments in clear aligner therapy: A review of the literature. *AJO-DO Clinical Companion* [Internet].

- 2022 Aug [cited 2023 Nov 23];2(4):311–24. Available from: https://www.researchgate.net/publication/360756924_Emerging_insights_and_new_developments_in_clear_aligner_therapy_A_review_of_the_literature
27. F. J. Medellín-Rodríguez, P. J. Phillips, J. S. Lin, C. A. Avila-Orta. J. Polym. Sci., Part B: Polym. Phys. 1998 [cited 2023 Nov 23]. p. 763–81 Triple melting behavior of poly(ethylene terephthalate co-1,4-cyclohexylene dimethylene terephthalate) random copolyesters - Medellín-Rodríguez - 1998 - Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics - Wiley Online Library. M
 28. Seeger P, Ratfisch R, Moneke M, Burkhart T. Addition of thermo-plastic polyurethane (TPU) to poly(methyl methacrylate) (PMMA) to improve its impact strength and to change its scratch behavior. *Wear*. 2018 Jul 15;406–407:68–74.
 29. Ma YS ong, Fang DY u., Zhang N, Ding XJ ia, Zhang KY a., Bai YX ing. Mechanical Properties of Orthodontic Thermoplastics PETG/ PC2858 after Blending. *Chin. j. dent. res.* [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2023 Nov 23];19(1):43–8.
 30. Gold BP, Siva S, Duraisamy S, Idaayath A, Kannan R. Properties of Orthodontic Clear Aligner Materials - A Review. *J Evol Med Dent Sci*. 2021 Sep 13;10(37):3288–94.
 31. Ryu JH, Kwon JS, Jiang HB, Cha JY, Kim KM. Effects of thermoforming on the physical and mechanical properties of thermoplastic materials for transparent orthodontic aligners. *Korean J Orthod* [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2023 Nov 23];48(5):316–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30206530/>
 32. Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3D printed clear dental aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 2019 Nov 1 [cited 2023 Nov 23];156(5):694–701. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31677678/>
 33. Tartaglia GM, Mapelli A, Maspero C, Santaniello T, Serafin M, Farronato M, et al. Direct 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Current State and Future Possibilities. *Materials* [Internet]. 2021 Apr 1 [cited 2023 Nov 23];14(7).
 34. Maspero C, Tartaglia GM. 3D Printing of Clear Orthodontic Aligners: Where We Are and Where We Are Going. *Materials* [Internet]. 2020 Nov 2 [cited 2023 Nov 23];13(22):1–4. Available from: [/pmc/articles/PMC7698787/](https://pmc/articles/PMC7698787/)
 35. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J* [Internet]. 2015 Dec 11 [cited 2023 Nov 23];219(11):521–9.
 36. Lee SY, Kim H, Kim HJ, Chung CJ, Choi YJ, Kim SJ, et al. Thermo-mechanical properties of 3D printed photocurable shape memory resin for clear aligners. *Scientific Reports* 2022 12:1 [Internet]. 2022 Apr 15 [cited 2023 Nov 23];12(1):1–10. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09831-4>
 37. Bayirli B, Kim-Berman H, Puntillo A. Embracing Novel Technologies in Dentistry and Orthodontics. 2020 Feb 26 [cited 2023 Nov 23];56:7–21.

38. Edelmann A, English JD, Chen SJ, Kasper FK. Analysis of the thickness of 3-dimensional-printed orthodontic aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2023 Nov 23];158(5):e91–8.
39. Behl M, Lendlein A. Shape-memory polymers. *Materials Today* [Internet]. 2007 Apr [cited 2023 Nov 23];10(4):20–8. Available from: https://www.researchgate.net/publication/257554277_Shape-memory_polymers
40. Sun L, Huang WM, Ding Z, Zhao Y, Wang CC, Purnawali H, et al. Stimulus-responsive shape memory materials: A review. *Mater Des* [Internet]. 2012 Jan [cited 2023 Nov 23];33(1):577–640.
41. Lendlein A. Progress in actively moving polymers. *J Mater Chem* [Internet]. 2010 Apr 12 [cited 2023 Nov 23];20(17):3332–4.
42. Meng H, Li G. A review of stimuli-responsive shape memory polymer composites. *Polymer (Guildf)*. 2013 Apr 19;54(9):2199–221.
43. Nakasima A, Hu JR, Ichinose M, Shimada H. Potential application of shape memory plastic as elastic material in clinical orthodontics. *Eur J Orthod* [Internet]. 1991 Jun [cited 2023 Nov 23];13(3):179–86. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1936135/>
44. Caruso S, Nota A, Ehsani S, Maddalone E, Ojima K, Tecco S. Impact of molar teeth distalization with clear aligners on occlusal vertical dimension: a retrospective study. *BMC Oral Health* [Internet]. 2019 Aug 13 [cited 2023 Nov 23];19(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31409348/>
45. Harris K, Ojima K, Dan C, Upadhyay M, Alshehri A, Kuo CL, et al. Evaluation of open bite closure using clear aligners: a retrospective study. *Prog Orthod* [Internet]. 2020 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];21(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34443419/>
46. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater*. 2023 Apr 1;22:384–403.
47. Alam MK, Kanwal B, Shqaidef A, Alswairki HJ, Alfawzan AA, Alabdullatif AI, et al. A Systematic Review and Network Meta-Analysis on the Impact of Various Aligner Materials and Attachments on Orthodontic Tooth Movement. *J Funct Biomater* [Internet]. 2023 Apr 1 [cited 2023 Nov 23];14(4).
48. Dhingra A, Palomo JM, Stefanovic N, Eliiwi M, Elshebiny T. Comparing 3D Tooth Movement When Implementing the Same Virtual Setup on Different Software Packages. *J Clin Med* [Internet]. 2022 Sep 1 [cited 2023 Nov 23];11(18). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36142998/>
49. Adel SM, Vaid NR, El-Harouni N, Kassem H, Zaher AR. Digital model superimpositions: are different software algorithms equally accurate in quantifying linear tooth movements? *BMC Oral Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];22(1):1–12. Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-022-02129-x>
50. Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, Garino F, Reverdito M, Capuozzo R, et al. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment

- design. *Prog Orthod* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];24(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36642743/>
51. Inchingolo AM, Ceci S, Coloccia G, Azzollini D, Malcangi G, Mancini A, et al. Predictability and Effectiveness of Nuvola® Aligners in Dentoalveolar Transverse Changes: A Retrospective Study. *Biomedicines* [Internet]. 2023 May 1 [cited 2023 Nov 23];11(5).
 52. Ojima K, Dan C, Watanabe H, Kumagai Y. Upper molar distalization with Invisalign treatment accelerated by photobiomodulation. *Journal of clinical orthodontics*. 2018;
 53. Sujaritwanid K, Suzuki B, Suzuki EY. Comparison of one versus two maxillary molars distalization with iPanda: a finite element analysis. *Prog Orthod* [Internet]. 2021 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];22(1).
 54. Loberto S, Paoloni V, Pavoni C, Cozza P, Lione R. Anchorage Loss Evaluation during Maxillary Molars Distalization Performed by Clear Aligners: A Retrospective Study on 3D Digital Casts. *Applied Sciences*. 2023 Mar 13;13(6):3646.
 55. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Daher S, Cugliari G, Deregibus A. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Prog Orthod* [Internet]. 2016 [cited 2023 Nov 23];17(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27041551/>
 56. D'Antò V, Valletta R, Ferretti R, Bucci R, Kirlis R, Rongo R. Predictability of Maxillary Molar Distalization and Derotation with Clear Aligners: A Prospective Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Feb 1;20(4).
 57. Rossini G, Schiaffino M, Parrini S, Sedran A, Deregibus A, Castroflorio T. Upper Second Molar Distalization with Clear Aligners: A Finite Element Study. *Applied Sciences* 2020, Vol 10, Page 7739 [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2023 Nov 23];10(21):7739.
 58. Liu X, Wu J, Cheng Y, Gao J, Wen Y, Zhang Y, et al. Effective contribution ratio of the molar during sequential distalization using clear aligners and micro-implant anchorage: a finite element study. *Prog Orthod* [Internet]. 2023 Dec 1 [cited 2023 Nov 23];24(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37806991/>
 59. Saif BS, Pan F, Mou Q, Han M, Bu W, Zhao J, et al. Efficiency evaluation of maxillary molar distalization using Invisalign based on palatal rugae registration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2023 Nov 4];161(4):e372–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889540621008106>
 60. Andrews LF, Schirmer L. Straight wire : the concept and appliance. :406.
 61. R P Kusy. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics [Internet]. 1997 [cited 2023 Dec 7]. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9188964/>
 62. Gainsforth BL, Higley LB. A study of orthodontic anchorage possibilities in basal bone. *Am J Orthod Oral Surg*. 1945 Aug 1;31(8):406–17.

63. Jivraj S, Corrado P, Chee W. An interdisciplinary approach to treatment planning in implant dentistry. *Br Dent J* [Internet]. 2007 Jan 13 [cited 2023 Dec 7];202(1):11–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17220847>
64. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod* [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2023 Nov 23];85(5):881–9.
65. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®. *Korean J Orthod* [Internet]. 2019 May 1 [cited 2023 Nov 4];49(3):140. Available from: <https://synapse.koreamed.org/DOIx.php?id=10.4041/kjod.2019.49.3.140>
66. Deeks JJ, Bossuyt PM, Leeflang MM, Takwoingi Y, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy*. Wiley; 2023.
67. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol* [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2023 Nov 23];74(9):790–9. Available from: <http://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
68. Sterne JA, Hernán MA, Reeves BC, Savović J, Berkman ND, Viswanathan M, et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* [Internet]. 2016 [cited 2023 Nov 23];355. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27733354/>
69. Rota E, Parrini S, Malekian K, Cugliari G, Mampieri G, Deregibus A, et al. Lower Molar Distalization Using Clear Aligners: Bodily Movement or Uprighting? A Preliminary Study. *Applied Sciences*. 2022 Jul 14;12(14):7123.
70. Cui JY, Ting L, Cao YX, Sun DX, Bing L, Wu XP. Morphology Changes of Maxillary Molar Distalization by Clear Aligner Therapy. *Int J Morphol*. 2022;40(4):920–6.
71. Lin SY, Hung MC, Lu LH, Sun JS, Tsai SJ, Zwi-Chieng Chang J. Treatment of class II malocclusion with Invisalign®: A pilot study using digital model-integrated maxillofacial cone beam computed tomography. *J Dent Sci*. 2023 Jan 1;18(1):353–66.
72. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*. 2014 Jun 11;14(1).
73. Ali Baeshen H, El-Bialy T, Alshehri A, Awadh W, Thomas J, Dhillon H, et al. The effect of clear aligners on speech: a systematic review. *Vol. 45, Eur. J. Orthod. NLM (Medline)*; 2023. p. 11–9.
74. Orhan C. Tuncay, editor. *The Invisalign System*. 1st ed. UK: Quintessence Publishing Company; 2006. 91–7 p.
75. Giancotti A, Farina A. Treatment of collapsed arches using the invisalign system. *J Clin Orthod*. 2010 Jul;44(7):416–25.