

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ODONTOLOGÍA

CURSO 2024-25

**Predictibilidad de la Intrusión del Sector Anterior
con Alineadores Invisibles sin Técnicas Auxiliares:
Una Revisión Sistemática**

Presentado por: *Nikita Lijnev*

Tutor: *Rafael Fernández Sabater*

AGRADECIMIENTOS

Tras tanto esfuerzo y pasión llega el final de una etapa que guardaré con especial cariño, una etapa que me será marcada por momentos de entusiasmo y también de incertidumbres, momentos de inseguridad, pero también de superación y vencimiento que me impulsaron a buscar siempre la mejor versión de mí mismo. Cada decisión tomada a lo largo de este camino ha sido fruto de un compromiso constante con el aprendizaje y el crecimiento personal. Y al mirar atrás agradezco cada reto, cada acierto y cada tropiezo, porque han sido parte esencial de mi trayecto que ha dado forma a mi presente y que, sin duda, marcarán mi futura vida profesional.

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia por apoyarme en todos estos momentos importantes y decisivos en muchos aspectos de mi vida. A mi hermano por ser una de las personas que comprende este camino siendo una etapa donde te formas, maduras y aprendes experiencias que brinda una vida universitaria, a mi Madre y a mi Padre por ser los que me empujaron a desafiar mis límites que antes no pensaría afrontar. Pero sobre todo a Dios por nunca fracasar en mis expectativas y dar ejemplo de humildad porque esta virtud, siempre pulible, es lo que te hace ser un humano en todos los aspectos.

También deseo dar mis agradecimientos a la Universidad Europea de Valencia y sus profesores por brindarme el conocimiento de mi profesión en todos sus aspectos alcanzables, la paciencia y un espacio donde poder compartir momentos de crecimiento mutuo con mis compañeros de clase. Faltarían palabras para describir lo mucho que me han inspirado, motivado y impulsado a enriquecerme de más habilidades para moldear el futuro de mi profesión.

Todo ello forma parte de una etapa que siempre llevaré en mi corazón. Una etapa que concluye, pero que da paso a otra nueva que espero con muchas ganas e ilusión. Porque tal y como me ha enseñado esta Universidad, dar lo máximo, es lo mínimo.

ÍNDICE

1.	LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	6
2.	RESUMEN	7
3.	ABSTRACT	8
4.	PALABRAS CLAVES	9
5.	INTRODUCCIÓN.....	11
5.1.	Generalidades sobre los alineadores invisibles y su impacto en ortodoncia ...	11
5.2.	Clasificación de los movimientos ortodóncicos y su predictibilidad con alineadores.....	12
5.3.	Inclinación	12
5.4.	Expansión	13
5.5.	Rotación	13
5.6.	Traslación	14
5.7.	Movimientos verticales: Extrusión e intrusión	15
5.8.	Torque	16
5.9.	Biomecánica en los alineadores y factores de dependencia.....	16
5.9.1.	El papel de los métodos auxiliares en la predictibilidad	17
5.9.2.	Estrategias de modificación del tratamiento y su predictibilidad	18
5.10.	Intrusión anterior en alineadores y su aplicación clínica	20
6.	JUSTIFICACIÓN	23
7.	HIPÓTESIS.....	24
8.	OBJETIVOS	25
9.	MATERIAL Y MÉTODOS	26
9.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA PREGUNTA PICO	26
9.2.	CRITERIOS DE ELIGIBILIDAD.....	27
9.2.1.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	27
9.2.2.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	27
9.3.	ESTRATEGIA DE LA BÚSQUEDA DE DATOS	28
9.4.	PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	30
9.5.	EXTRACCIÓN DE DATOS.....	30
9.5.1.	VARIABLES PRINCIPALES.....	31
9.5.2.	VARIABLE SECUNDARIA	31
9.6.	VALORACIÓN DE LA CALIDAD	31
9.7.	SÍNTESIS DE DATOS	32

10.	RESULTADOS.....	33
10.1.	Selección de estudios. Flow chart.....	33
10.2.	Análisis de las características de los estudios revisados.....	36
10.3.	Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	40
10.4.	Síntesis de resultados	42
10.4.1.	Predictibilidad de la intrusión.....	42
10.4.2.	Estrategia de sobrecorrección.....	45
10.4.3.	Complicaciones relacionadas con la intrusión	46
11.	DISCUSIÓN.....	47
11.1.	Predictibilidad de la intrusión	47
11.2.	Estrategia de sobrecorrección	52
11.3.	Complicaciones relacionadas con la intrusión	54
11.4.	Limitaciones del estudio.....	55
12.	CONCLUSIONES.....	57
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	58
14.	ANEXOS.....	62

1. LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- I. **CAT** = Clear Aligner Therapy (Terapia con Alineadores Transparentes)
- II. **CA** = Clear Aligners (Alineadores Transparentes)
- III. **COT** = Clean Orthodontic Therapy (Terapia Ortodónica Limpia)
- IV. **CAD-CAM** = Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing (Diseño y Fabricación Asistidos por Computadora)
- V. **3D** = Three-Dimensional (Tres Dimensiones)
- VI. **Invisalign®** = Marca de alineadores invisibles de Align Technology
- VII. **ClinCheck®** = Software de planificación digital de Align Technology para tratamientos con alineadores invisibles
- VIII. **SmartTrack** = Material patentado por Align Technology
- IX. **PRISMA** = Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta Analyses
- X. **Trimming** = Recorte gingival o festoneado
- XI. **RCT** = Random Controlled Trials (Ensayos clínicos aleatorizados)
- XII. **Staging** = Secuenciación/planificación progresiva de los movimientos dentales a lo largo del tratamiento

2. RESUMEN

Introducción: Los alineadores invisibles se han consolidado como una alternativa estética frente a los brackets convencionales. Aunque han mejorado gracias a avances en materiales y planificación digital, su eficacia en movimientos complejos como la intrusión anterior sigue siendo limitada. Este estudio evalúa la predictibilidad de la intrusión sin técnicas auxiliares y analiza estrategias de planificación que puedan mejorar su precisión clínica.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda a en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science sobre la predictibilidad del movimiento de la intrusión en el sector anterior con el tratamiento de alineadores invisibles sin la utilización de métodos auxiliares.

Resultados: De 100 artículos identificados, 10 cumplieron con los criterios de inclusión. De los 3351 dientes analizados la predictibilidad media de la intrusión fue del 28,06% en la arcada superior y del 46,04% en la inferior, siendo los incisivos centrales superiores los menos predecibles (15,75%) y los caninos inferiores los más estables (46,33%), y en cuanto al resto de dientes los porcentajes fueron; incisivos superiores laterales (23.82%), caninos superiores (38.16%) e incisivos centrales y laterales inferiores (45.94%). Solo un estudio cuantificó la sobrecorrección recomendada (22%). Las complicaciones más frecuentes fueron extrusiones no deseadas.

Conclusión: La predictibilidad de la intrusión con alineadores invisibles sin técnicas auxiliares fue limitada, especialmente en los incisivos superiores, siendo más efectiva en la arcada inferior. La sobrecorrección se perfila como una estrategia útil para mejorar la precisión, aunque su aplicación carece de estandarización. La extrusión no deseada fue la complicación más frecuente observada.

3. ABSTRACT

Introduction: Clear aligners have become established as an aesthetic alternative to conventional brackets. Although improvements in materials and digital planning have enhanced their performance, their effectiveness in complex movements such as anterior intrusion remains limited. This study evaluates the predictability of intrusion without auxiliary techniques and analyzes planning strategies that may improve clinical accuracy.

Materials and methods: A literature search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases on the predictability of anterior intrusion using clear aligner treatment without auxiliary methods.

Results: Of 100 identified articles, 10 met the inclusion criteria. The mean predictability of intrusion was 28.06% in the upper arch and 46.04% in the lower arch, with maxillary central incisors being the least predictable (15.75%) and mandibular canines the most stable (46.33%). Only one study quantified the recommended overcorrection (22%). The most frequent complication was undesired extrusion. It was concluded that intrusion with aligners has low predictability, particularly in the upper arch, and that overcorrection may improve outcomes, although quantitative evidence is limited.

Conclusion: The predictability of intrusion using clear aligners without auxiliary techniques was limited, especially in upper incisors, with greater effectiveness in the lower anterior region. Overcorrection appears to be a useful strategy to enhance accuracy, although its implementation lacks standardization. Undesired extrusion was the most commonly observed complication.

4. PALABRAS CLAVES

- I. ANTERIOR INTRUSION**
- II. CLEAR ALIGNER THERAPY**
- III. PREDICTABILITY**
- IV. EFFICACY**
- V. OVERCORRECTION**

5. INTRODUCCIÓN

5.1. Generalidades sobre los alineadores invisibles y su impacto en ortodoncia

Los alineadores invisibles han ganado una gran popularidad en los últimos años, especialmente entre adultos que buscan tratamientos ortodóncicos más estéticos, cómodos e higiénicos que los brackets convencionales (1,2). Con el crecimiento de la tecnología Clear Aligner Therapy (CAT), han surgido múltiples sistemas con distintas metodologías y grados de eficacia para corregir maloclusiones, y al contrario de lo que se creía y donde reside la idea popular, la llamada “ortodoncia invisible” que adopta una variedad de nombres como; Clear Aligners (CA), CAT, Clean orthodontic Therapy (COT), entre otros, no son para nada una novedad reciente.

Su primer uso se remota en el año 1945 por Harold D. Kesling (3) como un método únicamente complementario a la ortodoncia convencional (4,5). Y sólo fue años más tarde donde han encontrado mejoras en la mecánica de su aplicación junto al profesor McNamara y cols. (6). Pero igualmente, a pesar de ello, los alineadores transparentes seguían teniendo una eficacia limitada debido a las limitaciones biomecánicas existentes. No fue hasta los años 90 cuando llegó la tecnología 3D llamada CAD-CAM, junto a sus modelos, que se logró así simular digitalmente los movimientos de los dientes y producir una alineación con mucha más precisión, y fue la marca pionera ampliamente conocida, Invisalign® de la empresa Align Technology, que lo consiguió aplicar, y junto a su masiva campaña de marketing a principios de los 2000 logró captar muy eficazmente la atención de muchos pacientes que buscaban la alternativa con dichas ventajas (7).

Dichos alineadores se basan en un uso cíclico de aproximadamente dos semanas antes de ser sustituidos por la siguiente secuencia del tratamiento. Cada alineador está programado para mover un diente o un pequeño grupo de dientes entre 0.25 y 0.33 mm cada dos semanas (8). El proceso se fundamenta en primer lugar de un escaneado digital y a partir del modelo virtual se planifica el proceso del tratamiento en el software, hasta conseguir el resultado final deseado con la posición dental esperada (8,9).

Incluso tras tal avance, desde su introducción en práctica de estos alineadores, éstos han evolucionado significativamente en términos de materiales, forma y software de planificación digital, siendo el principal reconocido ClinCheck, propia de la marca Alinger Technology (2,5).

Dichos progresos en materiales y diseño de los alineadores han permitido tratar desde casos leves hasta ciertas maloclusiones complejas (10). No obstante, a pesar de la constante necesidad de innovar y buscar estas soluciones para casos complejos, persisten incógnitas sobre su eficacia en ciertos movimientos dentales, especialmente en los movimientos horizontales, torques, ciertas rotaciones y cierre de espacios, ya que estos tipos de movimientos presentan una predictibilidad muy variable y todo esto se debe a un único factor, pura biomecánica (11–16)

5.2. Clasificación de los movimientos ortodóncicos y su predictibilidad con alineadores

Los alineadores pueden inducir una variedad de movimientos dentales, y podemos incluir tales como la inclinación coronal, expansión, rotaciones, torque, extrusión e intrusión y traslaciones como la mesialización y distalización, que de normal se combinan y unos depende de otros para conseguir un resultado esperado. Sin embargo, si hablamos de la predictibilidad, esta varía significativamente según el tipo del movimiento que queremos conseguir (4,5,15). Varios de los estudios han evaluado la precisión de los movimientos programados con el ClinCheck® y su comparativa con los resultados clínicos esperados. De los movimientos que se puede conseguir con los alineadores invisibles encontramos:

5.3. Inclinación

Hablamos de ello cuando la corona del diente se inclina en dirección bucolingual o mesiodistal sin un desplazamiento significativo de la raíz. Este tipo de movimiento es ampliamente utilizado con alineadores invisibles, ya que permite corregir la posición de los dientes sin alterar excesivamente su anclaje radicular que al final es lo que se busca en casos concretos y únicos de la inclinación.

Pero la predictibilidad de este movimiento varía principalmente según el tipo de diente y su anatomía. Este movimiento es altamente predecible en premolares y molares, con tasas de éxito superiores al 70% gracias a su mayor superficie de contacto con el alineador (13,17). Sin embargo, en el sector anterior, la precisión disminuye significativamente, oscilando a un porcentaje de predictibilidad menor a 45% debido a la menor retención del alineador y la dificultad en el control radicular (1,18)

5.4. Expansión

En cuanto a la expansión, ésta se produce mediante la aplicación de una fuerza de presión de inclinación en la corona de los dientes posteriores, lo que permite un aumento del ancho transversal de la arcada. Este movimiento se logra gracias a la presión ejercida por los alineadores en las caras palatinas. Y esta expansión que se puede conseguir es principalmente dental, pero con una pequeña probabilidad de movimiento dento-alveolar ya que las fuerzas están limitadas, por lo que no se plantea el tratamiento con alineadores para tales casos (2)

5.5. Rotación

Para inducir una rotación, los alineadores generan esta fuerza rotacional en la corona, combina una cupla de fuerzas para mejorar el control radicular. En dientes con una morfología más redondeada, como caninos y premolares, este movimiento requiere puntos de presión específicos en la superficie dental para dirigir la rotación alrededor del eje longitudinal del diente (11). Hablando de la predictibilidad, particularmente en dientes con formas redondeadas como los caninos y premolares, estudios demuestran que la capacidad del alineador para generar la fuerza necesaria depende de la correcta ubicación de los attachments y la rigidez del material empleado (19). Otros estudios han demostrado que cuando la rotación supera los 15°, la predictibilidad disminuye significativamente obligando a realizar refinamientos adicionales para lograr el resultado deseado (20)

5.6. Traslación

La traslación se refiere al desplazamiento en bloque del diente tomándolo desde el punto de resistencia del diente y así manteniendo la relación entre la raíz y la corona. Hablamos tanto de mesialización como distalización y para lograrlo, es necesario aplicar fuerzas homogéneas a lo largo de la estructura del diente actuando simultáneamente sobre este centro de resistencia. Este movimiento es más desafiante debido a la tendencia de los alineadores a generar una inclinación en lugar de un desplazamiento uniforme (11,13,15). En el caso de la mesialización, el alineador genera una fuerza de presión dirigida hacia la superficie distal del diente, lo que provoca un desplazamiento progresivo hacia adelante. A nivel biomecánico, se han observado fuerzas de compresión en la zona cervical mesial de la raíz y en el ápice distal, mientras que las fuerzas de tracción se concentran en la zona cervical distal y en el ápice mesial del diente. Durante el movimiento, la distribución de estas tensiones cambia, con una mayor concentración de presión en las cúspides bucales y las áreas cervicales de los dientes, permitiendo que la raíz y la corona avancen conjuntamente en dirección mesial. (5,16,18,21)

Por otro lado, y de manera contraria, la distalización se lleva a cabo aplicando una fuerza controlada sobre la superficie mesial del diente desplazándolo progresivamente hacia distal. Durante este proceso, las fuerzas de presión se concentran en la zona cervical distal de la raíz y en el ápice mesial, mientras que las fuerzas de tracción se encuentran en la zona cervical mesial y en el ápice distal y a medida que el diente se mueve, se redistribuyen las cargas mecánicas en los tejidos periodontales, permitiendo el desplazamiento en bloque de la corona y la raíz hacia distal (16,21).

En cuanto a la predictibilidad, este tipo de movimiento se buscaría sobre todo cuando queremos optar por el cierre de espacios en casos de extracciones o diastemas. Esto representa un desafío biomecánico ya que se conoce que los alineadores generan mayor fuerza en la corona que en la raíz, lo que puede llevar a una basculación no deseada de los dientes en lugar de un movimiento corporal controlado (20,22) Para mitigar este efecto, se han diseñado estrategias como la sobreexpresión del movimiento en la planificación digital y el uso de alineadores más rígidos en la fase de cierre del espacio (9)

5.7. Movimientos verticales: Extrusión e intrusión

En cuanto a los movimientos en el eje vertical del diente; la extrusión involucra el desplazamiento del diente en dirección coronal mediante fuerzas aplicadas de forma paralela al eje largo del diente. Se produce cuando el alineador genera presión en la zona gingival del diente así facilitando su desplazamiento hacia la oclusión. Este movimiento suele requerir una superficie de contacto óptimo, y cuanto más amplio mejor, entre el alineador y el diente para evitar la pérdida de tracción (11). Mientras que la intrusión es el desplazamiento del diente en contrario, en dirección apical dentro del hueso alveolar, lo que reduce su altura en la arcada. Para lograrlo, los alineadores generan una fuerza de baja magnitud y distribución uniforme sobre la corona, minimizando la compresión sobre el ligamento periodontal y promoviendo la reabsorción ósea controlada. Este movimiento es biomecánicamente delicado ya que requiere fuerzas constantes pero suaves para evitar efectos adversos en los tejidos de soporte (12,23). La predictibilidad de estos movimientos verticales es muy variable y su éxito depende de múltiples factores, y que hasta el día de hoy no se estandarizan en una medición concreta por esta misma razón, siendo tales como la planificación del tratamiento, consideración de métodos adicionales, la biomecánica de los alineadores, la adhesión del paciente al protocolo de uso (4,5,11,12,21,24) o incluso la respuesta propia del periodonto (25).

Y por esa misma razón, tras la revisión de la actualidad de algunos estudios en este tema, se han señalado que los movimientos verticales y en particular la intrusión, son difíciles de lograr únicamente con alineadores, lo que ha llevado a la recomendación de ajustes en la planificación o el uso de refinamientos para alcanzar el resultado esperado (15,26)

5.8. Torque

En cuanto al torque, el torque radicular consiste en el movimiento de la raíz dentro del hueso alveolar sin desplazar la corona significativamente. Se logra mediante una cupla de fuerzas opuestas aplicadas de la corona, generando una rotación controlada alrededor del centro de resistencia, podemos hablar de torques negativos, positivos, mesiodistales. Pero dado que este tipo de movimiento es crítico en el control tridimensional del diente y que requiere una distribución precisa de las fuerzas dentro del alineador (12,23) es uno de los movimientos más difíciles de conseguir, teniendo un porcentaje de predictibilidad menor al 50% si no se precisan de refinamientos y métodos adicionales (13,14)

5.9. Biomecánica en los alineadores y factores de dependencia

Conociendo las amplias necesidades fisiológicas para poder realizar los movimientos dentales, la clave reside en entender la biomecánica de la ortodoncia invisible. Esta reside en el conocimiento de las fuerzas aplicadas por los alineadores transparentes sobre los dientes y los tejidos de soporte con el objetivo de lograr movimientos dentales planificados de manera predecible y controlada tal y como se explica en los distintos movimientos posibles. Sin embargo, si bien la interpretación de la biomecánica de estos alineadores transparentes han evolucionado, para abordar una variedad de maloclusiones cada vez mayor, su capacidad para realizar estos movimientos depende en gran medida de la interacción entre el material y la forma del alineador, el tipo de fuerza aplicada y la respuesta biológica del periodonto (22,25).

Incluso la propia edad del paciente influye en la precisión de los movimientos ortodóncicos. Siendo que la predictibilidad es mayor en adolescentes que en adultos, por lo que esto sugiere que los tejidos periodontales más jóvenes responden mejor ante las fuerzas (23)

Para manejar la precisión en estos movimientos difíciles, los profesionales recurren a diseños estratégicos y métodos de modificación del alineador que puedan de esta manera, aumentar la eficacia y por tanto la predictibilidad del tratamiento (25,27). Por ejemplo, el torque radicular, uno de los movimientos menos predecibles, se optimiza

mediante el uso de los llamados “power-ridges”, unos relieves incorporados en la superficie diseñados para aplicar fuerzas específicas en los dientes gracias a la oclusión propia, los cuales aumentan la superficie de contacto con el diente y permiten aplicar una fuerza más controlada en la raíz (22,25).

Pero de igual modo, la efectividad de este movimiento sigue siendo menor en comparación con los aparatos fijos y esto es debido principalmente a la limitada capacidad del alineador para generar una inclinación radicular sin llegar a afectar otras áreas y estructuras dentales (20).

5.9.1. El papel de los métodos auxiliares en la predictibilidad

Y aquí es donde llega la posibilidad del uso de las técnicas auxiliares. Estos métodos se entienden como la incorporación de elementos adicionales en el tratamiento con alineadores invisibles con el objetivo de mejorar la eficacia de ciertos movimientos ya que por sí solos los alineadores no pueden ejecutar con la precisión que se espera y por tanto disminuye la efectividad de estos (28).

Estos métodos incluyen principalmente los elásticos intermaxilares y los microtornillos, los cuales cumplen una función biomecánica clave en la corrección de discrepancias sagitales y el control del anclaje durante el tratamiento ortodóntico. Un factor importante que decide la necesidad de recurrir a estos métodos es la severidad de la maloclusión de cada caso, en base a lo que se espera y lo que se puede obtener (20,28)

Los elásticos intermaxilares se utilizan proporcionando fuerzas adicionales para la corrección de maloclusiones más severas, de manera que ayudan a redirigir los movimientos dentales y lograr una mejor relación entre las arcadas dentales dependiendo de la proporción de las fuerzas que aplica el alineador sobre los dientes. Su uso se basa en puntos de anclaje estratégicos tales como cortes concretos y precisos en los alineadores o botones adheridos a los dientes permitiendo así controlar de manera más eficaz la tracción de los dientes en la dirección que se desea (1,20). Estudios recientes han demostrado que la combinación de elásticos intermaxilares con microtornillos mejora la estabilidad del movimiento, reduciendo la pérdida de anclaje y

aumentando la predictibilidad de la distalización molar y otras correcciones sagitales (28)

Por otro lado, mencionando los microtornillos, éstos actúan como anclaje óseo temporal que permite aplicar fuerzas directas sin depender de otros dientes como punto de apoyo. Su uso con alineadores es especialmente útil en movimientos como la intrusión de molares, la distalización y la corrección de la mordida abierta, donde los alineadores por sí solos tienen limitaciones biomecánicas (19,22). Al ser fijados en el hueso alveolar ofrecen un anclaje estable y predecible, dando lugar a movimientos más controlados y reduciendo efectos secundarios no deseados, como la inclinación involuntaria de los dientes adyacentes (20)

Es importante señalar que, aunque los attachments también juegan un papel fundamental en la mejora del control de ciertos movimientos, no se consideran realmente como métodos auxiliares en el mismo sentido que los elásticos y los microtornillos. Mientras que los attachments están diseñados para potenciar la efectividad de las fuerzas aplicadas por el alineador en movimientos como torque, rotaciones y desplazamientos verticales, los métodos auxiliares como los elásticos y microtornillos aplican fuerzas externas adicionales que van más allá de la capacidad biomecánica del alineador, siendo esta misma la razón de aplicarlo en maloclusiones más severas (29,30)

5.9.2. Estrategias de modificación del tratamiento y su predictibilidad

Además de los métodos auxiliares como los elásticos intermaxilares y los microtornillos, existen estrategias de modificación del tratamiento que buscan mejorar la predictibilidad de los movimientos sin necesidad de recurrir a fuerzas externas adicionales. A parte de mencionar anteriormente el ejemplo de los power-ridges, considerado un ajuste del diseño del alineador, estas estrategias incluyen también la implementación de sobre correcciones, la variación en el grosor y material del alineador, y la modificación de la línea de terminación o también llamado como “trimming” (17,26,31)

La sobre corrección es una técnica utilizada cada vez con más frecuencia en los tratamientos con alineadores invisibles para compensar la pérdida de efectividad en ciertos movimientos dentales. Debido a la elasticidad del material, y por tanto su estabilidad, y a la tendencia de los dientes a resistirse a los cambios planificados, la sobre corrección permite lograr un resultado final mucho más predecible incluso cuando el movimiento real no alcanza completamente el movimiento programado. Se ha demostrado en estudios que este enfoque es especialmente útil en rotaciones de premolares y caninos, en el torque radicular, y también en los movimientos de intrusión donde la predictibilidad es baja (1,5,17,26)

Por otro lado, el concepto de trimming, o diseño de la línea de terminación del alineador, también juega un papel clave en la biomecánica del tratamiento. Estudios recientes han demostrado que las líneas de corte rectas ofrecen una retención bastante más efectiva, al igual que la distribución de fuerzas en comparación con los diseños festoneados. Esto se traduce en una mejor transmisión de fuerzas, especialmente en movimientos como la intrusión y la corrección de inclinaciones radiculares (31).

Otro aspecto fundamental es el grosor del alineador. Se ha observado que los alineadores más gruesos generan mayores fuerzas y un mejor control sobre ciertos movimientos dentales, como la traslación y el torque radicular, y según los estudios es principalmente debido a la estabilidad de fuerzas aplicadas a lo largo del tiempo por el alineador, sin llegar a perder tanta eficacia (18). Sin embargo, si el grosor del alineador supera un límite óptimo, éste puede generar efectos secundarios, generando un aumento en la rigidez del sistema, mayor incomodidad para el paciente al igual que dificultades en la adaptación del alineador (32)

Posteriormente, en cuanto a los materiales utilizados en la fabricación de los alineadores, estudios han demostrado que estas premisas también tienen un factor influyente en la predictibilidad de los tratamientos. Los constantes avances tecnológicos han permitido el desarrollo de materiales de polímeros cada vez más eficientes, como SmartTrack, que proporciona una mejor distribución de fuerzas y mayor elasticidad en comparación con los materiales más antiguos. Dichas mejoras han contribuido a la precisión en la ejecución y control de ciertos movimientos, aunque todavía existe margen para optimizar la predictibilidad del tratamiento (29,30)

Por último, tal y como se ha mencionado anteriormente, los attachments son los que representan una herramienta complementaria básica dentro del sistema de alineadores, siendo uno de los más fundamentales en el tratamiento, y no se consideran como métodos auxiliares. Su función principal es mejorar la transmisión de estas fuerzas aplicadas por los alineadores y permitir la ejecución de movimientos más complejos redirigidos específicamente, como las rotaciones y el torque radicular.

Tanto la forma, como el tamaño y la ubicación del propio attachment influyen significativamente en la efectividad y por tanto en la predictibilidad del tratamiento, por lo que su planificación es esencial para optimizar nuestros resultados clínicos (22)

Resumiendo, se conoce perfectamente que la biomecánica es el principal factor que va a determinar la eficiencia de los movimientos dentales esperados. La incorporación de las tecnologías nuevas tales como el monitoring 3D de los movimientos y la optimización de materiales como SmartTrack, han permitido obtener mejoras en la predictibilidad del propio tratamiento (5,7,29,30). A pesar de los avances, y si hablamos en un espectro amplio de ortodoncia general, aún queda todavía un margen de optimización bastante amplio para alcanzar la precisión biomecánica de los sistemas de aparatología fija (11,15,18)

5.10. Intrusión anterior en alineadores y su aplicación clínica

Es fundamental partir de la premisa de que la intrusión del sector anterior con alineadores invisibles no es equivalente a la intrusión con ortodoncia convencional. Mientras que en tratamientos con brackets y arcos de curva inversa o microtornillos, la intrusión se logra con mayor precisión y estabilidad. En la ortodoncia con alineadores la biomecánica es más limitada, debido a la falta de un anclaje fijo y la dependencia exclusiva de la adaptación del alineador para generar fuerzas intrusivas (13). Por esta razón, los alineadores no se emplean en maloclusiones severas que requieren una intrusión significativa que afecta en gran medida al hueso alveolar, ya que en estos casos la ortodoncia fija sigue siendo el método de elección (18)

Estudios han demostrado que la predictibilidad de la intrusión anterior con alineadores es baja, con valores que oscilan entre el 50% en la arcada superior y 40% en la inferior, lo que indica que los alineadores no logran de manera eficiente este tipo de

movimiento sin métodos auxiliares (18). Además, Haouili y cols. (2020) señalaron luego que, a pesar de los avances en los materiales y diseño de los alineadores, la predictibilidad de la intrusión anterior se mantiene limitada, lo que lo hace aún más difícil lograrla sin refinamientos adicionales.

Incluso, el colegiado Charalampakis y cols. (2018) comentaron que en muchos casos donde se programaba una intrusión con alineadores, se observaba el efecto contrario de extrusión en los incisivos anteriores superiores. Cosa que evidencia la falta de control preciso de este movimiento sin un anclaje adicional. Y dado este contexto, la intrusión con los alineadores se emplea exclusivamente en casos específicos dentro de maloclusiones leves-moderadas, donde puede proporcionar resultados clínicamente aceptables sin la necesidad de aparatología adicional (15,18,33)

En este sentido, la sobremordida profunda y la nivelación de la curva de Spee son algunas de las indicaciones clínicas más comunes para la intrusión anterior con alineadores invisibles. Donde el tratamiento de la sobremordida profunda con alineadores se basa en la combinación de intrusión de los incisivos y extrusión de los sectores posteriores, buscando una mejora en la relación vertical de los dientes (32,34). Y algunos estudios han reportado que se pueden lograr una reducción efectiva de la sobremordida, pero la eficacia varía según la biomecánica aplicada y la respuesta del paciente (14). Si bien las rampas de mordida pueden mejorar el control del tratamiento, la predictibilidad de la intrusión anterior sigue siendo limitada, especialmente en casos más severos, donde suelen ser necesarios refinamientos adicionales (2,5,13,18). A pesar de los avances en materiales y diseño de alineadores, sigue habiendo controversia sobre la capacidad de lograr una intrusión efectiva sin técnicas auxiliares (27).

En pacientes con Clase II división 2, donde los incisivos superiores están retroinclinados y la sobremordida profunda está presente, la intrusión y la proinclinación de los incisivos juegan un papel clave en la normalización de la sobremordida y el resalte. Se ha observado que la predictibilidad de la intrusión en estos casos puede ser menor cuando se intentan realizar simultáneamente otros movimientos ortodónticos, como la distalización molar o la expansión de arcadas (1). Además, el control del torque durante la intrusión es crucial para evitar una inclinación excesiva de los incisivos, lo que podría comprometer la estética y la estabilidad del tratamiento (13)

Y en cuanto a los pacientes con sonrisa gingival, la intrusión de los incisivos superiores se ha propuesto como una alternativa no quirúrgica para reducir la exposición gingival al sonreír. Pero los estudios confirman que la predictibilidad de este movimiento sigue siendo un desafío, especialmente cuando no se utilizan auxiliares como los microtornillos (16).

En general todo movimiento esperado y su planificación recae, en su gran medida, en manos de la simulación digital con el ClinCheck®, pero éste tiende a sobreestimar la cantidad de movimiento que se puede llegar a obtener, lo que puede llevar a resultados menos efectivos de lo esperado si no se aplica una planificación estratégica con estos métodos de modificación (4,5,18)

6. JUSTIFICACIÓN

La intrusión dental con la ortodoncia invisible en dientes anteriores es un movimiento bastante complejo cuya predictibilidad sin técnicas auxiliares es difícil de conseguir, ya que al incluir todos los factores influyentes y la gravedad propia de cada caso hace que sea un tema amplio para abarcar una idea tan específica que a simple vista parece estar más que estudiada (5,14). Si bien los alineadores han demostrado avances tecnológicos en su precisión, la literatura disponible no presenta mucha evidencia específica sobre la predictibilidad y precisión de la intrusión anterior sin métodos auxiliares. Los estudios existentes suelen incluir técnicas como microtornillos o elásticos, o consideran la intrusión como un movimiento adverso/secundario o algunos presentan los resultados en términos aproximados sin definir con claridad los factores determinantes del éxito o su impacto en la planificación clínica (15)

Con el presente estudio de revisión sistemática, se pretende revisar y recopilar la evidencia disponible, analizando la viabilidad de la ortodoncia invisible para la intrusión anterior sin el uso de técnicas auxiliares. Se pretende evaluar qué tan predecible es este movimiento y en qué condiciones puede lograrse con mayor precisión. Además de explorar la metodología de modificación del tratamiento como el uso de la sobrecorrección, con el objetivo de mejorar la planificación y los resultados clínicos (17,18,26)

Desde una perspectiva de salud pública y alineándose con el Tercer Objetivo de Desarrollo Sostenible de la Salud y Bienestar, con el presente estudio se pretende contribuir a la mejora de los tratamientos ortodóncicos, optimizando su planificación y predictibilidad para favorecer la salud bucodental de la población. Un tratamiento de ortodoncia más eficiente y predecible no solo consigue mejorar la estética y la función, sino también reduce posibles complicaciones asociadas a tratamientos prolongados o ineficaces, favoreciendo el bienestar del paciente y promoviendo un acceso más equitativo a tratamientos efectivos.

7. HIPÓTESIS

Se considera con el presente estudio que la eficacia de estos movimientos es poco predecible, aunque depende de diversos factores, como las características individuales del caso y la gravedad de la maloclusión, los cuales pueden influir en los resultados del tratamiento, por lo que se espera definir el método adicional de modificación posible y cómo puede afectar a la predictibilidad.

8. OBJETIVOS

- I. **OBJETIVO PRINCIPAL:** Evaluar la predictibilidad de los alineadores invisibles en la intrusión de dientes anteriores sin técnicas auxiliares

- II. **OBJETIVO SECUNDARIO:** Identificar si la aplicación de la sobrecorrección como estrategia de planificación y modificación del tratamiento mejora la precisión del movimiento de intrusión en dientes anteriores, así como analizar las complicaciones clínicas más frecuentes asociadas a dicho movimiento.

9. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta Analyses)

9.1. IDENTIFICACIÓN DE LA PREGUNTA PICO

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed, Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de los artículos indexados sobre pacientes con el tratamiento de la ortodoncia invisible en los cuales se calcula la efectividad y la predictibilidad del movimiento de intrusión en el sector anterior dental sin el uso de métodos auxiliares como los microtornillos y los elásticos, artículos publicados hasta enero de 2025 para responder a la siguiente pregunta:

¿En los pacientes con el tratamiento de ortodoncia invisible, qué tan predecible es el movimiento de la intrusión en dientes anteriores sin recurrir al uso de técnicas auxiliares?

Con dicha pregunta de investigación siguiendo la estructura PICO, el formato quedó de siguiente manera:

- P (POBLACIÓN): Pacientes con maloclusión tratados exclusivamente con alineadores invisibles,
- I (INTERVENCIÓN): Intrusión de dientes anteriores (tanto incisivos y caninos) mediante alineadores invisibles, excluyendo tratamientos que involucren técnicas auxiliares como microtornillos o elásticos intermaxilares.
- C (COMPARACIÓN): No aplica comparación
- O (RESULTADOS): Evaluar la predictibilidad y eficacia de la intrusión lograda exclusivamente con alineadores invisibles, y analizar el impacto de la sobrecorrección como estrategia de planificación en la precisión del movimiento.

9.2. CRITERIOS DE ELIGIBILIDAD

9.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- **Tipos de Estudio:** Ensayos clínicos incluyendo tanto aleatorizados como no aleatorizados. Estudios observacionales: Cohortes prospectivos o retrospectivos que aporten datos clínicamente relevantes. Revisiones sistemáticas y metaanálisis.
- **Tipo de Paciente:** Grupo de adultos o adolescentes sometidos al tratamiento ortodóncico. Tratados exclusivamente con alineadores invisibles
- **Tipo de Intervención:** Uso de alineadores invisibles para lograr movimientos de intrusión en dientes anteriores, sin la aplicación de técnicas auxiliares como microtornillos o elásticos.
- **Tipo de Variables de Resultado**
 - **Primario:** Predictibilidad y eficacia del movimiento esperado
 - **Secundaria:** Impacto de la sobrecorrección como estrategia de planificación sobre la precisión del movimiento de intrusión y las posibles complicaciones

9.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Estudios a propósito de un caso, cartas o comentarios al editor, informes de expertos.
- Estudios que no aporten datos cuantitativos o medibles.
- Artículos que mezclen datos de intrusión con otros movimientos dentales como rotaciones, extrusiones o traslaciones sin diferenciarlos claramente.
- Artículos que no especifiquen la ausencia de técnicas auxiliares o no aporten suficiente información para verificar este aspecto.
- Publicaciones que incluyan pacientes con condiciones periodontales que puedan distorsionar los resultados.
- Estudios que incluyan tanto alineadores invisibles como Brackets sin diferenciar claramente los resultados entre ambos grupos.

9.3. ESTRATEGIA DE LA BÚSQUEDA DE DATOS

La búsqueda automatizada se ha realizado en tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus, Web Of Science) con las siguientes palabras claves: "Tooth Movement Techniques[MeSH Terms]", "Incisor intrusion", "intrusion", "anterior tooth intrusion", "canine intrusion", "Aligner", "Clear Aligner", "Invisible Aligners", "Orthodontic Aligners", "Orthodontic Aligner Therapy", "Thermoplastic Aligners", "Transparent Aligners", "Invisalign", "Clear Aligner Appliances", "Aligner Appliance", "Clear Aligner Therapy", "auxiliary techniques", "auxiliary devices", "temporary anchorage devices", "miniscrew", "activation schedule", "Predictability", "orthodontic outcomes", "overcorrection", "success rate", "planned vs achieved movements", "tooth displacement accuracy", "clinical predictability", "predictability of tooth movement", "intrusion efficacy", "accuracy".

Se ha utilizado término MeSH en la base de PubMed para aumentar el rango de búsqueda, y todas las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos OR, AND y NOT.

La búsqueda de PubMed fue la siguiente: (Tooth Movement Techniques[MeSH Terms] OR Incisor intrusion OR intrusion OR anterior tooth intrusion OR canine intrusion) AND ("Aligner" OR "Clear Aligner" OR "Invisible Aligners" OR "Orthodontic Aligners" OR "Orthodontic Aligner Therapy" OR "Thermoplastic Aligners" OR "Transparent Aligners" OR "Invisalign" OR "Clear Aligner Appliances" OR "Aligner Appliance" OR "Clear Aligner Therapy") NOT("auxiliary techniques" OR "auxiliary devices" OR "temporary anchorage devices" OR "miniscrew" OR "activation schedule") AND (Predictability OR orthodontic outcomes OR overcorrection OR success rate OR planned vs achieved movements OR tooth displacement accuracy OR clinical predictability OR predictability of tooth movement OR intrusion efficacy OR accuracy). Con filtros aplicados de: Fechas de publicación de últimos 10 años, con los tipos de estudios mencionados en los criterios de inclusión, junto a la opción de texto completo en Inglés y Español.

En cuanto a Web Of Science fue la siguiente: TS=(Incisor intrusion OR "intrusion" OR anterior tooth intrusion OR canine intrusion) AND TS=("Aligner" OR "Clear Aligner" OR "Invisible Aligners" OR "Orthodontic Aligners" OR "Orthodontic Aligner Therapy" OR "Thermoplastic Aligners" OR "Transparent Aligners" OR "Invisalign" OR "Clear Aligner Appliances" OR "Aligner Appliance" OR "Clear Aligner Therapy") NOT TS=("auxiliary techniques" OR "auxiliary devices" OR "temporary anchorage devices" OR "miniscrew" OR "activation schedule") AND TS=("Predictability" OR "orthodontic outcomes" OR "success rate" OR "planned vs achieved movements" OR "tooth displacement accuracy" OR "clinical predictability" OR "predictability of tooth movement" OR "intrusion efficacy" OR "accuracy"). Aplicado con filtros de los últimos 10 años, tipos e artículos basados en review articles y articles en la categoría de Dentistry oral surgery and medicine general internal en Inglés y español

Y por último la búsqueda de SCOPUS fue: ALL("Tooth Movement Techniques" OR "Incisor intrusion" OR "intrusion" OR "anterior tooth intrusion" OR "canine intrusion") AND ALL("Aligner" OR "Clear Aligner" OR "Invisible Aligners" OR "Orthodontic Aligners" OR "Orthodontic Aligner Therapy" OR "Thermoplastic Aligners" OR "Transparent Aligners" OR "Invisalign" OR "Clear Aligner Appliances" OR "Aligner Appliance" OR "Clear Aligner Therapy") AND ALL("Predictability" OR "orthodontic outcomes" OR "success rate" OR "planned vs achieved movements" OR "tooth displacement accuracy" OR "clinical predictability" OR "predictability of tooth movement" OR "intrusion efficacy" OR "accuracy") NOT ALL("auxiliary techniques" OR "auxiliary devices" OR "temporary anchorage devices" OR "miniscrew" OR "activation schedule"). Con filtros de años 2017-2025, con tipos e artículos basados en criterios de inclusión y aplicado el filtro de Área de la investigación en odontología en Inglés

9.4. PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

El proceso de selección de estudios se ha realizado en tres etapas consecutivas: En la primera etapa se han filtrado los títulos de los estudios, eliminando así artículos irrelevantes. Posteriormente en la segunda etapa se ha realizado el cribado por los resúmenes y los abstract siguiendo los criterios del tipo de pacientes, la intervención y los variables relevantes para la revisión. Y por último en la tercera etapa, se ha realizado el cribado completo del texto siguiendo los criterios de exclusión e inclusión previamente constituidas y en base a las variables relevantes a extraer.

9.5. EXTRACCIÓN DE DATOS

Para poder responder a los objetivos del estudio, se extrajeron de los artículos finales las siguientes variables según el tipo de información relevante para la predictibilidad y eficacia de la intrusión: **Referencia del estudio** (Autores y año de publicación). **Tipo de estudio** (Ensayo clínico aleatorizado, estudio prospectivo, estudio retrospectivo). **Número de pacientes** (total de sujetos analizados en cada estudio). **Movimiento evaluado**: Intrusión de dientes anteriores (incisivos y caninos). **Medición de la intrusión**: Cantidad de intrusión lograda y cantidad de intrusión planificada (en milímetros), posteriormente la diferencia entre la intrusión planificada y la conseguida (en porcentaje). **Método utilizado para la evaluación de los resultados**: Tipos de software de planificación (por ejemplo, ClinCheck®) con sus métodos de medición (superposición de modelos digitales, análisis cefalométrico, escaneo intraoral, etc.). **Estrategias de modificación del tratamiento**: Se registró la mención de sobrecorrección como estrategia para mejorar la precisión del movimiento de intrusión. Se clasificó; Si fue recomendada; El modo de aplicación (programada en software, añadida manualmente, automática, mediante refinamientos); El grupo dentario implicado (Incisivos y/o caninos); Si se descubrió un efecto clínico asociado; Si fue cuantificada en valor numérico. **Complicaciones reportadas**: Tipo de efectos adversos asociados a la intrusión, como extrusión no deseada. **Resultados clínicos**: Tasa de éxito del movimiento de intrusión (% de casos en los que se logró el movimiento esperado). **Duración del tratamiento**: Especificando el tiempo y/o series de alineadores aplicadas en el tratamiento.

9.5.1. VARIABLES PRINCIPALES

Cantidad de intrusión conseguida en el sector anterior: Se evaluará el tipo de diente (incisivos centrales, laterales y caninos), la localización en la arcada (superior o inferior) y cantidad medida en milímetros desde la posición inicial del diente hasta la posición final tras el tratamiento en estudios que lo indiquen de forma explícita.

Predictibilidad de la intrusión con alineadores invisibles: Definida en la diferencia entre la cantidad de intrusión planificada/esperada y la conseguida expresada en porcentaje final.

9.5.2. VARIABLE SECUNDARIA

Estrategias de modificación del tratamiento: Se analizará la presencia de sobrecorrección como estrategia para mejorar la precisión del movimiento de intrusión. Se registrará si fue utilizada o recomendada, el modo de aplicación (por ejemplo, programada en ClinCheck, añadida manualmente, incluida automáticamente por el software o aplicada mediante fases de refinamiento), el grupo dentario implicado (dientes anteriores), y si se describe algún efecto clínico asociado (mayor precisión, reducción de refinamientos). En caso de cuantificarse, se indicará el valor proporcionado en milímetros o porcentaje

Complicaciones asociadas: Se registrarán efectos adversos relacionadas al movimiento de intrusión.

9.6. VALORACIÓN DE LA CALIDAD

Para valorar la calidad metodológica de los estudios incluidos en esta revisión, se emplearon distintas herramientas de evaluación del riesgo de sesgo en función del tipo de diseño metodológico:

Para los estudios clínicos prospectivos no aleatorizados, se utilizó la guía CASPe (Critical Appraisal Skills Programme) para ensayos clínicos, la cual permite valorar aspectos como la claridad del objetivo, la metodología, el seguimiento de los pacientes y la validez de los resultados.

En el caso del estudio prospectivo observacional de cohortes se empleó la versión específica de la guía CASPe para estudios de cohortes.

Para los estudios observacionales retrospectivos, así como los prospectivos de tipo cohorte sin aleatorización ni intervención, se aplicó la escala de Newcastle-Ottawa (NOS), considerando como “bajo riesgo de sesgo” aquellos estudios que obtuvieron más de 6 estrellas, y como “alto riesgo de sesgo” aquellos con puntuación igual o inferior a 6.

9.7. SÍNTESIS DE DATOS

Para poder comparar objetivamente y resumir los resultados de los estudios incluidos, se agruparon las medias de las principales variables según el tipo de estudio.

Dado que los estudios analizados tienen tamaños de muestra diferentes, era necesario calcular la media ponderada para que los resultados fueran más representativos. Para esto, se tomó el número total de pacientes de cada estudio y se dividió por el total de pacientes de todos los estudios y se multiplicó por el valor medio que reportaba cada uno. El cálculo se aplicó a variables: Diferencia entre la intrusión planificada y conseguida (predictibilidad en %) y la desviación estándar (en mm o %)

Debido a la diferencia y heterogeneidad de los estudios elegidos y la falta de suficientes ensayos clínicos aleatorizados comparables, no fue posible realizar un metaanálisis. Por lo que en su lugar se llevó a cabo un análisis descriptivo y comparativo.

10. RESULTADOS

10.1. Selección de estudios. Flow chart

Se identificaron un total de 100 registros a través de las búsquedas en bases de datos electrónicas: PubMed (n = 43), SCOPUS (n = 27), Web of Science (n = 26) y además de búsqueda manual (n= 4) gracias a las referencias y fuentes primarias. Tras eliminar 6 artículos duplicados, 94 artículos fueron cribados por título y resumen. De estos, 68 artículos fueron excluidos por no cumplir los criterios temáticos o metodológicos.

Posteriormente, se evaluaron 26 artículos en texto completo para valorar su elegibilidad. Tras esta fase, se excluyeron 16 estudios por los motivos expuestos en la Tabla 1. Finalmente, como resultado, 10 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática. El proceso completo de selección se detalla en la Figura 1 mediante un diagrama de flujo conforme a las recomendaciones PRISMA

Cabe destacar un dato importante al respecto con el estudio de Kravitz y cols 2009 (11), dado que queda fuera del rango temporal inicialmente establecido en los criterios de inclusión (últimos 10 años), se decidió su inclusión excepcional en la presente revisión debido a su relevancia metodológica y valor histórico en la evaluación de la eficacia de los alineadores invisibles. Dicho estudio es ampliamente citado en la literatura reciente como uno de los primeros en aportar datos clínicos cuantitativos sobre la predictibilidad de diversos movimientos dentales, incluida la intrusión anterior, y constituye un punto de referencia para muchos trabajos posteriores. Dado su diseño prospectivo, el uso de software específico y el enfoque exclusivo en alineadores sin técnicas auxiliares se decidió finalmente complementarlo en la revisión presente para enriquecer la interpretación de los resultados.

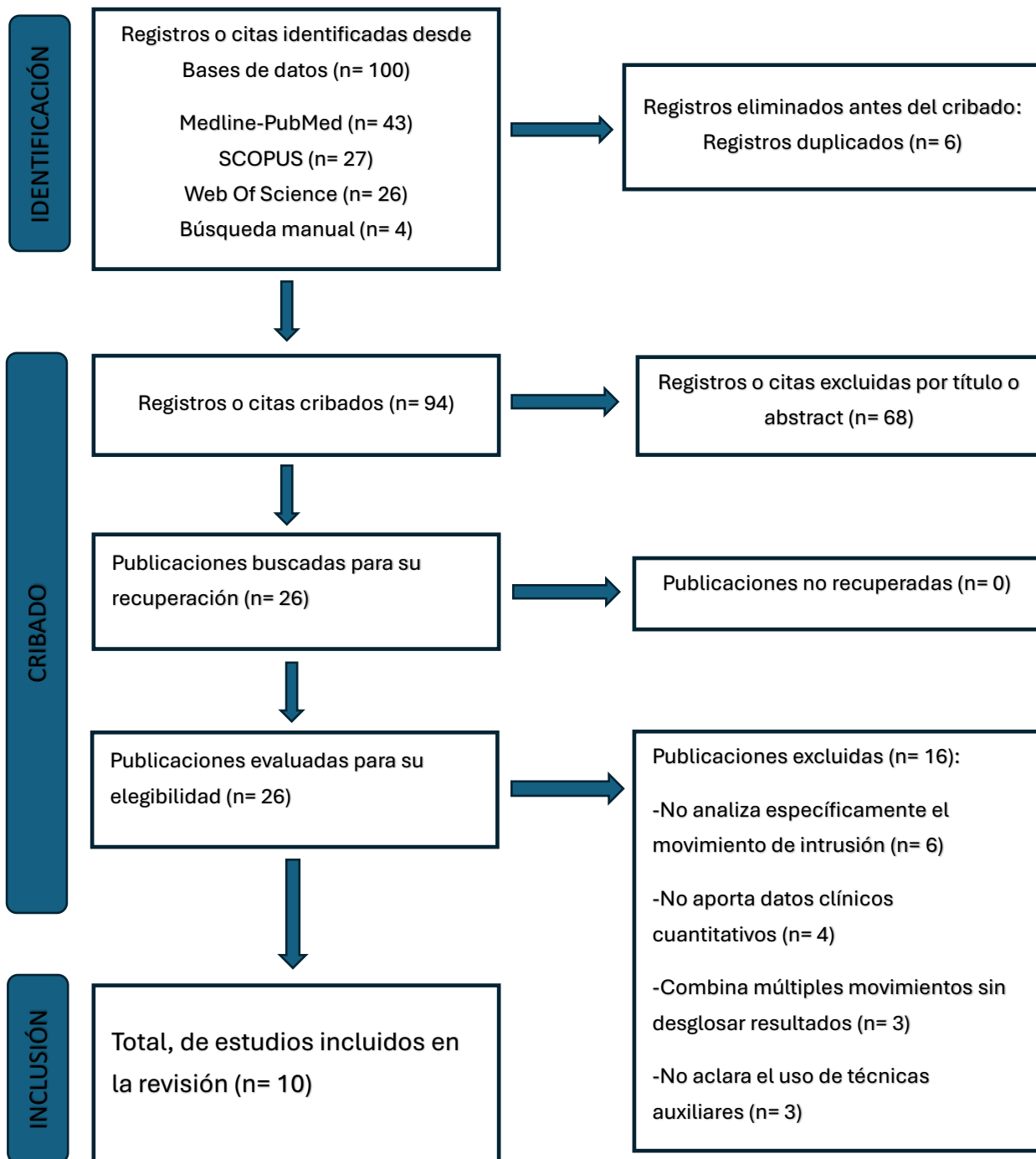


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática

TABLA 1: Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

AUTOR, AÑO	PUBLICACIÓN	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Mehta y cols. 2021 (35)	<i>Turkish Journal of Orthodontics</i>	Revisión sin datos clínicos específicos de intrusión
Bowman SJ 2017 (36)	<i>Seminars in Orthodontics</i>	Revisión conceptual sin mediciones clínicas
Caldas y cols. 2024 (37)	<i>Saudi Dental Journal</i>	Movimientos múltiples sin desglosar intrusión
Zhang y cols. 2024 (33)	<i>Australasian Orthodontic Journal</i>	Estudia curva de Spee, no intrusión directa
Upadhyay & Arqub 2022 (38)	<i>Journal of the World Federation of Orthodontists</i>	Revisión biomecánica sin resultados clínicos
Papadimitriou y cols. 2018 (16)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Revisión sin segmentar tipos de movimientos
Muro y cols. 2023 (4)	<i>International Orthodontics</i>	Mezcla movimientos de rotación, tipping, etc., sin separar intrusión
Robertson y cols. 2020 (39)	<i>Orthodontics & Craniofacial Research</i>	Resultados no específicos de intrusión
Zheng y cols. 2017 (40)	<i>Orthodontics & Craniofacial Research</i>	Comparación con brackets, sin centrarse en intrusión
Bilello y cols. 2022 (41)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Uso de técnicas auxiliares y refinamientos
Al-Nadawi y cols. 2021 (42)	<i>The Angle Orthodontist</i>	Mezcla de movimientos, intrusión como movimiento secundario
Gonçalves y cols. 2023 (24)	<i>Turkish Journal of Orthodontics</i>	Baja precisión, intrusión como dato complementario
Graf y cols. 2024 (43)	<i>Journal of Orofacial Orthopedics</i>	Estudio PAR*, sin medición directa de intrusión
Li et al. 2024 (21)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Revisión biomecánica general, sin datos clínicos
Nakornnoi et al. 2024 (31)	<i>BMC Oral Health</i>	Revisión sobre diseño de alineadores, sin evaluar intrusión
Rossini y cols. 2015 (14)	<i>Angle Orthodontist</i>	Revisión sin datos clínicos específicos de intrusión

* **Estudio PAR** (Peer Assessment Rating) siendo una herramienta ortodóntica estandarizada que evalúa de forma global la mejora de una maloclusión después del tratamiento

10.2. Análisis de las características de los estudios revisados

De los 10 estudios incluidos en la presente revisión, 7 fueron estudios retrospectivos (1,5,15,17,18,26,44) y 3 estudios prospectivos (11,13,23). Todos los estudios evaluaron movimientos de intrusión ya sea como objetivo principal o en combinación con otros tipos de movimientos dentales necesarios para el tratamiento completo. No obstante, y tal como se ha mencionado previamente, los datos relativos a la intrusión se presentan de forma aislada, lo que permite su análisis independiente y específico en el contexto de esta revisión.

El número total de pacientes analizados fue de 450, con tamaños muestrales que oscilaron entre 20 y 150 participantes por estudio. En total se analizaron 3351 dientes. Dentro de las características clínicas, algunos estudios incluyeron pacientes con maloclusiones específicas, como Clase II división 2 en Yan y cols. 2023 (1), donde la intrusión se evaluó en combinación con la proinclinación. Por otro lado, estudios como Kang y cols. 2024 (26) y Shahabuddin y cols. 2023 (18), analizaron pacientes tratados como parte del refinamiento tras la primera fase de alineadores. Además, la sobremordida profunda fue la indicación principal para la intrusión en varios estudios (5,18,23,26). Dichos datos se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2: Información sobre si la intrusión fue el único movimiento evaluado o parte de un tratamiento combinado, independientemente de que se presenten los datos de forma aislada.

AUTOR, AÑO	MOVIMIENTO DE INTRUSIÓN	DATOS
Al-Balaa y cols 2021 (5)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior medida por CBCT
Yan y cols 2023 (1)	Aislado	Analizado de forma aislada la intrusión
Glassick y cols 2017 (44)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior inferior
Shahabuddin y cols 2023 (18)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior superiores en modelos superpuestos
Kravitz y cols 2009 (11)	Combinado	Rotación, tipping, extrusión, intrusión, traducción horizontal
Haouili y cols 2020 (13)	Combinado	Rotación, tipping, intrusión, extrusión
Palone y cols 2022 (17)	Combinado	Inclinación, angulación, rotación, extrusión, intrusión
Charalampakis y cols 2018 (15)	Combinado	Horizontal, vertical (intrusión/extrusión), rotación, expansión intercanina e interpremolar
Kang y cols 2024 (26)	Combinado	Vertical (intrusión), inclinación
Kravitz y cols 2024 (23)	Combinado	Rotación, tipping, inclinación, intrusión

Siete estudios analizaron específicamente los incisivos centrales, laterales y caninos de la arcada superior (1,5,11,13,15,18,26). De estos, seis también evaluaron dientes anteriores de la arcada inferior, incluyendo incisivos y caninos (5,11,13,15,18,26). Por su parte, los estudios de Kravitz y cols. 2024 (23) y Glassick y cols. 2017 (44), centraron su análisis exclusivamente en los incisivos inferiores. Por tanto, en cuanto a las arcadas tratadas, siete estudios se centraron en ambas arcadas (5,11,13,15,17,18,26), dos únicamente en la arcada inferior (23,44), y sólo uno de los estudios abordó exclusivamente la arcada superior (1).

Siete estudios abordaron de forma directa la predictibilidad del movimiento de intrusión como variable principal (1,5,11,13,23,26,44), mientras que tres estudios la incluyeron como parte de un análisis más amplio (15,17,18).

En todos los estudios a excepción del Palone y cols 2022 (17), el movimiento de intrusión fue reportado mediante mediciones cuantitativas en milímetros, y en siete de ellos también se expresó en términos de porcentaje de predictibilidad (1,5,11,13,23,26,44).

Cinco de los estudios discutieron explícitamente la necesidad de sobrecorrección en la planificación digital (13,15,17,23), aunque únicamente uno de ellos proporcionó estimaciones cuantificables sobre el grado recomendado, siendo el trabajo de Palone y cols. 2023 (17).

Solo seis estudios (5,13,15,17,23,26) proporcionaron información sobre el número de alineadores utilizados y/o la duración del tratamiento, así como su impacto en la eficacia del movimiento de la intrusión.

Nueve de los estudios utilizaron ClinCheck® como herramienta de planificación virtual (1,5,11,13,15,18,23,26,44), aunque alguno lo complementó con otro sistema como OrthoCAD® (26) pero uno utilizó un software de planificación propio (17). Los métodos empleados para medir los resultados variaron entre superposición de modelos digitales STL, también llamado 3D Slicer (11,13,15,17,18,23,26), análisis cefalométrico 2D (44) y tomografía computarizada CBCT (1,5).

Los datos correspondientes se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3: Características de los estudios revisados

ARTÍCULO (AUTOR, AÑO)	TIPO DE ESTUDIO	Nº DE PACIENTES (EDAD MEDIA)	ARCADAS EVALUADAS	Nº DE DIENTES TOTAL	TIPO DE MALOCCLUSIÓN (Angle si refiere)	SOBRECORRECCIÓN ANALIZADA	SOFTWARE DE PLANIFICACIÓN UTILIZADO	ELEMENTOS DE MEDICIÓN DE RESULTADOS	DURACIÓN MEDIA
<i>Kravitz y cols. 2009 (11)</i>	Prospectivo	37 (31)	Ambas	189	No especificado; Maloclusión leve/moderada anterior	No	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 2– 3 semanas, uso 22 h/día
<i>Haouili y cols. 2020 (13)</i>	Prospectivo	38 (36)	Ambas	899	Variado sin especificar; Clase I, Clase II, Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	8.5 meses
<i>Al-Balaa y cols. 2021(5)</i>	Retrospectivo	22 (23.7)	Ambas	142	Sobremordida profunda: - 19 pacientes de Clase I - 2 de Clase II - 1 de Clase III	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	19,3 meses (rango de 11– 29)
<i>Yan y cols. 2023 (1)</i>	Retrospectivo	51 (25.1)	Superior	173	Clase II div. 2	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	No especifica duración total; cambio cada 10 días, uso ≥22 h/día
<i>Kang y cols. 2024 (26)</i>	Retrospectivo	20 (32.6)	Ambas	212	Sobremordida profunda	Sugerida	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	22.96 ± 12.34 meses

Kravitz y cols. 2024 (23)	Prospectivo	58 (15.1/40.7) *	Inferior	232	Sobremordida profunda: - 41 pacientes de Clase I - 14 de Clase II - 3 de Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; 22.4 alineadores promedios, cambio cada 1 semana, uso 22 h/día
Glassick y cols. 2017(44)	Retrospectivo	30 (29.4)	Inferior	30	Sobremordida profunda	No	ClinCheck®	Análisis cefalométrico 2D	No
Palone y cols. 2022 (17)	Retrospectivo	150 (33.7)	Ambas	1004	Clase I con apiñamiento leve (<3 mm)	Cuantificada	F22 Setup	3D Slicer	No se especifica duración total; 12–20 alineadores + 1 fase de refinamiento
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Retrospectivo	24 (32.8)	Ambos	286	- 17 pacientes de Clase I - 7 de Clase II	No	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 1–2 semanas, uso 20–22 h/día
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Retrospectivo	20 (37.5)	Ambos	184	- 13 pacientes con mordida profunda - 4 Sobremordida normal - 3 Mordida abierta anterior	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	12 ± 2,5 meses

*El valor entre paréntesis corresponde a la edad media de cada subgrupo: adolescentes (15.1 años) y adultos (40.7 años), con un total de 58 pacientes analizados.

10.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo se realizó según el tipo de estudio. Los tres estudios prospectivos fueron considerados de riesgo moderado, principalmente por la ausencia de cegamiento y la falta de aleatorización (Tablas 4 y 5). En cuanto a los siete estudios observacionales retrospectivos, todos obtuvieron una puntuación de 7 sobre 9 en la escala Newcastle-Ottawa, por lo que fueron clasificados como de bajo riesgo de sesgo (Tabla 6). La principal fuente de sesgo existente en este grupo fue la ausencia de grupo control y de ajuste multivariable por factores de confusión.

TABLA 4: Medición del riesgo de sesgo de los estudios clínicos prospectivos no aleatorizados mediante la guía CASPe para ensayos clínicos.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2009 (11)	Haouili y cols. 2020 (13)
¿Está claramente definida la pregunta del estudio?	Sí	Sí
¿Se realizó una asignación aleatoria a los grupos?	No	No
¿Se siguieron todos los pacientes hasta el final del estudio?	Sí	Sí
¿Hubo cegamiento de los pacientes, clínicos y evaluadores?	No	No
¿Eran los grupos similares al inicio del estudio?	-	-
¿Fueron tratados de igual manera los pacientes, salvo la intervención?	Sí	Sí
¿Fue muy grande el efecto del tratamiento?	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 41% de lo planeado.	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 50% de lo planeado.
¿Cuál es la precisión de este efecto (intervalos de confianza)?	No especificado. Solo se presentan medias y desviaciones estándar.	No especificado, pero sí desviaciones estándar y significancia estadística.
¿Es aplicable a tu medio o población local?	Sí	Sí
¿Se midieron todos los resultados importantes?	Sí	Sí
¿Se justifican los beneficios frente a los riesgos y costes?	Sí, estudio bastante reconocido por su aporte a la investigación	Sí

TABLA 5: Medición del riesgo de sesgo del estudio prospectivo observacional de cohortes con la guía CASPe específica para estudios de cohortes.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2024 (23)
¿Existió una comparación con una prueba de referencia adecuada?	Sí
¿Incluyó la muestra un espectro adecuado de pacientes?	Sí
¿Existe una adecuada descripción de la prueba?	Sí
¿Hubo evaluación “ciega” de los resultados?	No
¿La decisión de realizar el patrón oro fue independiente del resultado de la prueba problema?	Sí
¿Se pueden calcular los Cocientes de Probabilidad (Likelihood Ratios)?	No
¿Cuál es la precisión de los resultados?	No hay intervalos de confianza reportados, solo medias y desviaciones estándar
¿Serán satisfactorios en el ámbito del escenario la reproducibilidad de la prueba y su interpretación?	Sí
¿Es aceptable la prueba en este caso?	Sí
¿Modificarán los resultados de la prueba la decisión sobre cómo actuar?	Sí

TABLA 6: Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa, estudios observaciones cohortes sin grupo control.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comprobación de la exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	TOTAL
Al-balaa y cols. 2021 (5)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Yan y cols. 2023 (1)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Kang y cols. 2024 (26)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Glassick 2017 (44)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Palone y cols. 2022 (17)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Shahabuddin y cols. 2024 (18)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Charalampakis y cols. 2018 (15)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

10.4. Síntesis de resultados

10.4.1. Predictibilidad de la intrusión

En relación con la predictibilidad del movimiento de intrusión, se incluyeron nueve estudios que aportaron datos cuantificables diferenciados por tipo de diente (5,11,13,15,18,26), grupo dental o arcada completa (1,23,44).

La media de predictibilidad fue del 15.75% para los incisivos centrales superiores, con valores que oscilaron desde el -64.6% (15) hasta el 48.3% (5). Y en los incisivos laterales superiores, la media fue del 23.82%, con valores que variaron entre -59.1% (15) y 55.8% (5). En este grupo se observaron resultados negativos en los estudios de Charalampakis y cols. 2018 y Shahabuddin y cols. 2023, debido a una extrusión no deseada en lugar de la intrusión planificada. Por otra parte, los caninos superiores presentaron la predictibilidad más alta dentro de esta arcada, con una media del 38.16% y un rango entre 10.5% (26) y 53.3% (13). Y al combinar los datos de los tres grupos dentales de la arcada superior, la media ponderada total de todos los estudios que lo definieron fue del 28.06%, calculada sobre un total de 908 dientes (1,5,11,13,15,18,26).

En cuanto a la arcada inferior, se agruparon los incisivos centrales y laterales en una sola categoría. La predictibilidad media de los incisivos inferiores fue del 45.94%, sobre un total de 949 dientes evaluados, con valores que oscilaron entre el 33.9% (13) y el 68.0% (44). En el caso de los caninos inferiores, la media fue de 46.33%, en una muestra de 318 dientes, con resultados comprendidos entre el 34.9% (15) y el 53.3% (13). Al considerar ambos grupos, la media ponderada global de la arcada inferior fue de 46.04%, calculada sobre un total de 1267 dientes (5,11,13,15,18,23,26,44)

Los resultados descriptivos sobre la predictibilidad, valores de los movimientos esperados y conseguidos en milímetros junto a su estándar de desviación se muestran en la Tabla 7.

TABLA 7: Comparación entre el movimiento planificado y conseguido en dientes anteriores, con valores de predictibilidad, desviación estándar por arcada y media ponderada final dividida por dientes y arcadas

AUTOR, AÑO	DATOS PARA EXTRAER	ARCADA SUPERIOR			ARCADA INFERIOR		
		INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS	INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS
<i>Kravitz y cols. 2009</i> (11)	Nº de dientes	39	22	17	37	42	32
	SD (%)	± 30.0	± 22.1	± 34.0	± 29.6	± 30.4	± 30.2
	Predictibilidad (%)	44.7	32.5	40.0	46.6	40.0	39.5
<i>Haouili y cols. 2020</i> (13)	Nº de dientes	150	150	150	150	150	149
	Predictibilidad (%)	33.4	44.6	53.3	33.9	36.7	51.3
<i>Al-balaa y cols. 2021</i> (5)	Nº de dientes	22	19	9	74		18
	Movimiento esperado (mm)	2.4	1.97	1.74	1.85		1.52
	Movimiento conseguido (mm)	1.16	1.1	0.83	0.82		0.72
	SD (mm)	± 0.84	± 0.82	± 0.46	± 0.52		± 0.25
	Predictibilidad (%)	48.3	55.8	47.7	44.3		47.4
<i>Yan y cols. 2023</i> (1)	Nº de dientes	173			-----	-----	-----
	Movimiento esperado (mm)	1.5			-----	-----	-----
	Movimiento conseguido (mm)	0.8			-----	-----	-----
	SD (mm)	± 1.1			-----	-----	-----
	Predictibilidad (%)	53.3			-----	-----	-----
<i>Kang y cols. 2024</i> (26)	Nº de dientes	38	38	30	38	38	30
	Movimiento esperado (mm)	1.02	1.09	1.05	1.26	1.09	0.84
	Movimiento conseguido (mm)	0.01	0.16	0.11	0.55	0.66	0.40
	SD (mm)	± 0.29	± 1.50	± 1.18	± 0.98	± 1.13	± 1.10
	Predictibilidad (%)	0.98	14.7	10.5	43.7	60.6	47.6

Kravitz y cols. 2024 (23)	Nº de dientes	-----	-----	-----	232		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.25		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.3		-----
	SD (%)	-----	-----	-----	± 21.9		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	57.8		-----
Glassick y cols. 2017 (44)	Nº de dientes	-----	-----	-----	30		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.19		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.49		-----
	SD (mm)	-----	-----	-----	± 0.78		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	68.0		-----
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Nº de dientes	48	48	48	48	46	48
	Movimiento esperado (mm)	1.14	1.04	0.77	2.48	2.47	1.6
	Movimiento conseguido (mm)	-0.41*	-0.13*	0.07	1.09	1.02	0.7
	SD (mm)	± 1.03	± 0.99	± 0.88	± 1.28	± 1.27	± 1.01
	Predictibilidad (%)	-36.0*	-12.5*	9.1	44.0	41.3	43.7
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Nº de dientes	18	22	40	64		40
	Movimiento esperado (mm)	0.99	0.88	0.41	1.33		0.86
	Movimiento conseguido (mm)	-0.64*	-0.52*	0.14	0.7		0.3
	SD (mm)	± 1.02	± 1.01	± 0.86	± 0.74		± 0.77
	Predictibilidad (%)	-64.6*	-59.1*	34.1	52.6		34.9
TOTAL MEDIA PONDERADA POR DIENTE/GRUPO DE DIENTES		15.75%	23.82%	38.16%	45.94%		46.33%
TOTAL MEDIA PONDERADA POR ARCADA		28.06%			46.04%		

*Valores negativos de predictibilidad reflejan una discrepancia inversa, en la que los dientes presentaron extrusión clínica en vez de la intrusión programada.

SD – Desviación estándar (Siglas en inglés “Standart Deviation”)

10.4.2. Estrategia de sobrecorrección

De los estudios incluidos en esta revisión, únicamente el trabajo de Palone y cols. 2022 (17) proporciona datos cuantitativos específicos sobre la magnitud de la sobrecorrección necesaria. En este estudio, se estableció una media del 22% de sobrecorrección para el movimiento de intrusión en dientes anteriores.

Otros estudios sin embargo hacen referencia a la sobrecorrección de forma cualitativa. Donde se establece la implementación de la sobrecorrección en el software ClinCheck® mediante la creación de una curva inversa de Spee, intrusión programada más allá del plano oclusal funcional y finalización del plan con contacto posterior intenso (23). Otros indican la necesidad de planificar sobrecorrecciones sin implementarla en su muestra aludiendo al programa ClinCheck como el modo de su aplicación automática (15). Al igual que Haouili y cols. 2020 (13) hace alusión al concepto de “*overengineering*” en el plan digital como una práctica habitual, sin especificar su magnitud.

Y en cambio el resto de los estudios no mencionaron el concepto de sobrecorrección como estrategia de mejora del movimiento de intrusión (1,5,11,18,44). Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 8.

TABLA 8: Análisis descriptivo y cualitativo sobre la presencia, modo de aplicación y efecto clínico de la sobrecorrección

AUTOR, AÑO	¿SE RECOMIENDA SOBRECORRECCIÓN?	MODO DE APLICACIÓN	EFFECTO CLÍNICO EVALUADO	¿CUANTIFICADO?
Kravitz y cols. 2024 (23)	Sí	ClinCheck + Ajuste Manual	Sí, mayor precisión	Sí, suponer la sobremordida a 0mm
Palone y cols. 2022 (17)	Sí	F22 Setup evaluada a partir del refinamiento	Sí, menos refinamientos y mayor precisión	Sí, 22% de sobrecorrección
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Sí	Ajuste manual	-	-
Haouili y cols. 2020 (13)	Sí	ClinCheck	-	-

10.4.3. Complicaciones relacionadas con la intrusión

Únicamente en tres estudios se encontraron referencias explícitas a complicaciones clínicas derivadas del movimiento de intrusión. En el estudio de Charalampakis y cols. 2018, se observó una extrusión clínica no deseada en lugar del movimiento de intrusión planificado en incisivos superiores. Esta desviación provocó valores de predictibilidad negativa, alcanzando -64.6% en incisivos centrales y -59.1% en incisivos laterales (15).

De forma similar, en el estudio de Shahabuddin y cols. 2023, también se registraron valores negativos de predictibilidad en los incisivos superiores, con -36.0% en centrales y -12.5% en laterales, indicativos de una extrusión no controlada (18). Y además, se reportó que, en algunos casos, en lugar de intrusión radicular efectiva, se produjo una inclinación (*tipping*) coronal en vez del desplazamiento apical deseado, sin embargo, no se evaluó de manera numérica (13).

Los resultados del análisis de muestran en la Tabla 9.

TABLA 9: Resultados descriptivos de las complicaciones producidas por la intrusión

AUTOR, AÑO	DIENTES SUPERIORES	MOVIMIENTO (mm)		PREDICCIÓN (%)	COMPLICACIONES
		ESPERADO	CONSEGUIDO		
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Incisivo central	0.99	-0.64	-64.6	Extrusión
	Incisivo lateral	0.88	-0.52	-59.1	Extrusión
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Incisivo central	1.14	1.04	-36.0	Extrusión
	Incisivo lateral	-0.41	-0.13	-12.5	Extrusión
Haouili y cols. 2020 (13)	Incisivos centrales y laterales	-	-	-	Inclinación coronal

11. DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática tiene como objetivo principal analizar la predictibilidad del movimiento de intrusión en dientes anteriores incisivos y caninos mediante alineadores invisibles, sin el empleo de técnicas auxiliares. Se ha basado en evidencia científica la revisión de estudios clínicos que reportan datos cuantitativos sobre la eficacia del movimiento intrusivo, diferenciando por tipo de diente y arcada, así como por el método de planificación y medición utilizado. Adicionalmente se propuso el análisis de estrategia de sobrecorrección como posibles herramientas de mejora de la precisión en estos movimientos, y de igual modo las complicaciones clínicas asociadas al movimiento de intrusión.

11.1. Predictibilidad de la intrusión

La predictibilidad del movimiento de intrusión con alineadores transparentes continúa siendo uno de los principales desafíos clínicos, y entre los distintos desplazamientos dentales evaluados en la literatura, los movimientos verticales junto a la rotación en ciertas piezas dentales se destacan como los movimientos con menor precisión y eficacia clínica con los alineadores debido a sus complejidades biomecánicas (11,16,40). Los resultados de esta revisión muestran una marcada diferencia en la precisión del movimiento dental del sector anterior entre las arcadas superior e inferior, con una media ponderada del 28.06% en la arcada superior frente al 46.04% en la inferior. Autores coinciden que estos tipos de movimientos junto a su baja eficacia de la intrusión sin apoyos adicionales son un desafío existente que persiste (41).

Los resultados de presente revisión sistemática basada en las 10 investigaciones científicas revelaron que dientes con peor rendimiento fueron los incisivos centrales superiores, cuya media ponderada fue de 15.75%, media que fue disminuida en gran peso principalmente debido a los resultados de los autores Charalampakis y cols. 2018 (15), Shahabuddin y cols. 2023 (18) y Kang y cols 2024 (26) ya que en estos se observaron una extrusión no deseada o una eficacia prácticamente nula del movimiento planeado.

Sin embargo, a pesar de los resultados clínicamente desfavorables observados en estos estudios, la inclusión en el análisis cuantitativo de esta revisión se encuentra plenamente justificada desde el punto de vista metodológico cumpliendo con todos los criterios de elegibilidad. Y la incorporación de estos estudios ha tenido un impacto significativo en la media ponderada. Esta situación y el método que siguieron en el estudio demuestra la necesidad de complementar el análisis cuantitativo con una interpretación cualitativa paralela que permita identificar y contextualizar todos los sesgos biomecánicos que subyacen a estas desviaciones (15,18).

Incluso en aquellos casos en los que se alcanzan valores positivos de predictibilidad por encima del umbral clínico mínimo, si estos no superan el 50%, deben interpretarse con prudencia, ya que pueden reflejar una pérdida sustancial del movimiento planificado (13,14), inclusive aparentar como movimientos ocultos parciales o mal ejecutados especialmente en aquellos dientes con mayor dificultad anatómica o menor superficie de contacto con el alineador, como por ejemplo, en vez de intrusión pura conseguir un “tipping” (36). Esta advertencia resulta aún más pertinente cuando se analizan movimientos como la intrusión, cuyo control vectorial depende de factores múltiples como la rigidez del material (2), el staging, el uso de attachments específicos y la estabilidad del anclaje posterior (38,41). Por tanto, la mera cuantificación de resultados debe ir acompañada de un enfoque crítico que contemple las limitaciones inherentes a la planificación digital y a la biomecánica de los alineadores, en áreas de una valoración más realista de la eficacia clínica.

Retomando los siguientes resultados de esta revisión sistemática, además de los incisivos superiores en general, obtuvimos datos específicos que muestran que los incisivos laterales y los caninos superiores presentaron una mayor predictibilidad que los centrales, con valores respectivos del 23,82% y 38,16%. Esta diferencia debe atribuirse a varios factores biomecánicos. En primer lugar, los incisivos centrales superiores suelen tener raíces más largas y un mayor diámetro vestibulo-palatino, lo que aumenta la resistencia a la intrusión pura (15). Además, debido a su posición más céntrica, están más sujetos a interferencias o limitaciones por parte del arco y los alineadores, especialmente en casos de sobremordida profunda (5). Por el contrario, los incisivos laterales y caninos, al tener una menor superficie radicular y estar más lateralizados,

presentan una respuesta más eficiente al vector intrusivo generado por el alineador, lo que se traduce en una mayor precisión del movimiento (15,18). Por tanto, estos resultados respaldan firmemente de que el tipo y morfología del diente y sobre todo su posición influyen de manera significativa en la predictibilidad del movimiento planificado.

En cuanto a la arcada inferior, la predictibilidad del movimiento de intrusión se muestra sustancialmente más estable que en la superior. Algunos reportan porcentajes superiores al 60% de precisión en incisivos inferiores (23,44), un contraste grande con los resultados observados en dientes homólogos superiores. Esta diferencia se justifica desde un punto de vista biomecánico por varios factores. En primer lugar, la mayor estabilidad del anclaje posterior mandibular, atribuida a una menor inclinación del plano oclusal y a una estructura ósea más compacta en la región basal de la mandíbula proporcionando una mejor resistencia frente a los efectos secundarios del alineador, además de que los incisivos inferiores presentan coronas más pequeñas, raíces más rectas y menor longitud radicular que los incisivos superiores lo que reduce la resistencia al movimiento y mejora la transmisión de fuerzas verticales desde la férula (16,38). Esto justifica la decisión metodológica de agrupar los incisivos inferiores como un solo bloque analítico en la mayoría de los estudios revisados, ya que su comportamiento en respuesta a la intrusión tiende a ser biomecánicamente homogéneo (23). Incluso se demostró que la predictibilidad no se ve comprometida por esta agrupación cuando las mediciones no diferencian entre centrales y laterales (13). Y en el caso de los caninos inferiores, si bien normalmente se le ha atribuye mayor resistencia al movimiento por su mayor volumen radicular, varios autores y estudios recientes han mostrado valores de predictibilidad comparables e incluso superiores a los de los incisivos, probablemente debido a su ubicación más periférica, que permite una mejor adaptación de la férula y una distribución más eficiente de las fuerzas intrusivas (18,26)

Por otra parte, uno de los estudios incluidos, el estudio de Kravitz y cols. 2024 (23), nos ofrece una aportación bastante relevante al evaluar el impacto de la edad sobre la eficacia del movimiento de intrusión, uno de los factores que influyó en la decisión al incluir dicho estudio ha sido gracias a su objetividad en comparar ambos grupos y la diferencia entre ambos. Se observó que los pacientes adolescentes alcanzaron no solo

mayor cantidad de intrusión planificada, sino también una mayor precisión porcentual respecto a los adultos. Esta diferencia, estadísticamente significativa podría explicarse por una combinación de factores: mayor plasticidad ósea, menor rigidez de los tejidos periodontales y un metabolismo más activo en adolescentes, lo que facilita la remodelación ósea bajo fuerzas ortodóncicas, como ha sido propuesto también en otros estudios y contrastado la argumentación (14,41), dicho hallazgo refuerza la necesidad de adaptar la planificación biomecánica de los movimientos en función de la edad del paciente (23). En el caso de adultos, podría ser recomendable aplicar estrategias de sobrecorrección más agresivas o staging más lento, dado que presentan una menor respuesta biológica al mismo estímulo mecánico, dicha recomendación coincide con las directrices clínicas expuestas en otras investigaciones donde sugieren personalizar la mecánica según factores individuales, incluyendo edad, patrón esquelético y densidad ósea regional (36,39).

Otro componente que influye directamente en la predictibilidad en presente estudio es el tiempo de tratamiento y el número de sets de alineadores empleados (2). Diversos estudios han evidenciado que la mayor parte de la corrección del overbite y de la intrusión planificada se logra durante el primer set de alineadores, y junto a otros autores demuestran que los refinamientos posteriores presentan una eficacia significativamente reducida, de hecho la precisión del movimiento vertical disminuyó del 37.6% en el primer set al 11.2% en el segundo y apenas al 6.3% en el tercero, lo que refleja una curva descendente de eficacia conforme avanza el tratamiento (26). Este patrón sugiere que la capacidad de los alineadores para inducir movimientos intrusivos efectivos se reduce progresivamente con cada fase de refinamiento, posiblemente debido a la fatiga del material (2), a la pérdida de control del staging original o a la adaptación tisular al movimiento (41). Esta tendencia ya fue señalada que la mayoría de los casos requieren dos o más ciclos de refinamiento para alcanzar los objetivos iniciales, lo que añade complejidad biomecánica y prolonga el tiempo total de tratamiento (11). Además, cada ciclo adicional puede introducir micro desviaciones acumulativas respecto al ClinCheck original, especialmente si se produce una modificación del vector de fuerza por pérdida de ajuste pasivo o errores de escaneo (2,13). Por tanto, el número de sets empleados no debe ser visto únicamente como una estrategia para alcanzar el objetivo

final, sino como un indicador indirecto de la baja predictibilidad inicial del movimiento, lo cual refuerza la necesidad de optimizar la planificación desde el primer set para maximizar la eficacia de la intrusión en etapas tempranas.

Por otro lado, otro aspecto clave que condiciona la interpretación de los resultados de los estudios es el método utilizado para la evaluación del movimiento dental, tanto en lo referente al software de planificación como al sistema de medición de resultados obtenidos. En la mayoría de los trabajos incluidos en esta revisión se empleó ClinCheck®, software que permite programar los movimientos deseados y visualizar el staging secuencial, sin embargo, no representa estructuras óseas ni radiculares lo que limita su utilidad para evaluar el comportamiento biomecánico completo, factor criticado por muchos autores (2,15,18,26), incluso aludiendo a que dicho software tiende a simplificar mucho e incorrectamente los movimientos horizontales (38), o su diseño poco preciso a coste de considerarse como software comercial (22).

En cuanto al sistema de medición e interpretación de los resultados, la mayoría de los estudios utilizaron superposición de modelos digitales con algoritmos, mientras que otros optaron por análisis cefalométricos bidimensionales que, si bien aportan un marco óseo de referencia, pero presentan menor precisión para movimientos de pequeña magnitud (<0.5 mm) (44) (Véase Tabla 3). Dicha falta de homogeneidad metodológica constituye una limitación relevante, ya que diferentes técnicas de medición pueden generar variabilidad en los resultados donde la extrusión aparente en incisivos podría derivar de una superposición errónea basada en molares móviles o en la ausencia de puntos anatómicos estables en la arcada inferior (15,18,21). En este contexto varios autores recomiendan utilizar referencias anatómicas constantes, como rugetti palatinos o torus mandibulares o incluso complementar con tecnologías como CBCT o escaneo intraoral en múltiples tiempos, para mejorar la fiabilidad de la comparación entre lo planificado y lo conseguido (21,38). Así, el tipo de software y el sistema de medición empleados no solo impactan en la calidad del análisis, sino que también pueden ser fuente de sesgo si no se aplican con rigor ni se explicitan claramente los criterios de superposición y evaluación utilizados.

Desde un punto de vista clínico, estos resultados y tantos factores dependientes subrayan la necesidad de individualizar al máximo la estrategia de intrusión priorizando dientes con mayor respuesta, reforzando el anclaje posterior, y planificando etapas más lentas y controladas. La predictibilidad no debe considerarse como un valor absoluto, sino como una estimación dependiente de múltiples factores anatómicos, biomecánicos y técnicos (14,38). Por tanto, la correcta interpretación de estos valores exige una integración crítica entre los datos clínicos y la experiencia del ortodoncista junto a su conocimiento teórico de la biomecánica

11.2. Estrategia de sobrecorrección

El uso de sobrecorrección en la planificación digital ha sido propuesto en presente revisión sistemática por varios autores como una estrategia clínica efectiva para compensar la baja predictibilidad de la intrusión, especialmente en dientes anteriores y sin apoyo auxiliar. Varios estudios aplican esta medida de forma sistemática, programando una intrusión más allá del plano funcional final (44), o exagerando la curva inversa de Spee (23), con el objetivo de alcanzar un cierre anterior eficaz tras la pérdida previsible de precisión en el movimiento real. Sin embargo, aunque la mayoría de las investigaciones identificadas mencionan esta estrategia, no cuantifican de forma estandarizada su magnitud ni los criterios clínicos que guían su implementación. Únicamente Palone y cols. 2022 (17), establece un valor estimado de 22% de sobrecorrección para la intrusión en dientes anteriores, propuesto tras comparar el movimiento planificado con el conseguido al finalizar las fases de refinamiento. A pesar de su relevancia clínica en este contexto de la variable, este estudio no pudo ser incluido en el análisis cuantitativo de predictibilidad por no aportar valores medibles en milímetros ni en percentil, lo cual refleja la falta de uniformidad metodológica para evaluar esta variable.

Esta ausencia de criterios numéricos estandarizados limita la extrapolación de recomendaciones clínicas generalizables y subraya la necesidad de futuras investigaciones controladas que permitan definir con mayor precisión qué grado de sobrecorrección debe aplicarse según el tipo de diente, arcada o magnitud del movimiento. Tal como advierten algunos autores, la sobrecorrección no debe

entenderse como una solución genérica, sino como una medida personalizable en función de la dificultad anatómica, la morfología radicular y el comportamiento biomecánico individual del diente (36,41)

Este fenómeno, sin embargo, tiende a pasar inadvertido en la práctica clínica habitual, ya que el sistema que la mayoría utiliza de ClinCheck® integran de forma predeterminada ciertos elementos de overengineering o sobrecorrección automática que no siempre son explícitos para el clínico (2). En algunos casos, estos ajustes automáticos se aplican de manera estándar en función del tipo de movimiento, del staging o del diente involucrado, sin que exista un control manual por parte del profesional, lo cual puede enmascarar parcialmente la verdadera eficacia del sistema (38). Esta situación contribuye a una falsa percepción de predictibilidad, dificultando la valoración real de la necesidad y magnitud de sobrecorrecciones adicionales personalizadas.

Los resultados descriptivos extraídos en esta revisión sistemática muestran una notable variabilidad entre los estudios en cuanto al uso y cuantificación de la sobrecorrección. No se observa un patrón uniforme ni en la metodología empleada ni en los criterios de medición utilizados. Por ejemplo, mientras que Kravitz y cols. 2024 (23), describen la aplicación de sobrecorrección mediante ajustes manuales planificados en ClinCheck®, como la curva inversa de Spee, otros estudios como el de Palone y cols. 2022 (17), proponen un porcentaje estimado del 22% derivado de la diferencia entre fases, pero sin vincularlo a un protocolo digital replicable. En otros casos, como el de Glassick y cols. 2017 (44), se menciona la presencia de sobrecorrección clínica, aunque no se cuantifica formalmente ni se describe el método de planificación utilizado. Esta falta de homogeneidad metodológica tanto en la ejecución como en la medición de la sobrecorrección revela una importante brecha de conocimiento clínico.

Por ello, se hace evidente la necesidad de desarrollar investigaciones clínicas estandarizadas, que no solo evalúen la eficacia del movimiento de intrusión con y sin sobrecorrección, sino que también permitan establecer un marco predictivo más sólido que guíe la planificación digital. Como han señalado varios autores, contar con valores de referencia consistentes permitirá a futuro no solo mejorar la precisión de la planificación con alineadores, sino también estimular el desarrollo de criterios

cuantificables para la implementación de métodos auxiliares como anclajes esqueléticos o staging segmentados cuando se justifique (21,39). En definitiva, la mejora de la predictibilidad pasa necesariamente por una mayor transparencia en los algoritmos de planificación, un control manual más preciso por parte del clínico y la validación sistemática de las estrategias compensatorias actualmente empleadas.

11.3. Complicaciones relacionadas con la intrusión

Uno de los elementos más consistentes en la literatura revisada es la aparición de complicaciones biomecánicas asociadas al movimiento de intrusión, siendo este el tipo de desplazamiento que más efectos adversos ha generado entre los movimientos evaluados con alineadores. En esta revisión, destacan dos estudios que reportan resultados especialmente negativos: Charalampakis y cols. 2018 (15), observaron una extrusión no deseada en lugar de la intrusión programada, con una predicción negativa del -64.6% en incisivos centrales y -59.1% en incisivos laterales superiores. Por su parte, Shahabuddin y cols. 2023 (18), también registraron extrusión en los incisivos centrales superiores (-36.0%) y en los laterales (-12.5%) a pesar de haber planificado movimientos de intrusión entre 0.41 y 1.14mm. Estos hallazgos reflejan desviaciones significativas respecto al movimiento esperado y claramente son indicativos de una pérdida del control vectorial durante el tratamiento.

A diferencia de otros desplazamientos como las traslaciones horizontales o la extrusión planificada, la intrusión presenta una complejidad técnica elevada, derivada de la necesidad de controlar con precisión el vector de fuerza apical, la posición radicular y la estabilidad del anclaje posterior (11,44). Las complicaciones más frecuentes incluyen la extrusión no planificada (15,18), el tipping coronal sin intrusión radicular efectiva (26) y la pérdida de anclaje o estabilidad posterior, lo cual compromete el control del centro de resistencia del diente (2,13). Este fenómeno, descrito como bite-block effect, se produce por el espesor acumulado de los alineadores en sectores posteriores, lo que genera una intrusión molar compensatoria que se traduce en una extrusión aparente de los dientes anteriores al realizar la superposición digital (38).

Dichos autores atribuyen esta desviación al efecto biomecánico inducido por los alineadores en la región posterior, especialmente cuando no se emplean rampas anteriores ni refuerzos de anclaje vertical. Por su parte, otros estudios también identifican esta complicación como resultado de limitaciones estructurales del diseño de ClinCheck®, así como de la ausencia de mecanismos de control radicular, lo cual interfiere directamente en la capacidad del sistema para dirigir correctamente el movimiento vertical (2,21,41)

11.4. Limitaciones del estudio

A pesar del intento por sistematizar los datos disponibles sobre la predictibilidad del movimiento de intrusión con alineadores invisibles, esta revisión presenta diversas limitaciones metodológicas que deben ser consideradas al interpretar los resultados. En primer lugar, se destaca la diversidad en los métodos de medición empleados entre los estudios incluidos, como el análisis cefalométrico bidimensional, la superposición de modelos digitales mediante algoritmos best-fit o el uso de registros clínicos sin referencias anatómicas estables. Esta diversidad metodológica generó una variabilidad significativa que dificultó la comparación directa de los resultados. Además, y como limitación especialmente evidente en el presente trabajo, se identificó una falta de estandarización en la cuantificación de la sobrecorrección, así como en los criterios utilizados para definir el éxito clínico del movimiento de intrusión. Esta carencia impidió realizar una síntesis numérica precisa en dicha variable secundaria; sin embargo, permitió evidenciar una brecha importante en la literatura actual que puede ser abordada en futuras investigaciones. Otra limitación clave fue que, aunque ciertos estudios cumplían los criterios de inclusión, no aportaban datos cuantificables en milímetros o porcentajes, lo que restringió su integración en el análisis estadístico y ponderado.

Desde una perspectiva práctica, también se observó una escasa representación de estudios con protocolos homogéneos en cuanto al número de sets utilizados, la duración total del tratamiento y la diferenciación entre dientes específicos (incisivos centrales, laterales o caninos), lo que pudo influir directamente en la dispersión de los datos. Por último, aunque esta revisión se limitó a estudios publicados en inglés y

español durante los últimos diez años, se decidió de forma excepcional incluir el estudio de Kravitz y cols. 2009 (11), tal como se ha señalado anteriormente en el apartado de selección de estudios, este trabajo presenta una relevancia metodológica y un valor histórico indiscutible en la evaluación de la eficacia de los alineadores, lo que lo convierten en una referencia ampliamente citada en la literatura reciente y en una contribución enriquecedora para la interpretación de los resultados de esta revisión.

A partir de estos hallazgos, se propone el desarrollo de nuevas investigaciones clínicas controladas y longitudinales que utilicen criterios de medición estandarizados, incorporando tecnologías avanzadas como CBCT, escáneres intraorales seriados y superposición basada en referencias anatómicas para mejorar la precisión de los análisis. Asimismo, futuros estudios deberían cuantificar de manera explícita el porcentaje de sobrecorrección aplicada, diferenciando por tipo de diente y arcada, lo que permitiría establecer protocolos clínicos replicables y validados. Finalmente, sería deseable que se profundizara en el estudio de factores individuales que influyen en la predictibilidad de la intrusión, tales como la edad del paciente, la densidad ósea, el tipo de anclaje empleado o el número de refinamientos necesarios, lo cual permitiría en un futuro realizar una planificación mucho más personalizada y, sobre todo, basada en evidencia.

12. CONCLUSIONES

Conclusiones principales

- La predictibilidad del movimiento de intrusión con alineadores invisibles sin técnicas auxiliares fue limitada, especialmente en los incisivos centrales superiores, mientras que el sector anterior de la arcada inferior mostró una mayor eficacia clínica.

Conclusiones secundarias

- La sobrecorrección se propuso como estrategia útil para mejorar la precisión de la intrusión, aunque su falta de estandarización limita su aplicación; además, la extrusión no deseada fue la complicación más frecuente detectada.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Yan X, Zhang X, Ren L, Yang Y, Wang Q, Gao Y, et al. Effectiveness of clear aligners in achieving proclination and intrusion of incisors among Class II division 2 patients: a multivariate analysis. *Prog Orthod*. 2023 Dec 1;24(1).
2. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. 2017 Mar 1;62:58–62.
3. KESLING HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg*. 1946 May;32:285–93.
4. Muro MP, Caracciolo ACA, Patel MP, Feres MFN, Roscoe MG. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. Vol. 21, *International Orthodontics*. Elsevier Masson s.r.l.; 2023.
5. Al-balaa M, Li H, MA Mohamed A, Xia L, Liu W, Chen Y, et al. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021 Mar 1;159(3):e275–80.
6. McNamara JA, Kramer KL, Juenker JP. Invisible retainers. *J Clin Orthod*. 1985 Aug;19(8):570–8.
7. AlMogbel A. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. *J Orthod Sci*. 2023 Sep;12(1).
8. Santa Clara CAT. Align Technology, Inc. 2002. The Invisalign Reference Guide.
9. Izhar A, Singh G, Goyal V, Singh R, Gupta N, Pahuja P. A Prospective Comparative Study between the Software Models and Clinical Models of Clear Aligner Treatment. *Orthodontic Journal of Nepal [Internet]*. 2019 Sep 20;9(1):28–34.
10. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *J Clin Orthod*. 2007 Sep;41(9):525–47; quiz 523.
11. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009 Jan;135(1):27–35.
12. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop*. 2012 Sep;73(5):365–76.

13. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2020 Sep 1;158(3):420–5.
14. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. Vol. 85, *Angle Orthodontist*. Allen Press Inc.; 2015. p. 881–9.
15. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2018 Jul 1;154(1):47–54.
16. Papadimitriou A, Mousouleas S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. Vol. 19, *Progress in Orthodontics*. Springer Berlin Heidelberg; 2018.
17. Palone M, Pignotti A, Morin E, Pancari C, Spedicato GA, Cremonini F, et al. Analysis of overcorrection to be included for planning clear aligner therapy: a retrospective study. *Angle Orthod*. 2023 Jan 1;93(1):11–8.
18. Shahabuddin N, Kang J, Jeon HH. Predictability of the deep overbite correction using clear aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2023 Jun 1;163(6):793–801.
19. Kim WH, Hong K, Lim D, Lee JH, Jung YJ, Kim B. Optimal Position of Attachment for Removable Thermoplastic Aligner on the Lower Canine Using Finite Element Analysis. *Materials (Basel)*. 2020 Jul 29;13(15).
20. Jia L, Wang C, Li L, He Y, Wang C, Song J, et al. The effects of lingual buttons, precision cuts, and patient-specific attachments during maxillary molar distalization with clear aligners: Comparison of finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2023 Jan;163(1):e1–12.
21. Li J, Si J, Xue C, Xu H. Seeking orderliness out of the orderless movements: an up-to-date review of the biomechanics in clear aligners. Vol. 25, *Progress in Orthodontics*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2024.
22. Jedliński M, Mazur M, Greco M, Belfus J, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. Attachments for the Orthodontic Aligner Treatment-State of the Art-A Comprehensive Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Mar 2;20(5).

23. Kravitz ND, Hansa I, Vaid NR, Moshiri M, Adel SM. Does age influence deep overbite correction with Invisalign? A prospective study evaluating mandibular incisor intrusion in adolescents vs adults. *Angle Orthod.* 2024 Mar 1;94(2):145–50.
24. Gonçalves A, Collard A, Monteiro F, Matos D, Carvalho Ó, Azevedo R, et al. Accuracy of Invisalign® on Upper Incisors: A Systematic Review. Vol. 36, *Turkish Journal of Orthodontics*. Galenos Publishing House; 2023.
25. Gao M, Yan X, Zhao R, Shan Y, Chen Y, Jian F, et al. Comparison of pain perception, anxiety, and impacts on oral health-related quality of life between patients receiving clear aligners and fixed appliances during the initial stage of orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2021 Jun 8;43(3):353–9.
26. Kang J, Jeon HH, Shahabuddin N. Does aligner refinement have the same efficiency in deep bite correction?: A retrospective study. *BMC Oral Health.* 2024 Dec 1;24(1).
27. Adel SM, Hansa I, Vaid NR. Clear aligner therapy in contemporary orthodontics: A scoping review of scholarly literature. Vol. 14, *APOS Trends in Orthodontics*. Scientific Scholar; 2024. p. 3–27.
28. Giancotti A, Greco M, Mampieri G. Extraction treatment using Invisalign Technique. *Prog Orthod.* 2006;7(1):32–43.
29. Shirey N, Mendonca G, Groth C, Kim-Berman H. Comparison of mechanical properties of 3-dimensional printed and thermoformed orthodontic aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2023 May;163(5):720–8.
30. Fang X, Qi R, Liu C. Root resorption in orthodontic treatment with clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019 Nov 29;22(4):259–69.
31. Nakornnoi T, Srirodjanakul W, Chintavalakorn R, Santiwong P, Sipiyaruk K. The biomechanical effects of clear aligner trimline designs and extensions on orthodontic tooth movement: a systematic review. *BMC Oral Health.* 2024 Dec 1;24(1).
32. Alawdi GM, Al Fahad MF, Al Muzher SB, Alfaifi AH, Hazeem AM, Dakheel RS, et al. Does Invisalign Outperform Fixed Appliance in Treating Vertical Discrepancies? *Cureus.* 2024 Aug 2;
33. Zhang L, Gong B, Xie X, Cao L, Gu Y, Sun Y, et al. The effectiveness of clear aligners in levelling the curve of Spee and related maxillofacial factors in

patients with a deep overbite. *Australasian Orthodontic Journal*. 2024 Jan 1;40(1):169–77.

34. Kenning KB, Risinger DC, English JD, Cozad BE, Harris LM, Ontiveros JC, et al. Evaluation of the dimensional accuracy of thermoformed appliances taken from 3D printed models with varied shell thicknesses: An in vitro study. *Int Orthod*. 2021 Mar;19(1):137–46.
35. Mehta S, Patel D, Yadav S. Staging Orthodontic Aligners for Complex Orthodontic Tooth Movement. *Turk J Orthod*. 2021 Sep 20;34(3):202–6.
36. Bowman SJ. Improving the predictability of clear aligners. *Semin Orthod*. 2017 Mar;23(1):65–75.
37. Caldas W, Bonin FA, Piscinini JLM, Vianna CP, Shimizu RH, Trojan LC. Evaluation of the success of predicted dental changes with clear-aligner treatment: A pilot study. *Saudi Dent J*. 2024 May;36(5):708–11.
38. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. Vol. 11, *Journal of the World Federation of Orthodontists*. Elsevier Inc.; 2022. p. 12–21.
39. Robertson L, Kaur H, Fagundes NCF, Romanyk D, Major P, Flores Mir C. Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review. *Orthod Craniofac Res*. 2020 May 13;23(2):133–42.
40. 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*. 2017 Aug 26;20(3):127–33.
41. Bilello G, Fazio M, Amato E, Crivello L, Galvano A, Currò G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Prog Orthod*. 2022 Dec 11;23(1):12.
42. Al-Nadawi M, Kravitz ND, Hansa I, Makki L, Ferguson DJ, Vaid NR. Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: Angle Orthod. 2021 Mar 1;91(2):157–63.
43. Graf I, Bock NC, Christ H, Fritz U, Wiechmann D. Quality of orthodontic care: A multicenter cohort study in Germany. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2022 Sep 17;83(5):291–306.
44. Glassick A, Gluck AJ, Kottelman W, Messersmith M. Evaluating the efficacy of lower incisor intrusion with clear aligners. *J Clin Orthod*. 2017;(4):234–9.

14. ANEXOS

TABLA 1: Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

AUTOR, AÑO	PUBLICACIÓN	MOTIVO DE EXCLUSIÓN
Mehta y cols. 2021 (35)	<i>Turkish Journal of Orthodontics</i>	Revisión sin datos clínicos específicos de intrusión
Bowman SJ 2017 (36)	<i>Seminars in Orthodontics</i>	Revisión conceptual sin mediciones clínicas
Caldas y cols. 2024 (37)	<i>Saudi Dental Journal</i>	Movimientos múltiples sin desglosar intrusión
Zhang y cols. 2024 (33)	<i>Australasian Orthodontic Journal</i>	Estudia curva de Spee, no intrusión directa
Upadhyay & Arqub 2022 (38)	<i>Journal of the World Federation of Orthodontists</i>	Revisión biomecánica sin resultados clínicos
Papadimitriou y cols. 2018 (16)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Revisión sin segmentar tipos de movimientos
Muro y cols. 2023 (4)	<i>International Orthodontics</i>	Mezcla movimientos de rotación, tipping, etc., sin separar intrusión
Robertson y cols. 2020 (39)	<i>Orthodontics & Craniofacial Research</i>	Resultados no específicos de intrusión
Zheng y cols. 2017 (40)	<i>Orthodontics & Craniofacial Research</i>	Comparación con brackets, sin centrarse en intrusión
Bilello y cols. 2022 (41)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Uso de técnicas auxiliares y refinamientos
Al-Nadawi y cols. 2021(42)	<i>The Angle Orthodontist</i>	Mezcla de movimientos, intrusión como movimiento secundario
Gonçalves y cols. 2023 (24)	<i>Turkish Journal of Orthodontics</i>	Baja precisión, intrusión como dato complementario
Graf y cols. 2024 (43)	<i>Journal of Orofacial Orthopedics</i>	Estudio PAR*, sin medición directa de intrusión
Li et al. 2024(21)	<i>Progress in Orthodontics</i>	Revisión biomecánica general, sin datos clínicos
Nakornnoi et al. 2024 (31)	<i>BMC Oral Health</i>	Revisión sobre diseño de alineadores, sin evaluar intrusión
Rossini y cols. 2015 (14)	<i>Angle Orthodontist</i>	Revisión sin datos clínicos específicos de intrusión

* **Estudio PAR** (Peer Assessment Rating) siendo una herramienta ortodóntica estandarizada que evalúa de forma global la mejora de una maloclusión después del tratamiento

TABLA 2: Información sobre si la intrusión fue el único movimiento evaluado o parte de un tratamiento combinado, independientemente de que se presenten los datos de forma aislada.

AUTOR, AÑO	MOVIMIENTO DE INTRUSIÓN	DATOS
Al-Balaa y cols 2021 (5)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior medida por CBCT
Yan y cols 2023 (1)	Aislado	Analizado de forma aislada la intrusión
Glassick y cols 2017 (44)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior inferior
Shahabuddin y cols 2023 (18)	Aislado	Centrado específicamente en la intrusión anterior superiores en modelos superpuestos
Kravitz y cols 2009 (11)	Combinado	Rotación, tipping, extrusión, intrusión, traducción horizontal
Haouili y cols 2020 (13)	Combinado	Rotación, tipping, intrusión, extrusión
Palone y cols 2022 (17)	Combinado	Inclinación, angulación, rotación, extrusión, intrusión
Charalampakis y cols 2018 (15)	Combinado	Horizontal, vertical (intrusión/extrusión), rotación, expansión intercanina e interpremolar
Kang y cols 2024 (26)	Combinado	Vertical (intrusión), inclinación
Kravitz y cols 2024 (23)	Combinado	Rotación, tipping, inclinación, intrusión

TABLA 3: Características de los estudios revisados

ARTÍCULO (AUTOR, AÑO)	TIPO DE ESTUDIO	Nº DE PACIENTES (EDAD MEDIA)	ARCADAS EVALUADAS	Nº DE DIENTES TOTAL	TIPO DE MALOCCLUSIÓN (Angle si refiere)	SOBRECORRECCIÓN ANALIZADA	SOFTWARE DE PLANIFICACIÓN UTILIZADO	ELEMENTOS DE MEDICIÓN DE RESULTADOS	DURACIÓN MEDIA
<i>Kravitz y cols. 2009 (11)</i>	Prospectivo	37 (31)	Ambas	189	No especificado; Maloclusión leve/moderada anterior	No	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 2–3 semanas, uso 22 h/día
<i>Haouili y cols. 2020 (13)</i>	Prospectivo	38 (36)	Ambas	899	Variado sin especificar; Clase I, Clase II, Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	8.5 meses
<i>Al-Balaa y cols. 2021(5)</i>	Retrospectivo	22 (23.7)	Ambas	142	Sobremordida profunda: - 19 pacientes de Clase I - 2 de Clase II - 1 de Clase III	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	19,3 meses (rango de 11–29)
<i>Yan y cols. 2023 (1)</i>	Retrospectivo	51 (25.1)	Superior	173	Clase II div. 2	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	No especifica duración total; cambio cada 10 días, uso ≥22 h/día
<i>Kang y cols. 2024 (26)</i>	Retrospectivo	20 (32.6)	Ambas	212	Sobremordida profunda	Sugerida	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	22.96 ± 12.34 meses

Kravitz y cols. 2024 (23)	Prospectivo	58 (15.1/40.7) *	Inferior	232	Sobremordida profunda: - 41 pacientes de Clase I - 14 de Clase II - 3 de Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; 22.4 alineadores promedios, cambio cada 1 semana, uso 22 h/día
Glassick y cols. 2017(44)	Retrospectivo	30 (29.4)	Inferior	30	Sobremordida profunda	No	ClinCheck®	Análisis cefalométrico 2D	No
Palone y cols. 2022 (17)	Retrospectivo	150 (33.7)	Ambas	1004	Clase I con apiñamiento leve (<3 mm)	Cuantificada	F22 Setup	3D Slicer	No se especifica duración total; 12–20 alineadores + 1 fase de refinamiento
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Retrospectivo	24 (32.8)	Ambos	286	- 17 pacientes de Clase I - 7 de Clase II	No	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 1–2 semanas, uso 20–22 h/día
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Retrospectivo	20 (37.5)	Ambos	184	- 13 pacientes con mordida profunda - 4 Sobremordida normal - 3 Mordida abierta anterior	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	12 ± 2,5 meses

*El valor entre paréntesis corresponde a la edad media de cada subgrupo: adolescentes (15.1 años) y adultos (40.7 años), con un total de 58 pacientes analizados

TABLA 4: Medición del riesgo de sesgo de los estudios clínicos prospectivos no aleatorizados mediante la guía CASPe para ensayos clínicos.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2009 (11)	Haouili y cols. 2020 (13)
¿Está claramente definida la pregunta del estudio?	Sí	Sí
¿Se realizó una asignación aleatoria a los grupos?	No	No
¿Se siguieron todos los pacientes hasta el final del estudio?	Sí	Sí
¿Hubo cegamiento de los pacientes, clínicos y evaluadores?	No	No
¿Eran los grupos similares al inicio del estudio?	-	-
¿Fueron tratados de igual manera los pacientes, salvo la intervención?	Sí	Sí
¿Fue muy grande el efecto del tratamiento?	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 41% de lo planeado.	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 50% de lo planeado.
¿Cuál es la precisión de este efecto (intervalos de confianza)?	No especificado. Solo se presentan medias y desviaciones estándar.	No especificado, pero sí desviaciones estándar y significancia estadística.
¿Es aplicable a tu medio o población local?	Sí	Sí
¿Se midieron todos los resultados importantes?	Sí	Sí
¿Se justifican los beneficios frente a los riesgos y costes?	Sí, estudio bastante reconocido por su aporte a la investigación	Sí

TABLA 5: Medición del riesgo de sesgo del estudio prospectivo observacional de cohortes con la guía CASPe específica para estudios de cohortes.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2024 (23)
¿Existió una comparación con una prueba de referencia adecuada?	Sí
¿Incluyó la muestra un espectro adecuado de pacientes?	Sí
¿Existe una adecuada descripción de la prueba?	Sí
¿Hubo evaluación “ciega” de los resultados?	No
¿La decisión de realizar el patrón oro fue independiente del resultado de la prueba problema?	Sí
¿Se pueden calcular los Cocientes de Probabilidad (Likelihood Ratios)?	No
¿Cuál es la precisión de los resultados?	No hay intervalos de confianza reportados, solo medias y desviaciones estándar
¿Serán satisfactorios en el ámbito del escenario la reproducibilidad de la prueba y su interpretación?	Sí
¿Es aceptable la prueba en este caso?	Sí
¿Modificarán los resultados de la prueba la decisión sobre cómo actuar?	Sí

TABLA 6: Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa, estudios observaciones cohortes sin grupo control.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comprobación de la exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	TOTAL
Al-balaa y cols. 2021 (5)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Yan y cols. 2023 (1)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Kang y cols. 2024 (26)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Glassick 2017 (44)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Palone y cols. 2022 (17)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Shahabuddin y cols. 2024 (18)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Charalampakis y cols. 2018 (15)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

TABLA 7: Comparación entre el movimiento planificado y conseguido en dientes anteriores, con valores de predictibilidad, desviación estándar por arcada y media ponderada final dividida por dientes y arcadas

AUTOR, AÑO	DATOS PARA EXTRAER	ARCADA SUPERIOR			ARCADA INFERIOR		
		INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS	INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS
<i>Kravitz y cols. 2009</i> (11)	Nº de dientes	39	22	17	37	42	32
	SD (%)	± 30.0	± 22.1	± 34.0	± 29.6	± 30.4	± 30.2
	Predictibilidad (%)	44.7	32.5	40.0	46.6	40.0	39.5
<i>Haouili y cols. 2020</i> (13)	Nº de dientes	150	150	150	150	150	149
	Predictibilidad (%)	33.4	44.6	53.3	33.9	36.7	51.3
<i>Al-balaa y cols. 2021</i> (5)	Nº de dientes	22	19	9	74		18
	Movimiento esperado (mm)	2.4	1.97	1.74	1.85		1.52
	Movimiento conseguido (mm)	1.16	1.1	0.83	0.82		0.72
	SD (mm)	± 0.84	± 0.82	± 0.46	± 0.52		± 0.25
	Predictibilidad (%)	48.3	55.8	47.7	44.3		47.4
<i>Yan y cols. 2023</i> (1)	Nº de dientes	173			-----	-----	-----
	Movimiento esperado (mm)	1.5			-----	-----	-----
	Movimiento conseguido (mm)	0.8			-----	-----	-----
	SD (mm)	± 1.1			-----	-----	-----
	Predictibilidad (%)	53.3			-----	-----	-----
<i>Kang y cols. 2024</i> (26)	Nº de dientes	38	38	30	38	38	30
	Movimiento esperado (mm)	1.02	1.09	1.05	1.26	1.09	0.84
	Movimiento conseguido (mm)	0.01	0.16	0.11	0.55	0.66	0.40
	SD (mm)	± 0.29	± 1.50	± 1.18	± 0.98	± 1.13	± 1.10
	Predictibilidad (%)	0.98	14.7	10.5	43.7	60.6	47.6

Kravitz y cols. 2024 (23)	Nº de dientes	-----	-----	-----	232		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.25		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.3		-----
	SD (%)	-----	-----	-----	± 21.9		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	57.8		-----
Glassick y cols. 2017 (44)	Nº de dientes	-----	-----	-----	30		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.19		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.49		-----
	SD (mm)	-----	-----	-----	± 0.78		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	68.0		-----
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Nº de dientes	48	48	48	48	46	48
	Movimiento esperado (mm)	1.14	1.04	0.77	2.48	2.47	1.6
	Movimiento conseguido (mm)	-0.41*	-0.13*	0.07	1.09	1.02	0.7
	SD (mm)	± 1.03	± 0.99	± 0.88	± 1.28	± 1.27	± 1.01
	Predictibilidad (%)	-36.0*	-12.5*	9.1	44.0	41.3	43.7
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Nº de dientes	18	22	40	64		40
	Movimiento esperado (mm)	0.99	0.88	0.41	1.33		0.86
	Movimiento conseguido (mm)	-0.64*	-0.52*	0.14	0.7		0.3
	SD (mm)	± 1.02	± 1.01	± 0.86	± 0.74		± 0.77
	Predictibilidad (%)	-64.6*	-59.1*	34.1	52.6		34.9
TOTAL MEDIA PONDERADA POR DIENTE/GRUPO DE DIENTES		15.75%	23.82%	38.16%	45.94%		46.33%
TOTAL MEDIA PONDERADA POR ARCADEA		28.06%			46.04%		

*Valores negativos de predictibilidad reflejan una discrepancia inversa, en la que los dientes presentaron extrusión clínica en vez de la intrusión programada.

SD – Desviación estándar (Siglas en inglés “Standart Deviation”)

TABLA 8: Análisis descriptivo y cualitativo sobre la presencia, modo de aplicación y efecto clínico de la sobrecorrección

AUTOR, AÑO	¿SE RECOMIENDA SOBRECORRECCIÓN?	MODO DE APLICACIÓN	EFFECTO CLÍNICO EVALUADO	¿CUANTIFICADO?
Kravitz y cols. 2024 (23)	Sí	ClinCheck + Ajuste Manual	Sí, mayor precisión	Sí, suponer la sobremordida a 0mm
Palone y cols. 2022 (17)	Sí	F22 Setup evaluada a partir del refinamiento	Sí, menos refinamientos y mayor precisión	Sí, 22% de sobrecorrección
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Sí	Ajuste manual	-	-
Haouili y cols. 2020 (13)	Sí	ClinCheck	-	-

TABLA 9: Resultados descriptivos de las complicaciones producidas por la intrusión

AUTOR, AÑO	DIENTES SUPERIORES	MOVIMIENTO (mm)		PREDICCIÓN (%)	COMPLICACIONES
		ESPERADO	CONSEGUIDO		
Charalampakis y cols. 2018 (15)	Incisivo central	0.99	-0.64	-64.6	Extrusión
	Incisivo lateral	0.88	-0.52	-59.1	Extrusión
Shahabuddin y cols. 2023 (18)	Incisivo central	1.14	1.04	-36.0	Extrusión
	Incisivo lateral	-0.41	-0.13	-12.5	Extrusión
Haouili y cols. 2020 (13)	Incisivos centrales y laterales	-	-	-	Inclinación coronal

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Portada
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	7-8
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	23
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	25
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	27
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	28-29
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	28-29
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	30
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	30-32
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	31
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	31
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	31-32
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	32
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	32

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	32
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	32
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	32
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	32
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	32
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	33-34
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	35
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	36-39
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	40-41
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	42-46
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	42-46
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	42-48
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	42-46

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	42-46
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	47-56
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	55-56
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	55-56
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	56
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

From: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71. This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DECLARACIÓN DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN LA ELABORACIÓN DEL TFG

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico, concretamente ChatGPT 4o

- Herramienta: Chat GPT 4o
- Funciones: La herramienta se utilizó para traducir textos entre el español y el inglés manteniendo el estilo académico correcto, así como ayuda para guiar la correcta ortografía a lo largo del documento.

- Prompts utilizados:

“Convierte este texto del inglés al español”

“Revisa la corrección ortográfica”

“Reformula esta sección utilizando sinónimos manteniendo el registro formal como hasta ahora”

“pásame esta introducción al español sin alterar el tono del inglés.”

“Puedes hacer el estilo de esta frase de la discusión en español para que mantenga el carácter científico?”

***“Predictibilidad de la Intrusión del Sector Anterior con
Alineadores Invisibles sin Técnicas Auxiliares: Una Revisión
Sistemática”***

Autores:

Nikita Lijnev ¹, Rafael Fernández Sabater ²

¹ *Student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.*

² *Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Spain.*

Correspondencia

Universidad Europea de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 – Valencia, España

gonikodem01@gmail.com

1. Resumen

Introducción: Los alineadores invisibles representan una alternativa estética a la ortodoncia convencional pero la predictibilidad del movimiento de intrusión en dientes anteriores continúa siendo un desafío biomecánico sobre todo sin el uso de técnicas auxiliares.

Objetivos: Evaluar la predictibilidad del movimiento de intrusión anterior con alineadores invisibles sin métodos auxiliares y analizar la estrategia de planificación de sobrecorrección como técnica para mejorar la precisión del tratamiento.

Material y métodos: Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science sobre la evaluación de la eficacia de la intrusión anterior con alineadores invisibles sin técnicas auxiliares, estudios clínicos y observacionales publicados en los últimos 10 años.

Resultados principales: Se incluyeron 10 estudios clínicos con un total de 3351 dientes anteriores. La predictibilidad media ponderada fue del 28,06 % para la arcada superior y del 46,04 % para la inferior, siendo los incisivos centrales superiores los menos predecibles (15,75 %) y los caninos inferiores los más estables (46,33 %). Y en cuanto al resto de dientes; incisivos superiores laterales (23.82%), caninos superiores (38.16%) e incisivos centrales y laterales inferiores (45.94%). En relación con la sobrecorrección, solo un estudio proporcionó un valor cuantitativo concreto del 22 %, pero se extraen valores descriptivos concretos de otros estudios que refuerzan su utilidad potencial. Las complicaciones más frecuentes incluyeron extrusión no deseada.

Conclusiones: La intrusión de dientes anteriores con alineadores invisibles sin métodos auxiliares muestra una eficacia limitada, particularmente en la arcada superior, pudiendo mejorar dicha precisión con métodos de sobrecorrección a pesar de que su uso carece de estandarización. La complicación más frecuente es extrusión no deseada.

Palabras claves: *Anterior intrusion, clear aligner therapy, predictability, efficacy, overcorrection.*

2. Introducción

La ortodoncia con alineadores invisibles ha experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas como una alternativa estética y funcional frente a los brackets convencionales, especialmente entre pacientes adultos que priorizan la comodidad, la higiene y la estética durante el tratamiento (1,2). Desde su concepción por Kesling en 1946 como método complementario a la ortodoncia tradicional (3), los alineadores han evolucionado gracias a los avances en tecnologías CAD-CAM, materiales termoplásticos y softwares de planificación digital (4,5).

Sin embargo, la predictibilidad de algunos movimientos ortodóncicos, como el torque radicular, la rotación y especialmente la intrusión, sigue siendo baja (6-8). La intrusión en dientes anteriores requiere fuerzas ligeras, constantes y verticales que los alineadores no siempre consiguen generar con precisión debido a la falta de anclaje fijo y limitada superficie de contacto (9,10).

Estudios recientes han evidenciado que los incisivos centrales superiores son especialmente difíciles de intruir sin apoyo auxiliar, generando incluso efectos contrarios como extrusión o tipping no deseado (8,11,12). Para mejorar la eficacia clínica, se ha propuesto la sobrecorrección digital del movimiento planificado (13,14), aunque la evidencia objetiva sobre su utilidad es aún limitada (15,16). Esta revisión sistemática evaluará la predictibilidad de la intrusión en incisivos y caninos tratados exclusivamente con alineadores invisibles sin técnicas auxiliares, analizando también el papel de la sobrecorrección y las complicaciones más frecuentes.

3. Material y métodos

Esta revisión sistemática se elaboró siguiendo la declaración PRISMA. La pregunta de investigación se formuló mediante el formato PICO:

- Población: Pacientes con maloclusión tratados exclusivamente con alineadores invisibles.
- Intervención: Intrusión de incisivos y caninos sin técnicas auxiliares.
- Comparación: No aplicable.
- Resultados: Predictibilidad y eficacia del movimiento; Impacto de la sobrecorrección; Complicaciones clínicas.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron ensayos clínicos y estudios observacionales, así como revisiones sistemáticas y metaanálisis. Los participantes debían ser adolescentes o adultos en tratamiento con alineadores invisibles exclusivamente. Los estudios debían aportar datos sobre intrusión sin uso de técnicas auxiliares. Se excluyeron estudios sin datos cuantificables, que mezclaran movimientos sin diferenciación, o con pacientes con patología periodontal no segregada.

Estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas electrónicas en PubMed, Scopus y Web of Science, usando descriptores MeSH y términos libres relacionados con alineadores, intrusión, eficacia, sobrecorrección y predictibilidad. Se aplicaron operadores booleanos OR, AND y NOT para afinar los resultados. Se establecieron filtros de idioma (inglés y español), texto completo, artículos publicados en los últimos 10 años y estudios clínicos y observacionales. La estrategia detallada se ajustó a los criterios de cada base.

Selección de estudios

El proceso de selección se realizó en tres etapas: filtrado por título, por resumen y por texto completo, aplicando criterios de inclusión y exclusión en cada fase. La selección final incluyó 10 estudios. (Figura 1)

Extracción de datos

Se extrajeron: autores, tipo de estudio, número de pacientes, tipo de diente tratado, cantidades de intrusión planificada y lograda en mm, método de evaluación (ClinCheck®, superposición 3D, cefalometría), presencia de sobrecorrección (modo, valor, grupo afectado, impacto clínico, %), complicaciones, tasa de éxito, duración del tratamiento y/o número de alineadores.

Evaluación de la calidad

Se emplearon herramientas según tipo de estudio: CASPe para estudios prospectivos y cohortes; Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios retrospectivos. Se consideró bajo riesgo si se obtenían más de 6 estrellas en NOS.

Síntesis de datos

Se calcularon medias ponderadas para variables como predictibilidad (%) y desviación estándar. No se realizó metaanálisis por la heterogeneidad de los estudios, optándose por un análisis descriptivo y comparativo.

4. Resultados

Selección de estudios:

Se identificaron 100 artículos (PubMed: 43, Scopus: 27, WoS: 26, búsqueda manual: 4). Tras eliminar duplicados y cribar por título y resumen, se excluyeron 68. Se evaluaron 26 textos completos y finalmente se incluyeron 10 estudios (Figura 1). El estudio de Kravitz y cols. (2009) se incorporó por su valor histórico y metodológico, pese a quedar fuera del rango temporal.

Características de los estudios incluidos:

Siete estudios fueron retrospectivos (11-17) y tres prospectivos (8,9,18). Todos analizaron movimientos de intrusión, presentando los datos de forma distinta.

Se incluyeron 450 pacientes y 3351 dientes. La sobremordida profunda fue la principal indicación en varios estudios (8,14,16,18). Siete estudios incluyeron dientes superiores, y seis también inferiores; Kravitz 2024 y Glassick se centraron en incisivos inferiores, y Yan y cols. 2023 (15) solo en los superiores.

Siete estudios midieron la predictibilidad en milímetros y porcentajes (8,9,11,12,14–16), y cinco mencionaron la sobrecorrección (8,13,15,16,18). Seis informaron sobre el número de alineadores y duración del tratamiento (8,12,13,15,16,18). La mayoría utilizó ClinCheck®, algunos complementaron con OrthoCAD® (16) o software propio (13). Los métodos de medición incluyeron superposición digital 3D, cefalometría 2D y CBCT (Tabla 1).

Evaluación de la calidad metodológica:

Los tres estudios prospectivos fueron considerados de riesgo moderado por la ausencia de cegamiento y aleatorización. Los siete estudios retrospectivos alcanzaron 7/9 estrellas en la escala NOS, clasificándose como bajo riesgo de sesgo, aunque con limitaciones por falta de grupo control y ajuste multivariable (Figuras 2–4).

Síntesis de resultados:

- Predictibilidad:

Nueve estudios ofrecieron datos cuantificables. En la arcada superior, la predictibilidad media fue del 28,06 % (908 dientes). Los incisivos centrales fueron los menos predecibles (15,75 %), con resultados negativos destacados en Charalampakis y cols. (2018) (11) y Shahabuddin y cols. (2023) (12). Los laterales alcanzaron 23,82 % y los caninos 38,16 %, con mejores valores en Haouili y cols. (2020) (8). En la arcada inferior, la media fue 46,04 % (1267 dientes), destacando 45,94 % para incisivos y 46,33 % para caninos, con valores superiores en Glassick y cols. (2017) (17). (Tabla 2)

- Sobrecorrección:

Solo Palone y cols. (2022) (13) cuantificó la sobrecorrección (22 %). Kravitz y cols. (2024) (18) y Charalampakis y cols. (2018) (11) describieron su implementación en ClinCheck®, y Haouili y cols. (2020) (8) mencionó el concepto de overengineering. En cambio el resto de los autores no la mencionaron (9,12,14,15,17). (Tabla 3).

- Complicaciones:

Tres estudios informaron complicaciones. Charalampakis y cols. (2018) (11) y Shahabuddin y cols. (2023) (12) observaron extrusión no deseada en incisivos superiores, con valores de predictibilidad negativos de hasta –64,6 %. Además, Haouili y cols. (2020) (8) reportó tipping coronal, aunque no lo cuantificó (Tabla 4).

5. Discusión

Predictibilidad del movimiento de intrusión:

La predictibilidad del movimiento de intrusión con alineadores invisibles sigue siendo limitada y especialmente en incisivos centrales superiores con una media del 15,75 %. En cambio, los caninos superiores y dientes inferiores mostraron valores más altos hasta 46,33 %. Estos resultados se relacionan con factores anatómicos y de anclaje, como la rigidez ósea mandibular, longitud radicular o posición del diente (8,11). Estudios como el de Kravitz y cols. (2024) (18) demostraron que la edad del paciente influye en la eficacia: los adolescentes mostraron mayor predictibilidad por su metabolismo activo y plasticidad ósea. Asimismo, se observó una reducción significativa de eficacia tras el primer set de alineadores, lo cual sugiere que la fatiga del material y pérdida de control en el staging comprometen el resultado clínico (9,16). La variabilidad entre métodos de evaluación generó diferencias notables. Muchos autores advierten que ClinCheck® no representa estructuras óseas ni radiculares y tiende a simplificar movimientos, lo que reduce la fiabilidad biomecánica (12,13). Se recomienda incorporar referencias anatómicas o tecnologías como CBCT para mayor precisión (17). La sobrecorrección se planteó como una estrategia útil, aunque solo Palone y cols. (2022) (13) la cuantificó en 22 %. En otros estudios fue aplicada cualitativamente sin valores estandarizados (11,18). Esta falta de uniformidad metodológica limita su aplicación clínica, y su eficacia real aún requiere validación en estudios controlados. En cuanto a complicaciones, los casos de extrusión no deseada, tipping y pérdida de anclaje posterior fueron los más frecuentes (8,13). Estas desviaciones se relacionan con el efecto “bite-block” inducido por el espesor posterior del alineador y deficiencias estructurales en el software de planificación (9,19). Entre las limitaciones del presente trabajo destacan: la heterogeneidad en los métodos de medición, la falta de datos cuantificables en algunos estudios, y la escasa diferenciación entre tipos de dientes (6,7). Además, la sobrecorrección no fue estandarizada ni consistentemente cuantificada lo que impidió su análisis estadístico. Futuras investigaciones deberían contemplar mediciones estandarizadas, cuantificación precisa de estrategias como la sobrecorrección, y análisis según edad, densidad ósea, tipo de anclaje o número de refinamientos (20-22). Estos elementos permitirán optimizar la planificación biomecánica y mejorar la predictibilidad clínica (23,24).

Estrategias de sobrecorrección:

La estrategia de sobrecorrección ha sido planteada por múltiples autores como un recurso clave para contrarrestar la baja predictibilidad del movimiento de intrusión con alineadores invisibles, especialmente en dientes anteriores sin métodos auxiliares (13,20,25). Este enfoque consiste en programar en el software una intrusión mayor a la planeada, anticipando la pérdida de eficacia durante la ejecución clínica. Sin embargo, a pesar de su frecuente mención, la evidencia cuantitativa disponible es escasa (13). En otros estudios se describió el uso de sobrecorrección en términos cualitativos o a través de ajustes visuales en el software ClinCheck®, sin reportar valores numéricos ni criterios de aplicación consistentes (11,18). Esta falta de uniformidad metodológica impide

establecer recomendaciones clínicas concretas. Además, la sobrecorrección muchas veces queda enmascarada por la preconfiguración automática del software sin control manual ni confirmación cuantitativa (8,12). Ante esta realidad, se hace evidente la necesidad de desarrollar protocolos estandarizados que definan con claridad cuándo y cuánto sobre corregir, en función del tipo de diente, arcada y magnitud del movimiento. Asimismo, sería deseable establecer guías que permitan diferenciar entre sobrecorrección planificada y ajustes automáticos del software, lo que permitiría mejorar la predictibilidad general del tratamiento y disminuir la necesidad de refinamientos (20,23).

Complicaciones asociadas a la intrusión:

Las complicaciones asociadas al movimiento de intrusión con alineadores invisibles han sido reportadas en distintos estudios incluidos en esta revisión. Los efectos adversos más frecuentes fueron la extrusión no deseada (11,12), el tipping coronal sin desplazamiento radicular efectivo (8,16), y la pérdida de anclaje posterior (9,13). En algunos estudios se observaron desviaciones significativas con valores negativos de predictibilidad, indicando que en lugar de lograr una intrusión se realizó una extrusión no deseada (11,12). Este fenómeno se conoce como “bite-block effect” y está relacionado con el grosor acumulado de los alineadores en sectores posteriores. Al generar una intrusión molar compensatoria, se produce una aparente extrusión de los incisivos al realizar la superposición digital. Esta situación fue documentada por autores quienes además señalaron que la falta de rampas anteriores o refuerzos verticales de anclaje agrava este efecto (8,9,19). Otra fuente importante de error está en el propio diseño del software ClinCheck®, el cual no incluye estructuras radiculares ni óseas y puede simplificar en exceso los movimientos, afectando la planificación de forma significativa (20). Además, la ausencia de mecanismos de control radicular impide una correcta dirección del vector de intrusión, dando lugar a efectos no deseados que comprometen el éxito del tratamiento (12,13).

6. Conclusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática evidencian que la predictibilidad del movimiento de intrusión mediante alineadores invisibles, sin empleo de técnicas auxiliares, es limitada, especialmente en los incisivos centrales superiores. En contraste, los dientes anteriores de la arcada inferior presentaron una mayor eficacia clínica. La sobrecorrección se planteó como una estrategia de mejora, aunque su aplicación continúa siendo poco estandarizada y clínicamente variable. Por último, la complicación más frecuente observada fue la extrusión no deseada.

7. Bibliografia

1. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J*. 2017 Mar;62(S1):58–62.
2. AlMogbel A. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. *J Orthod Sci*. 2023 Sep;12(1).
3. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg*. 1946 May; 32:285–93.
4. Muro MP, Caracciolo ACA, Patel MP, Feres MFN, Roscoe MG. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. *Int Orthod*. 2023;21(3):100751.
5. Align Technology Inc. The Invisalign Reference Guide. Santa Clara, CA: Align Technology; 2002.
6. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod*. 2015;85(5):881–9.
7. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod*. 2018;19(1):37.
8. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020 Sep;158(3):420–5.
9. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 Jan;135(1):27–35.
10. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop*. 2012 Sep;73(5):365–76.
11. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018 Jul;154(1):47–54.
12. Shahabuddin N, Kang J, Jeon HH. Predictability of the deep overbite correction using clear aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2023 Jun;163(6):793–801.
13. Palone M, Pignotti A, Morin E, Pancari C, Spedicato GA, Cremonini F, et al. Analysis of overcorrection to be included for planning clear aligner therapy: a retrospective study. *Angle Orthod*. 2023 Jan;93(1):11–8.
14. Al-balaa M, Li H, Mohamed AMA, Xia L, Liu W, Chen Y, et al. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021 Mar;159(3):e275–80.

15. Yan X, Zhang X, Ren L, Yang Y, Wang Q, Gao Y, et al. Effectiveness of clear aligners in achieving proclination and intrusion of incisors among Class II division 2 patients: a multivariate analysis. *Prog Orthod.* 2023;24(1):20.
16. Kang J, Jeon HH, Shahabuddin N. Does aligner refinement have the same efficiency in deep bite correction?: A retrospective study. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):300.
17. Glassick A, Gluck AJ, Kottelman W, Messersmith M. Evaluating the efficacy of lower incisor intrusion with clear aligners. *J Clin Orthod.* 2017;51(4):234–9.
18. Kravitz ND, Hansa I, Vaid NR, Moshiri M, Adel SM. Does age influence deep overbite correction with Invisalign? A prospective study evaluating mandibular incisor intrusion in adolescents vs adults. *Angle Orthod.* 2024 Mar;94(2):145–50.
19. Vaid NR, Hansa I, Adel SM. Clear aligner therapy in contemporary orthodontics: A scoping review of scholarly literature. *APOS Trends Orthod.* 2024;14(1):3–27.
20. Jedliński M, Mazur M, Greco M, Belfus J, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. Attachments for the orthodontic aligner treatment—State of the art: A comprehensive systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(5):4372.
21. Bilello G, Fazio M, Amato E, Crivello L, Galvano A, Currò G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Prog Orthod.* 2022;23(1):12.
22. Gonçalves A, Collard A, Monteiro F, Matos D, Carvalho Ó, Azevedo R, et al. Accuracy of Invisalign® on upper incisors: A systematic review. *Turk J Orthod.* 2023;36(1):1–10.
23. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod.* 2022;11(1):12–21.
24. Fang X, Qi R, Liu C. Root resorption in orthodontic treatment with clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(4):259–69.
25. Bowman SJ. Improving the predictability of clear aligners. *Semin Orthod.* 2017 Mar;23(1):65–75.

8. Anexo

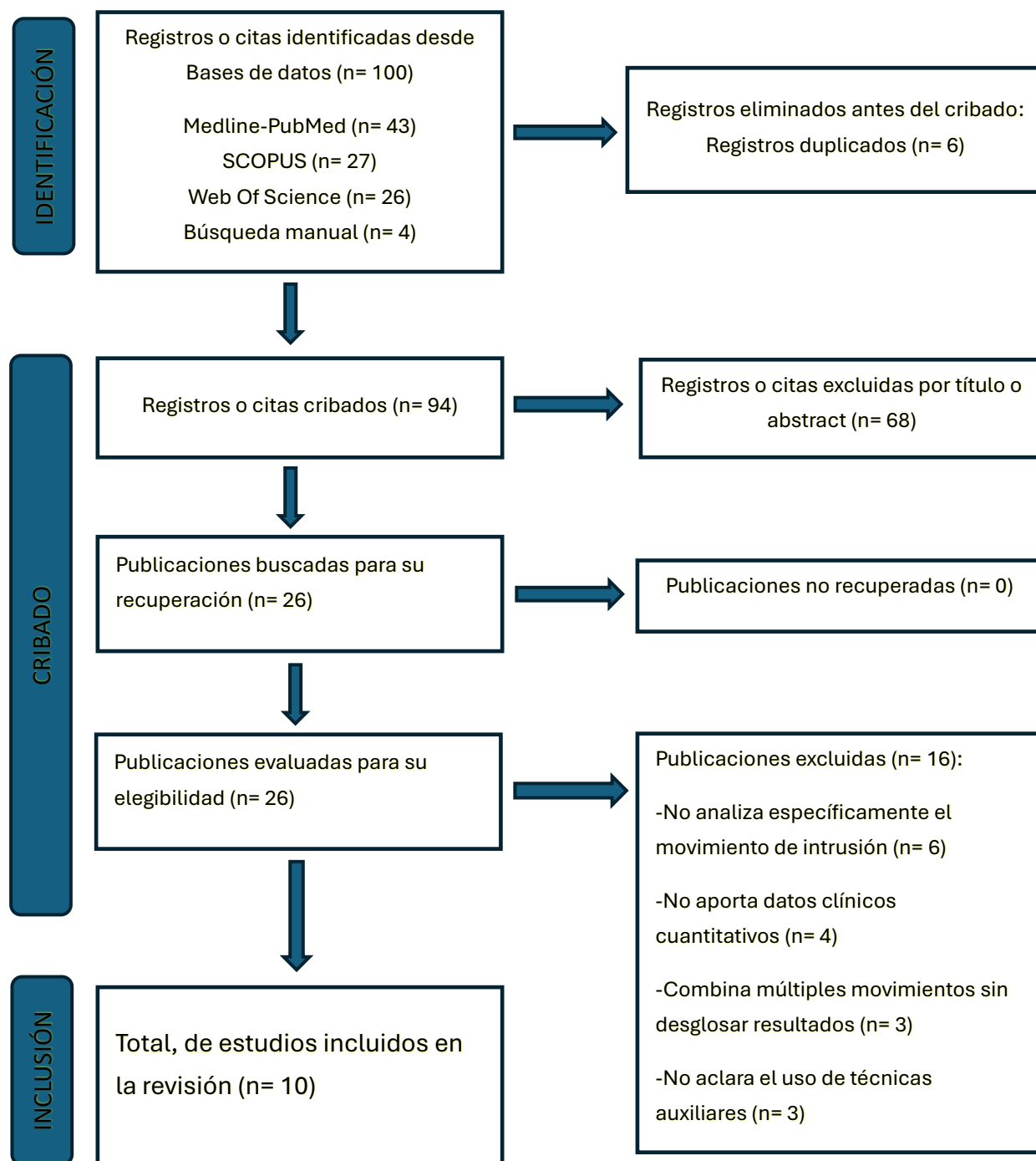


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática

TABLA 1: Características de los estudios revisados

ARTÍCULO (AUTOR, AÑO)	TIPO DE ESTUDIO	Nº DE PACIENTES (EDAD MEDIA)	ARCADAS EVALUADAS	Nº DE DIENTES TOTAL	TIPO DE MALOCCLUSIÓN (Angle si refiere)	SOBRECORRECCIÓN ANALIZADA	SOFTWARE DE PLANIFICACIÓN UTILIZADO	ELEMENTOS DE MEDICIÓN DE RESULTADOS	DURACIÓN MEDIA
<i>Kravitz y cols. 2009 (9)</i>	Prospectivo	37 (31)	Ambas	189	No especificado; Maloclusión leve/moderada anterior	No	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 2–3 semanas, uso 22 h/día
<i>Haouili y cols. 2020 (8)</i>	Prospectivo	38 (36)	Ambas	899	Variado sin especificar; Clase I, Clase II, Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	8.5 meses
<i>Al-Balaa y cols. 2021 (14)</i>	Retrospectivo	22 (23.7)	Ambas	142	Sobremordida profunda: - 19 pacientes de Clase I - 2 de Clase II - 1 de Clase III	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	19,3 meses (rango de 11–29)
<i>Yan y cols. 2023 (15)</i>	Retrospectivo	51 (25.1)	Superior	173	Clase II div. 2	No	ClinCheck®	Tomografía computarizada CBCT	No especifica duración total; cambio cada 10 días, uso ≥22 h/día
<i>Kang y cols. 2024 (16)</i>	Retrospectivo	20 (32.6)	Ambas	212	Sobremordida profunda	Sugerida	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	22.96 ± 12.34 meses

Kravitz y cols. 2024 (18)	Prospectivo	58 (15.1/40.7) *	Inferior	232	Sobremordida profunda: - 41 pacientes de Clase I - 14 de Clase II - 3 de Clase III	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	No especifica duración total; 22.4 alineadores promedios, cambio cada 1 semana, uso 22 h/día
Glassick y cols. 2017 (17)	Retrospectivo	30 (29.4)	Inferior	30	Sobremordida profunda	No	ClinCheck®	Análisis cefalométrico 2D	No
Palone y cols. 2022 (13)	Retrospectivo	150 (33.7)	Ambas	1004	Clase I con apiñamiento leve (<3 mm)	Cuantificada	F22 Setup	3D Slicer	No se especifica duración total; 12–20 alineadores + 1 fase de refinamiento
Shahabuddin y cols. 2023 (12)	Retrospectivo	24 (32.8)	Ambos	286	- 17 pacientes de Clase I - 7 de Clase II	No	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	No especifica duración total; cambio cada 1–2 semanas, uso 20–22 h/día
Charalampakis y cols. 2018 (11)	Retrospectivo	20 (37.5)	Ambos	184	- 13 pacientes con mordida profunda - 4 Sobremordida normal - 3 Mordida abierta anterior	Sugerida	ClinCheck®	3D Slicer	12 ± 2,5 meses

*El valor entre paréntesis corresponde a la edad media de cada subgrupo: adolescentes (15.1 años) y adultos (40.7 años), con un total de 58 pacientes analizados.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2009 (9)	Haouili y cols. 2020 (8)
¿Está claramente definida la pregunta del estudio?	Sí	Sí
¿Se realizó una asignación aleatoria a los grupos?	No	No
¿Se siguieron todos los pacientes hasta el final del estudio?	Sí	Sí
¿Hubo cegamiento de los pacientes, clínicos y evaluadores?	No	No
¿Eran los grupos similares al inicio del estudio?	-	-
¿Fueron tratados de igual manera los pacientes, salvo la intervención?	Sí	Sí
¿Fue muy grande el efecto del tratamiento?	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 41% de lo planeado.	Moderado-bajo. El movimiento promedio fue del 50% de lo planeado.
¿Cuál es la precisión de este efecto (intervalos de confianza)?	No especificado. Solo se presentan medias y desviaciones estándar.	No especificado, pero sí desviaciones estándar y significancia estadística.
¿Es aplicable a tu medio o población local?	Sí	Sí
¿Se midieron todos los resultados importantes?	Sí	Sí
¿Se justifican los beneficios frente a los riesgos y costes?	Sí, estudio bastante reconocido por su aporte a la investigación	Sí

Figura 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios clínicos prospectivos no aleatorizados mediante la guía CASPe para ensayos clínicos.

CRITERIOS	Kravitz y cols. 2024 (18)
¿Existió una comparación con una prueba de referencia adecuada?	Sí
¿Incluyó la muestra un espectro adecuado de pacientes?	Sí
¿Existe una adecuada descripción de la prueba?	Sí
¿Hubo evaluación “ciega” de los resultados?	No
¿La decisión de realizar el patrón oro fue independiente del resultado de la prueba problema?	Sí
¿Se pueden calcular los Cocientes de Probabilidad (Likelihood Ratios)?	No
¿Cuál es la precisión de los resultados?	No hay intervalos de confianza reportados, solo medias y desviaciones estándar
¿Serán satisfactorios en el ámbito del escenario la reproducibilidad de la prueba y su interpretación?	Sí
¿Es aceptable la prueba en este caso?	Sí
¿Modificarán los resultados de la prueba la decisión sobre cómo actuar?	Sí

Figura 3: Medición del riesgo de sesgo del estudio prospectivo observacional de cohortes con la guía CASPe específica para estudios de cohortes.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comprobación de la exposición	Demostración no presencia variable	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	TOTAL
Al-balaa y cols. 2021 (14)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Yan y cols. 2023 (15)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Kang y cols. 2024 (16)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Glassick 2017 (17)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Palone y cols. 2022 (13)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Shahabuddin y cols. 2024 (12)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Charalampakis y cols. 2018 (11)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

Figura 4: Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa, estudios observaciones cohortes sin grupo control.

TABLA 2: Comparación entre el movimiento planificado y conseguido en dientes anteriores, con valores de predictibilidad, desviación estándar por arcada y media ponderada final dividida por dientes y arcadas

AUTOR, AÑO	DATOS PARA EXTRAER	ARCADA SUPERIOR			ARCADA INFERIOR		
		INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS	INCISIVOS CENTRALES	INCISIVOS LATERALES	CANINOS
<i>Kravitz y cols. 2009</i> (9)	Nº de dientes	39	22	17	37	42	32
	SD (%)	± 30.0	± 22.1	± 34.0	± 29.6	± 30.4	± 30.2
	Predictibilidad (%)	44.7	32.5	40.0	46.6	40.0	39.5
<i>Haouili y cols. 2020</i> (8)	Nº de dientes	150	150	150	150	150	149
	Predictibilidad (%)	33.4	44.6	53.3	33.9	36.7	51.3
<i>Al-balaa y cols. 2021</i> (14)	Nº de dientes	22	19	9	74		18
	Movimiento esperado (mm)	2.4	1.97	1.74	1.85		1.52
	Movimiento conseguido (mm)	1.16	1.1	0.83	0.82		0.72
	SD (mm)	± 0.84	± 0.82	± 0.46	± 0.52		± 0.25
	Predictibilidad (%)	48.3	55.8	47.7	44.3		47.4
<i>Yan y cols. 2023</i> (15)	Nº de dientes	173			----	----	----
	Movimiento esperado (mm)	1.5			----	----	----
	Movimiento conseguido (mm)	0.8			----	----	----
	SD (mm)	± 1.1			----	----	----
	Predictibilidad (%)	53.3			----	----	----
<i>Kang y cols. 2024</i> (16)	Nº de dientes	38	38	30	38	38	30
	Movimiento esperado (mm)	1.02	1.09	1.05	1.26	1.09	0.84
	Movimiento conseguido (mm)	0.01	0.16	0.11	0.55	0.66	0.40
	SD (mm)	± 0.29	± 1.50	± 1.18	± 0.98	± 1.13	± 1.10
	Predictibilidad (%)	0.98	14.7	10.5	43.7	60.6	47.6

Kravitz y cols. 2024 (18)	Nº de dientes	-----	-----	-----	232		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.25		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.3		-----
	SD (%)	-----	-----	-----	± 21.9		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	57.8		-----
Glassick y cols. 2017 (17)	Nº de dientes	-----	-----	-----	30		-----
	Movimiento esperado (mm)	-----	-----	-----	2.19		-----
	Movimiento conseguido (mm)	-----	-----	-----	1.49		-----
	SD (mm)	-----	-----	-----	± 0.78		-----
	Predictibilidad (%)	-----	-----	-----	68.0		-----
Shahabuddin y cols. 2023 (12)	Nº de dientes	48	48	48	48	46	48
	Movimiento esperado (mm)	1.14	1.04	0.77	2.48	2.47	1.6
	Movimiento conseguido (mm)	-0.41*	-0.13*	0.07	1.09	1.02	0.7
	SD (mm)	± 1.03	± 0.99	± 0.88	± 1.28	± 1.27	± 1.01
	Predictibilidad (%)	-36.0*	-12.5*	9.1	44.0	41.3	43.7
Charalampakis y cols. 2018 (11)	Nº de dientes	18	22	40	64		40
	Movimiento esperado (mm)	0.99	0.88	0.41	1.33		0.86
	Movimiento conseguido (mm)	-0.64*	-0.52*	0.14	0.7		0.3
	SD (mm)	± 1.02	± 1.01	± 0.86	± 0.74		± 0.77
	Predictibilidad (%)	-64.6*	-59.1*	34.1	52.6		34.9
TOTAL MEDIA PONDERADA POR DIENTE/GRUPO DE DIENTES		15.75%	23.82%	38.16%	45.94%		46.33%
TOTAL MEDIA PONDERADA POR ARCADA		28.06%			46.04%		

*Valores negativos de predictibilidad reflejan una discrepancia inversa, en la que los dientes presentaron extrusión clínica en vez de la intrusión programada.

SD – Desviación estándar (Siglas en inglés “Standart Deviation”)

TABLA 3: Análisis descriptivo y cualitativo sobre la presencia, modo de aplicación y efecto clínico de la sobrecorrección

AUTOR, AÑO	¿SE RECOMIENDA SOBRECORRECCIÓN?	MODO DE APLICACIÓN	EFFECTO CLÍNICO EVALUADO	¿CUANTIFICADO?
Kravitz y cols. 2024 (18)	Sí	ClinCheck + Ajuste Manual	Sí, mayor precisión	Sí, suponer la sobremordida a 0mm
Palone y cols. 2022 (13)	Sí	F22 Setup evaluada a partir del refinamiento	Sí, menos refinamientos y mayor precisión	Sí, 22% de sobrecorrección
Charalampakis y cols. 2018 (11)	Sí	Ajuste manual	-	-
Haouili y cols. 2020 (8)	Sí	ClinCheck	-	-

TABLA 4: Resultados descriptivos de las complicaciones producidas por la intrusión

AUTOR, AÑO	DIENTES SUPERIORES	MOVIMIENTO (mm)		PREDICCIÓN (%)	COMPLICACIONES
		ESPERADO	CONSEGUIDO		
Charalampakis y cols. 2018 (11)	Incisivo central	0.99	-0.64	-64.6	Extrusión
	Incisivo lateral	0.88	-0.52	-59.1	Extrusión
Shahabuddin y cols. 2023 (12)	Incisivo central	1.14	1.04	-36.0	Extrusión
	Incisivo lateral	-0.41	-0.13	-12.5	Extrusión
Haouili y cols. 2020 (8)	Incisivos centrales y laterales	-	-	-	Inclinación coronal

"Predictability of Anterior Sector Intrusion with Invisible Aligners without Auxiliary Techniques: A Systematic Review"

Authors:

Nikita Lijnev ¹, Rafael Fernández Sabater ²

¹ Student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

² Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Spain.

Correspondence

**Universidad Europea de Valencia
Paseo de la Alameda, 7
46010 – Valencia, Spain
gonikodem01@gmail.com**

1. Summary

Introduction: Invisible aligners represent an aesthetic alternative to conventional orthodontics, but the predictability of intrusion movement in anterior teeth continues to be a biomechanical challenge, especially without the use of auxiliary techniques.

Objectives: To evaluate the predictability of anterior intrusion motion with invisible aligners without auxiliary methods and to analyze the overcorrection planning strategy as a technique to improve treatment accuracy.

Material and methods: A systematic review was carried out in the PubMed, Scopus and Web of Science databases on the evaluation of the efficacy of anterior intrusion with invisible aligners without auxiliary techniques, clinical and observational studies published in the last 10 years.

Main results: We included 10 trials with a total of 3351 anterior teeth. The weighted mean predictability was 28.06 % for the upper arch and 46.04 % for the lower arch, with the upper central incisors being the least predictable (15.75 %) and the lower canines the most stable (46.33 %). And as for the rest of the teeth; lateral upper incisors (23.82%), upper canines (38.16%) and lower central and lateral incisors (45.94%). In relation to overcorrection, only one study provided a concrete quantitative value of 22%, but specific descriptive values are extracted from other studies that reinforce its potential usefulness. The most frequent complications included unwanted extrusion.

Conclusions: The intrusion of anterior teeth with invisible aligners without auxiliary methods shows limited efficacy, particularly in the upper arch, and this accuracy can be improved with overcorrection methods despite the fact that their use lacks standardization. The most common complication is unwanted extrusion.

Key words: *Anterior intrusion, clear aligner therapy, predictability, efficacy, overcorrection.*

2. Introduction

Orthodontics with invisible aligners has experienced notable growth in recent decades as an aesthetic and functional alternative to conventional braces, especially among adult patients who prioritize comfort, hygiene, and aesthetics during treatment (1,2). Since their conception by Kesling in 1946 as a complementary method to traditional orthodontics (3), aligners have evolved thanks to advances in CAD-CAM technologies, thermoplastic materials and digital planning software (4,5).

However, the predictability of some orthodontic movements, such as root torque, rotation, and especially intrusion, remains low (6-8). Intrusion into anterior teeth requires light, constant, vertical forces that aligners are not always able to generate accurately due to the lack of fixed anchorage and limited contact surface (9,10).

Recent studies have shown that the upper central incisors are especially difficult to intrude without auxiliary support, even generating opposite effects such as extrusion or unwanted tipping (8,11,12). To improve clinical efficacy, digital overcorrection of planned movement has been proposed (13,14), although objective evidence on its usefulness is still limited (15,16). This systematic review will evaluate the predictability of intrusion in incisors and canines treated exclusively with invisible aligners without auxiliary techniques, also analyzing the role of overcorrection and the most frequent complications.

3. Material and methods

This systematic review was prepared following the PRISMA statement. The research question was formulated using the PICO format:

- Population: Patients with malocclusion treated exclusively with invisible aligners.
- Intervention: Intrusion of incisors and canines without auxiliary techniques.
- Comparison: Not applicable.
- Results: Predictability and effectiveness of movement; Impact of overcorrection; Clinical complications.

Eligibility Criteria

We included clinical trials and observational studies, as well as systematic reviews and meta-analyses. Participants had to be adolescents or adults being treated with invisible aligners exclusively. The studies had to provide data on intrusion without the use of auxiliary techniques. We excluded studies without quantifiable data, mixing movements without differentiation, or with patients with non-segregated periodontal pathology.

Search strategy

Electronic searches were conducted in PubMed, Scopus and Web of Science, using MeSH descriptors and free terms related to aligners, intrusion, efficacy, overcorrection and predictability. OR, AND, and NOT boolean operators were applied to refine the results. Language filters (English and Spanish), full text, articles published in the last 10 years,

and clinical and observational studies were established. The detailed strategy was adjusted to the criteria of each base.

Study selection

The selection process was carried out in three stages: filtering by title, by abstract and by full text, applying inclusion and exclusion criteria in each phase. The final selection included 10 studies. (Figure 1)

Data extraction

The following were extracted: authors, type of study, number of patients, type of tooth treated, amounts of intrusion planned and achieved in mm, evaluation method (ClinCheck®, 3D overlay, cephalometry), presence of overcorrection (mode, value, affected group, clinical impact, %), complications, success rate, duration of treatment and/or number of aligners.

Quality assessment

Tools were used according to type of study: CASPe for prospective studies and cohorts; Newcastle-Ottawa (NOS) for retrospective studies. It was considered low risk if more than 6 stars were obtained in NOS.

Data Synthesis

Weighted means were calculated for variables such as predictability (%) and standard deviation. Meta-analysis was not performed due to the heterogeneity of the studies, opting for a descriptive and comparative analysis.

4. Results

Selection of studies:

We identified 100 articles (PubMed: 43, Scopus: 27, WoS: 26, handsearch: 4). After removing duplicates and screening by title and abstract, 68 were excluded. A total of 26 full-texts were evaluated and 10 studies were finally included (Figure 1). The study by Kravitz et al. (2009) (9) was incorporated for its historical and methodological value, despite being outside the time range.

Characteristics of the included studies:

Seven studies were retrospective (11-17) and three were prospective (8,9,18). They all analyzed intrusion movements, presenting the data differently.

450 patients and 3351 teeth were included. Deep overbite was the main indication in several studies (8,14,16,18). Seven studies included upper teeth, and six also lower teeth; Kravitz et al. (2024) and Glassick et al. 2017 (17) focused on lower incisors, and Yan et al. (2023) (15) only on the upper incisors.

Seven studies measured predictability in millimeters and percentages (8,9,11,12,14–16), and five mentioned overcorrection (8,13,15,16,18). Six reported on the number of

aligners and duration of treatment (8,12,13,15,16,18). Most used ClinCheck®, some complemented with OrthoCAD® (16) or proprietary software (13). Measurement methods included 3D digital overlay, 2D cephalometry, and CBCT (Table 1).

Evaluation of methodological quality:

All three prospective studies were judged to be moderate-risk due to the absence of blinding and randomisation. The seven retrospective studies achieved 7/9 stars on the NOS scale, classified as low risk of bias, although with limitations due to lack of control group and multivariable adjustment (Figures 2–4).

Summary of results:

- Predictability:

Nine studies provided quantifiable data. In the upper arch, the mean predictability was 28.06% (908 teeth). The central incisors were the least predictable (15.75%), with negative results highlighted in Charalampakis et al. (2018) (11) and Shahabuddin et al. (2023) (12). The full-backs reached 23.82 % and the canines 38.16 %, with better values in Haouili et al. (2020) (8). In the lower arch, the mean was 46.04 % (1267 teeth), with 45.94 % for incisors and 46.33 % for canines, with higher values in Glassick et al. (2017) (17). (Table 2)

- Overcorrection:

Only Palone et al. (2022) (13) quantified overcorrection (22%). Kravitz et al. (2024) (18) and Charalampakis et al. (2018) (11) described its implementation in ClinCheck®, and Haouili et al. (2020) (8) mentioned the concept of overengineering. On the other hand, the rest of the authors did not mention it (9,12,14,15,17). (Table 3).

- Complications:

Three studies reported complications. Charalampakis et al. (2018) (11) and Shahabuddin et al. (2023) (12) observed unwanted extrusion in upper incisors, with negative predictability values of up to -64.6%. In addition, Haouili et al. (2020) (8) reported coronal tipping, although it did not quantify it (Table 4).

5. Discussion

Predictability of intrusion movement:

The predictability of intrusion movement with invisible aligners remains limited and especially in the upper central incisors with an average of 15.75%. On the other hand, the upper canines and lower teeth showed higher values up to 46.33%. These results are related to anatomical and anchorage factors, such as mandibular bone stiffness, root length, or tooth position (8,11). Studies such as that of Kravitz et al. (2024) (18) showed that the age of the patient influences efficacy: adolescents showed greater predictability due to their active metabolism and bone plasticity. Likewise, a significant reduction in efficacy was observed after the first set of aligners, suggesting that material fatigue and

loss of control in staging compromise the clinical outcome (9,16). The variability between evaluation methods generated notable differences. Many authors warn that ClinCheck® does not represent bone or root structures and tends to simplify movements, which reduces biomechanical reliability (12,13). It is recommended to incorporate anatomical references or technologies such as CBCT for greater precision (17). Overcorrection was proposed as a useful strategy, although only Palone et al. (2022) (13) quantified it at 22%. In other studies, it was applied qualitatively without standardized values (11,18). This lack of methodological uniformity limits its clinical application, and its real efficacy still requires validation in controlled studies. Among the limitations of the present study are: heterogeneity in measurement methods, lack of quantifiable data in some studies, and poor differentiation between types of teeth (6,7). In addition, overcorrection was not standardized or consistently quantified, which prevented its statistical analysis. Future research should include standardized measurements, precise quantification of strategies such as overcorrection, and analysis according to age, bone density, type of anchorage or number of refinements (20-22). These elements will optimize biomechanical planning and improve clinical predictability (23,24).

Overcorrection strategies:

The overcorrection strategy has been proposed by multiple authors as a key resource to counteract the low predictability of intrusion movement with invisible aligners, especially in anterior teeth without auxiliary methods (13,20,25). This approach consists of programming a greater intrusion into the software than planned, anticipating the loss of efficiency during clinical execution. However, despite its frequent mention, the available quantitative evidence is scarce (13). In other studies, the use of overcorrection was described in qualitative terms or through visual adjustments in the ClinCheck® software, without reporting numerical values or consistent application criteria (11,18). This lack of methodological uniformity prevents the establishment of concrete clinical recommendations. In addition, overcorrection is often masked by automatic software preconfiguration without manual control or quantitative confirmation (8,12). Given this reality, it is evident that there is a need to develop standardized protocols that clearly define when and how much to overcorrect, depending on the type of tooth, arch and magnitude of movement. It would also be desirable to establish guidelines that differentiate between planned overcorrection and automatic software adjustments, which would improve the overall predictability of treatment and reduce the need for refinements (20,23).

Complications associated with intrusion:

Complications associated with intrusion movement with invisible aligners have been reported in different studies included in this review. The most frequent adverse effects were unwanted extrusion (11,12), coronal tipping without effective root displacement (8,16), and loss of posterior anchorage (9,13). In some studies, significant deviations with negative predictability values were observed, indicating that instead of achieving an intrusion, an unwanted extrusion was performed (11,12). This phenomenon is known as

the "bite-block effect" and is related to the accumulated thickness of the aligners in posterior sectors. When generating a compensatory molar intrusion, there is an apparent extrusion of the incisors when performing the digital superimposition. This situation was documented by authors who also pointed out that the lack of previous ramps or vertical anchor reinforcements aggravates this effect (8,9,19). Another important source of error is in the design of the ClinCheck® software itself, which does not include root or bone structures and can oversimplify movements, significantly affecting planning (20). In addition, the absence of root control mechanisms prevents a correct direction of the intrusion vector, leading to undesired effects that compromise the success of the treatment (12,13).

6. Conclusion

The findings of this systematic review show that the predictability of intrusion movement using invisible aligners, without the use of auxiliary techniques, is limited, especially in the upper central incisors. In contrast, the anterior teeth of the lower arch showed greater clinical efficacy. Overcorrection was proposed as an improvement strategy, although its application continues to be poorly standardized and clinically variable. Finally, the most frequent complication observed was unwanted extrusion.

7. Bibliography

1. Weir T. Clear aligners in orthodontic treatment. *Aust Dent J.* 2017 Mar;62(S1):58–62.
2. AlMogbel A. Clear Aligner Therapy: Up to date review article. *J Orthod Sci.* 2023 Sep;12(1).
3. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg.* 1946 May; 32:285–93.
4. Muro MP, Caracciolo ACA, Patel MP, Feres MFN, Roscoe MG. Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review. *Int Orthod.* 2023;21(3):100751.
5. Align Technology Inc. The Invisalign Reference Guide. Santa Clara, CA: Align Technology; 2002.
6. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881–9.
7. Papadimitriou A, Mousouleas S, Gkantidis N, Kloukos D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Prog Orthod.* 2018;19(1):37.

8. Haouili N, Kravitz ND, Vaid NR, Ferguson DJ, Makki L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020 Sep;158(3):420–5.
9. Kravitz ND, Kusnoto B, BeGole E, Obrez A, Agran B. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Jan;135(1):27–35.
10. Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop.* 2012 Sep;73(5):365–76.
11. Charalampakis O, Iliadi A, Ueno H, Oliver DR, Kim KB. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018 Jul;154(1):47–54.
12. Shahabuddin N, Kang J, Jeon HH. Predictability of the deep overbite correction using clear aligners. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2023 Jun;163(6):793–801.
13. Palone M, Pignotti A, Morin E, Pancari C, Spedicato GA, Cremonini F, et al. Analysis of overcorrection to be included for planning clear aligner therapy: a retrospective study. *Angle Orthod.* 2023 Jan;93(1):11–8.
14. Al-balaa M, Li H, Mohamed AMA, Xia L, Liu W, Chen Y, et al. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021 Mar;159(3):e275–80.
15. Yan X, Zhang X, Ren L, Yang Y, Wang Q, Gao Y, et al. Effectiveness of clear aligners in achieving proclination and intrusion of incisors among Class II division 2 patients: a multivariate analysis. *Prog Orthod.* 2023;24(1):20.
16. Kang J, Jeon HH, Shahabuddin N. Does aligner refinement have the same efficiency in deep bite correction?: A retrospective study. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):300.
17. Glassick A, Gluck AJ, Kottelman W, Messersmith M. Evaluating the efficacy of lower incisor intrusion with clear aligners. *J Clin Orthod.* 2017;51(4):234–9.
18. Kravitz ND, Hansa I, Vaid NR, Moshiri M, Adel SM. Does age influence deep overbite correction with Invisalign? A prospective study evaluating mandibular incisor intrusion in adolescents vs adults. *Angle Orthod.* 2024 Mar;94(2):145–50.
19. Vaid NR, Hansa I, Adel SM. Clear aligner therapy in contemporary orthodontics: A scoping review of scholarly literature. *APOS Trends Orthod.* 2024;14(1):3–27.
20. Jedliński M, Mazur M, Greco M, Belfus J, Grocholewicz K, Janiszewska-Olszowska J. Attachments for the orthodontic aligner treatment—State of the art: A comprehensive systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(5):4372.
21. Bilello G, Fazio M, Amato E, Crivello L, Galvano A, Currò G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Prog Orthod.* 2022;23(1):12.

22. Gonçalves A, Collard A, Monteiro F, Matos D, Carvalho Ó, Azevedo R, et al. Accuracy of Invisalign® on upper incisors: A systematic review. *Turk J Orthod.* 2023;36(1):1–10.
23. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod.* 2022;11(1):12–21.
24. Fang X, Qi R, Liu C. Root resorption in orthodontic treatment with clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(4):259–69.
25. Bowman SJ. Improving the predictability of clear aligners. *Semin Orthod.* 2017 Mar;23(1):65–75.

8. Annex

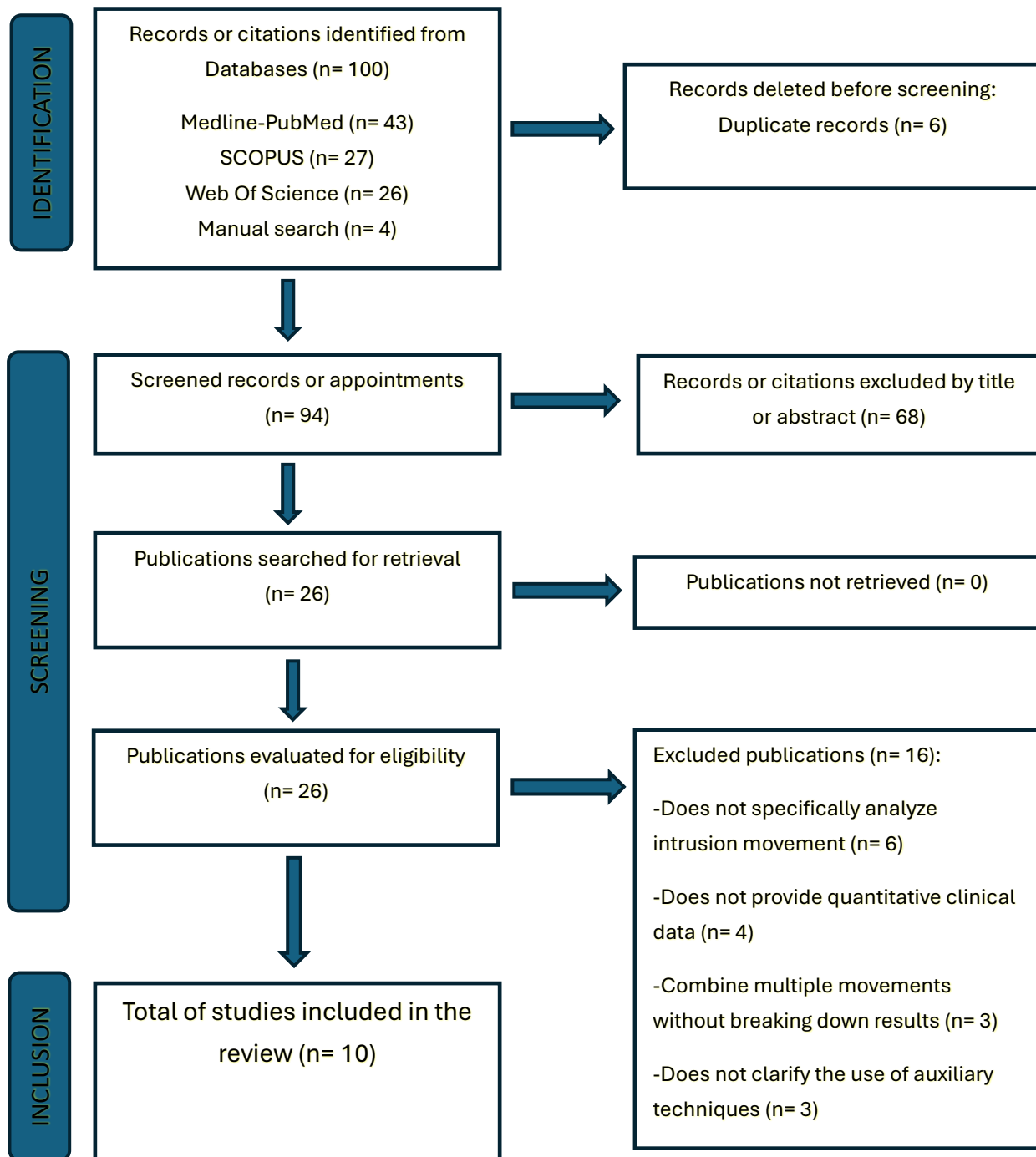


Figure 1. Search flowchart and title selection process during systematic review

TABLE 1: Characteristics of the studies reviewed

ARTICLE (AUTHOR, YEAR)	TYPE OF STUDY	NUMBER OF PATIENTS (AVERAGE AGE)	EVALUATED ARCHES	TOTAL NUMBER OF TEETH	TYPE OF MALOCCLUSION (Angle if you prefer)	OVERCORRECTION ANALYZED	PLANNING SOFTWARE USED	ELEMENTS OF MEASURING RESULTS	AVERAGE DURATION
<i>Kravitz et al. 2009 (9)</i>	Prospective	37 (31)	Both	189	Unspecified; Anterior mild/moderate malocclusion	No	ClinCheck®	3D Slicer	No total duration specified; change every 2– 3 weeks, use 22 h/day
<i>Haouili et al. 2020 (8)</i>	Prospective	38 (36)	Both	899	Varied unspecified; Class I, Class II, Class III	Suggested	ClinCheck®	3D Slicer	8.5 months
<i>Al-Balaa et al. 2021 (14)</i>	Retrospective	22 (23.7)	Both	142	Deep overbite: - 19 Class I patients - 2 Class II - 1 Class III	No	ClinCheck®	CBCT CT scan	19.3 months (range 11–29)
<i>Yan et al. 2023 (15)</i>	Retrospective	51 (25.1)	Upper	173	Class II div. 2	No	ClinCheck®	CBCT CT scan	It does not specify total duration; Change every 10 days, use ≥22 h/day
<i>Kang et al. 2024 (16)</i>	Retrospective	20 (32.6)	Both	212	Deep overbite	Suggested	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	22.96 ± 12.34 months

Kravitz et al. 2024 (18)	Prospective	58 (15.1/40.7) *	Lower	232	Deep overbite: - 41 Class I patients - 14 Class II - 3 Class III	Suggested	ClinCheck®	3D Slicer	It does not specify total duration; 22.4 average aligners, change every 1 week, wear 22 h/day
Glassick et al. 2017 (17)	Retrospective	30 (29.4)	Lower	30	Deep overbite	No	ClinCheck®	2D cephalometric analysis	No
Palone et al. 2022 (13)	Retrospective	150 (33.7)	Both	1004	Class I with light crowding (<3 mm)	Quantified	F22 Setup	3D Slicer	Total duration is not specified; 12–20 aligners + 1 refinement phase
Shahabuddin et al. 2023 (12)	Retrospective	24 (32.8)	Both	286	- 17 Class I patients - 7 Class II	No	ClinCheck® + OrthoCAD	3D Slicer	No total duration specified; change every 1–2 weeks, use 20–22 h/day
Charalampakis et al. 2018 (11)	Retrospective	20 (37.5)	Both	184	- 13 patients with deep bite - 4 Normal overbite - 3 Anterior open bite	Suggested	ClinCheck®	3D Slicer	12 ± 2.5 months

*The value in parentheses corresponds to the mean age of each subgroup: adolescents (15.1 years) and adults (40.7 years), with a total of 58 patients analyzed.

CRITERIA	Kravitz et al. 2009 (9)	Haouili et al. 2020 (8)
Is the question of the study clearly defined?	Yes	Yes
Was there a random assignment to the groups?	No	No
Were all patients followed until the end of the study?	Yes	Yes
Was there blinding of patients, clinicians and evaluators?	No	No
Were the groups similar at baseline?	-	-
Were the patients treated in the same way, except for the intervention?	Yes	Yes
Was the effect of the treatment very great?	Moderate-low. The average movement was 41% of what was planned.	Moderate-low. The average movement was 50% of what was planned.
What is the precision of this effect (confidence intervals)?	Unspecified. Only means and standard deviations are presented.	Not specified, but standard deviations and statistical significance.
Is it applicable to your environment or local population?	Yes	Yes
Were all important outcomes measured?	Yes	Yes
Are the benefits justified against the risks and costs?	Yes, a study that is quite recognized for its contribution to research	Yes

Figure 2: Measurement of risk of bias of prospective non-randomized trials using the CASPe guideline for clinical trials.

CRITERIA	Kravitz et al. 2024 (18)
Was there a comparison with an appropriate reference test?	Yes
Did the sample include an adequate spectrum of patients?	Yes
Is there an adequate description of the test?	Yes
Was there a "blind" evaluation of the results?	No
Was the decision to perform the gold standard independent of the test result?	Yes
Can Likelihood Ratios be calculated?	No
How accurate are the results?	No confidence intervals reported, only means and standard deviations
Will the reproducibility of the evidence and its interpretation be satisfactory in the context of the scenario?	Yes
Is the test acceptable in this case?	Yes
Will the test results change the decision about what to do?	Yes

Figure 3: Measurement of risk of bias in the prospective observational cohort study with the CASPe guideline specific to cohort studies.

	Cohort representativeness	Unexposed cohort selection	Exposure Check	Demonstration no variable presence	Comparability (most important factor)	Comparability (other factors)	Measuring results	Sufficient follow-up	Abandonment rate	TOTAL
Al-balaa et al. 2021 (14)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Yan et al. 2023 (15)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Kang et al. 2024 (16)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Glassick 2017 (17)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Palone et al. 2022 (13)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Shahabuddin et al. 2024 (12)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7
Charalampakis et al. 2018 (11)	★	-	★	★	★	-	★	★	★	7

Figure 4: Measurement of risk of bias of non-randomized observational studies with the Newcastle-Ottawa scale, observational studies, cohorts without a control group.

TABLE 2: Comparison between planned and achieved movement in anterior teeth, with predictability values, standard deviation by arch and final weighted mean divided by teeth and arches

AUTHOR, YEAR	DATA TO EXTRACT	UPPER ARCH			LOWER ARCH		
		CENTRAL INCISORS	LATERAL INCISORS	CANINES	CENTRAL INCISORS	LATERAL INCISORS	CANINES
<i>Kravitz et al. 2009</i> (9)	Nº of teeth	39	22	17	37	42	32
	SD (%)	± 30.0	± 22.1	± 34.0	± 29.6	± 30.4	± 30.2
	Predictability (%)	44.7	32.5	40.0	46.6	40.0	39.5
<i>Haouili et al. 2020</i> (8)	Nº de dientes	150	150	150	150	150	149
	Predictibilidad (%)	33.4	44.6	53.3	33.9	36.7	51.3
<i>Al-balaa et al. 2021</i> (14)	Nº of teeth	22	19	9	74		18
	Expected movement (mm)	2.4	1.97	1.74	1.85		1.52
	Achieved movement (mm)	1.16	1.1	0.83	0.82		0.72
	SD (mm)	± 0.84	± 0.82	± 0.46	± 0.52		± 0.25
	Predictability (%)	48.3	55.8	47.7	44.3		47.4
<i>Yan et al. 2023 (15)</i>	Nº of teeth	173			----	----	----
	Expected movement (mm)	1.5			----	----	----
	Achieved movement (mm)	0.8			----	----	----
	SD (mm)	± 1.1			----	----	----
	Predictability (%)	53.3			----	----	----
<i>Kang et al. 2024</i> (16)	Nº of teeth	38	38	30	38	38	30
	Expected movement (mm)	1.02	1.09	1.05	1.26	1.09	0.84
	Achieved movement (mm)	0.01	0.16	0.11	0.55	0.66	0.40
	SD (mm)	± 0.29	± 1.50	± 1.18	± 0.98	± 1.13	± 1.10
	Predictability (%)	0.98	14.7	10.5	43.7	60.6	47.6

Kravitz et al. 2024 (18)	Nº of teeth	-----	-----	-----	232		-----
	Expected movement (mm)	-----	-----	-----	2.25		-----
	Achieved movement (mm)	-----	-----	-----	1.3		-----
	SD (%)	-----	-----	-----	± 21.9		-----
	Predictability (%)	-----	-----	-----	57.8		-----
Glassick et al. 2017 (17)	Nº of teeth	-----	-----	-----	30		-----
	Expected movement (mm)	-----	-----	-----	2.19		-----
	Achieved movement (mm)	-----	-----	-----	1.49		-----
	SD (mm)	-----	-----	-----	± 0.78		-----
	Predictability (%)	-----	-----	-----	68.0		-----
Shahabuddin et al. 2023 (12)	Nº of teeth	48	48	48	48	46	48
	Expected movement (mm)	1.14	1.04	0.77	2.48	2.47	1.6
	Achieved movement (mm)	-0.41*	-0.13*	0.07	1.09	1.02	0.7
	SD (mm)	± 1.03	± 0.99	± 0.88	± 1.28	± 1.27	± 1.01
	Predictability (%)	-36.0*	-12.5*	9.1	44.0	41.3	43.7
Charalampakis et al. 2018 (11)	Nº of teeth	18	22	40	64		40
	Expected movement (mm)	0.99	0.88	0.41	1.33		0.86
	Achieved movement (mm)	-0.64*	-0.52*	0.14	0.7		0.3
	SD (mm)	± 1.02	± 1.01	± 0.86	± 0.74		± 0.77
	Predictability (%)	-64.6*	-59.1*	34.1	52.6		34.9
TOTAL WEIGHTED MEAN PER TOOTH/TOOTH GROUP		15.75%	23.82%	38.16%	45.94%		46.33%
TOTAL WEIGHTED MEAN PER ARCH		28.06%			46.04%		

*Negative predictability values reflect an inverse discrepancy, in which teeth presented clinical extrusion instead of programmed intrusion.

SD – Standard Deviation

TABLE 3: Descriptive and qualitative analysis of the presence, mode of application and clinical effect of overcorrection

AUTHOR, YEAR	IS OVERCORRECTION RECOMMENDED?	HOW TO APPLY	CLINICAL EFFECT ASSESSED	QUANTIFIED?
Kravitz et al. 2024 (18)	Yes	ClinCheck + Manual Adjustment	Yes, higher accuracy	Yes, assume the overbite at 0mm
Palone et al. 2022 (13)	Yes	F22 Setup evaluated from refinement	Yes, less refinement and greater precision	Yes, 22% overcorrection
Charalampakis et al. 2018 (11)	Yes	Manual adjustment	-	-
Haouili et al. 2020 (8)	Yes	ClinCheck	-	-

TABLE 4: Descriptive results of the complications produced by intrusion

AUTHOR, YEAR	UPPER TEETH	MOVEMENT (mm)		PREDICTION (%)	COMPLICATIONS
		EXPECTED	GOT		
Charalampakis et al. 2018 (11)	Central incisor.	0.99	-0.64	-64.6	Extrusion
	Lateral incisor	0.88	-0.52	-59.1	Extrusion
Shahabuddin et al. 2023 (12)	Central incisor.	1.14	1.04	-36.0	Extrusion
	Lateral incisor	-0.41	-0.13	-12.5	Extrusion
Haouili et al. 2020 (8)	Central and lateral incisors	-	-	-	Coronal tilt