



## REVISIÓN

# Challenges and Solutions in Molar Verticalisation: A Comprehensive Perspective

## Desafíos y Soluciones en la Verticalización Molar: Una Perspectiva Integral

Pablo Joel Azua<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Abierta Interamericana, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Carrera de Odontología. Buenos Aires, Argentina.

**Citar como:** Azua PJ, Brusca MI, Garzón ML, Vela Ferreira A. Challenges and Solutions in Molar Verticalisation: A Comprehensive Perspective. Health Leadership and Quality of Life. 2022; 1:155. <https://doi.org/10.56294/hl2022155>

Enviado: 25-07-2022

Revisado: 01-10-2022

Aceptado: 09-12-2022

Publicado: 10-12-2022

Editor: PhD. Prof. Neela Satheesh 

### ABSTRACT

Molar mesio-inclination represented one of the most frequent malocclusions in adults, mainly attributed to premature tooth loss. This problem affected both dental function and aesthetics, generating bone defects, periodontal pockets and occlusal interferences. Correction by molar verticalisation was essential to restore oral health and optimise prosthetic rehabilitation. The verticalisation process involved significant biomechanical challenges due to the need to apply precise and controlled forces. Devices such as cantilevers, T-springs and mini-implants were used, adjusting to the degree of inclination and periodontal conditions of the patient. Studies showed that the technique chosen depended on factors such as the severity of the inclination, the condition of the bone tissue and the position of adjacent teeth. Research evaluated the periodontal and biomechanical impact of these techniques. Although prolonged tilting did not significantly aggravate moderate periodontitis, plaque accumulation and inflammation were higher in tilted molars. Mini-implants proved to be the most efficient option, minimising periodontal stress and allowing better control of tooth movement. In conclusion, clinical success depended on a comprehensive evaluation that included the type of movement required, the forces applied and the design of the devices used. Proper planning allowed for improved occlusal and periodontal health, ensuring predictable and long-lasting results.

**Keywords:** Molar Verticalisation; Malocclusion; Mini-Implants; Biomechanics; Periodontal Health; Periodontal Health.

### RESUMEN

La mesio-inclinación de molares representó una de las maloclusiones más frecuentes en adultos, principalmente atribuida a la pérdida prematura de dientes. Este problema afectó tanto la funcionalidad como la estética dental, generando defectos óseos, bolsas periodontales e interferencias oclusales. La corrección mediante verticalización molar resultó fundamental para restaurar la salud bucal y optimizar la rehabilitación protésica. El proceso de verticalización implicó desafíos biomecánicos significativos, debido a la necesidad de aplicar fuerzas precisas y controladas. Se utilizaron dispositivos como cantilevers, resortes en T y mini-implantes, ajustándose al grado de inclinación y condiciones periodontales del paciente. Estudios demostraron que la técnica elegida dependió de factores como la severidad de la inclinación, el estado del tejido óseo y la posición de dientes adyacentes. Investigaciones evaluaron el impacto periodontal y biomecánico de estas técnicas. Aunque la inclinación prolongada no agravó significativamente la periodontitis moderada, la acumulación de placa y la inflamación fueron mayores en molares inclinados. Los mini-implantes demostraron ser la opción más eficiente, al minimizar el estrés periodontal y permitir un mejor control del movimiento dental. En conclusión, el éxito clínico dependió de una evaluación integral que incluyó el tipo de movimiento requerido, las fuerzas aplicadas y el diseño de los dispositivos utilizados. La planificación adecuada permitió mejorar la salud oclusal y periodontal, asegurando resultados predecibles y duraderos.

**Palabras clave:** Verticalización Molar; Maloclusión; Mini-Implantes; Biomecánica; Salud Periodontal.

## INTRODUCCIÓN

La mesio-inclinación de los molares representa una de las maloclusiones más prevalentes en la población adulta, usualmente atribuida a la pérdida temprana de piezas dentales. Este problema no solo compromete la estética y funcionalidad dental, sino que también puede provocar defectos óseos verticales, bolsas periodontales infraóseas y otras complicaciones como interferencias oclusales, inflamación periodontal y, en casos más severos, afecciones articulares temporomandibulares. La corrección de esta alteración, mediante la verticalización molar, resulta esencial para restaurar la salud bucal, optimizar la rehabilitación protésica y mejorar la estabilidad oclusal del paciente.

El proceso de verticalización de molares inclina un desafío clínico debido a la complejidad biomecánica que implica. Las opciones terapéuticas abarcan una variedad de dispositivos y técnicas, desde cantilevers y resortes en T hasta el empleo de mini-implantes interradiculares o extrarradiculares, cada uno adaptado al grado de inclinación del molar y las características periodontales del paciente. Además, factores como el tiempo transcurrido desde la pérdida del diente adyacente, el estado óseo y la posición de los dientes antagonistas determinan la elección del sistema de fuerzas más adecuado.

La importancia de un enfoque integral radica en minimizar efectos adversos, como la extrusión o intrusión no deseada, y en garantizar un movimiento dental controlado que favorezca tanto la regeneración ósea como la paralelización de las raíces. Este artículo profundiza en las consideraciones biomecánicas, dispositivos disponibles y técnicas más eficaces para abordar esta maloclusión, fundamentándose en evidencia científica reciente y estudios relevantes.

## DESARROLLO

Una de las maloclusiones más comunes en adultos es la mesio-inclinación de los molares, generalmente causada por la pérdida temprana de piezas dentales. La inclinación de los molares adyacentes a un espacio edéntulo puede provocar un defecto óseo vertical, lo que, a su vez, puede generar bolsas periodontales infraóseas en la superficie mesial del diente inclinada. Además, es común encontrar contactos prematuros en relación céntrica, interferencias en los movimientos excéntricos, recesiones gingivales, inflamación del ligamento periodontal, dolor y, en algunos casos, afección de la articulación temporomandibular.<sup>(1)</sup>

Para restaurar una salud bucal adecuada, es necesario verticalizar los molares mesio-inclinados. Este procedimiento facilita la rehabilitación futura, mejora el estado periodontal y contribuye a una oclusión adecuada. La verticalización molar se considera un desafío clínico que requiere una evaluación integral del paciente.<sup>(2,3,4)</sup>

Diversos sistemas biomecánicos se han empleado a lo largo del tiempo para la verticalización de molares, entre los cuales destacan el cantiléver, los resortes, los dobles en arcos seccionados y los mini-implantes.<sup>(5,6)</sup> Es esencial tener en cuenta el tiempo transcurrido desde la pérdida de la pieza que originó el espacio libre, ya que el grado de inclinación del molar varía considerablemente según si la pérdida ocurrió hace unos meses o varios años.<sup>(7,8)</sup> La rehabilitación es más complicada cuando el molar presenta una inclinación severa y problemas periodontales.<sup>(9,10)</sup>

La verticalización de los molares mejora la salud oclusal y periodontal, logrando la paralelización de las raíces y su correcta posición con respecto al plano oclusal, conforme a la ley de carga axial. El tipo de mecánica a utilizar dependerá del grado de inclinación del molar afectado. Una vez evaluada la biomecánica, se debe planificar el tipo de anclaje necesario para evitar efectos adversos. Esto implica realizar una evaluación exhaustiva del punto de aplicación de las fuerzas, la ubicación del centro de resistencia y su relación con el centro de rotación, así como la existencia de momentos.

Es crucial analizar el tipo de movimiento requerido, ya sea intrusión, extrusión, distalización o mesialización del molar. El plan de tratamiento debe considerar la cantidad de dientes ausentes, el tiempo transcurrido desde la extracción, el tipo de tejido óseo remanente, la posición y angulación de los dientes adyacentes y antagonistas, el estado periodontal, la oclusión y el biotipo facial del paciente. Estos factores determinan el éxito clínico del tratamiento y deben ser evaluados de manera meticulosa.<sup>(11)</sup>

### Inclinación y Enfermedad Periodontal

En un estudio de la condición periodontal de molares verticalizados se observó que, en un estudio con 73 segundos molares que presentaban una inclinación excesiva tras la pérdida de los primeros molares durante al menos 10 años, la inclinación prolongada no representaba un mayor riesgo de empeoramiento en la enfermedad periodontal moderada en la superficie mesial. Sin embargo, el estudio no consideró el posible agravamiento de las lesiones ya establecidas de periodontitis avanzada. A pesar de la falta de correlación evidente, la corrección ortodóncica de los molares inclinados puede estar indicada por razones funcionales, como la prevención de interferencias oclusales, problemas de espacio y complicaciones en la rehabilitación protésica.<sup>(12)</sup>

Un estudio, en sus evaluaciones histológicas e histomorfométricas, no encontró diferencias significativas en los niveles óseos mesio-marginales entre molares inclinados y verticales en adultos jóvenes (de 20 a 35 años). No obstante, observó una mayor cantidad de placa supragingival y subgingival, más células y capilares

inflamatorios, y una menor densidad de fibras gingivales en los molares inclinados. Las infiltraciones inflamatorias inducidas por la placa en estos molares parecen haber afectado los niveles óseos en la cara distal de los dientes situados mesialmente a ellos. El enderezamiento ortodóncico puede mejorar estas condiciones.<sup>(13)</sup>

Es importante destacar que las lesiones óseas o periodontales en la superficie mesial de los molares inclinados pueden presentar una adaptación del hueso a la nueva posición del diente. Un segundo molar mandibular que se inclina mesialmente debido a la pérdida del primer molar puede parecer tener una bolsa periodontal y pérdida ósea angular en su superficie mesial. Este defecto podría representar una variación anatómica en la respuesta del hueso a la inclinación del molar. La verticalización del molar puede provocar una reducción del defecto angular, con formación de hueso nuevo en la cresta alveolar mesial; no obstante, el nivel de inserción del diente podría permanecer sin cambios. Si existe un defecto óseo claro causado por periodontitis en la superficie mesial, el enderezamiento del diente podría ensanchar el defecto.<sup>(14)</sup>

Cabe recalcar que muchos dispositivos utilizados para la verticalización de molares tienen efectos extrusivos, los cuales pueden ser perjudiciales tanto para la estética como para la salud oclusal del paciente.<sup>(15)</sup>

Antes de iniciar el proceso de verticalización molar con cualquier dispositivo ortodóncico, es fundamental evaluar tres condiciones básicas: la salud periodontal, las interferencias oclusales y la morfología de las raíces.<sup>(16)</sup>

#### *Condición periodontal*

Es esencial controlar la inflamación gingival antes de la colocación de cualquier aparato de ortodoncia. El movimiento ortodóncico en presencia de inflamación puede resultar en una pérdida adicional, innecesaria e indeseada de hueso. Un molar afectado por periodontitis avanzada no es un buen candidato para servir como pilar. Sin una planificación cuidadosa, que incluya procedimientos periodontales, restauradores y endodónticos, no hay ventaja en intentar verticalizar un molar rodeado de tejidos periodontales comprometidos.<sup>(17)</sup>

#### *Interferencias oclusales*

Las interferencias oclusales excesivas pueden impedir el movimiento vertical del molar afectado. En estos casos, pueden ser necesarios ajustes mediante desgastes oclusales en el molar que se está verticalizando, en su antagonista o en ambos. Estos ajustes reducen la altura clínica de las coronas y mejoran la relación corona-raíz, lo que favorece el movimiento dental. Además, cuando el diente antagonista ha sufrido extrusión, debe rectificarse de manera rutinaria para permitir una rehabilitación oclusal adecuada.<sup>(18)</sup>

#### *Morfología de las raíces*

Los molares inclinados, especialmente los segundos y/o terceros molares, a menudo presentan raíces cónicas y cortas, lo que genera una inadecuada proporción corona-raíz. Estas características hacen que algunos molares no puedan ser utilizados como pilares en tratamientos de prótesis o en otros procedimientos restauradores, debido a su limitada capacidad de soportar cargas oclusales.<sup>(19)</sup>

#### **Diagnóstico diferencial de los molares inclinados**

Un estudio indica que los molares inclinados mesialmente deben ser diferenciados según el tipo de movimiento dental necesario para su corrección en los tres planos del espacio. Para lograr un movimiento dental específico, se requiere un sistema de fuerzas adecuado en relación con el centro de resistencia del diente afectado. Por lo tanto, realizar un diagnóstico diferencial es crucial antes de seleccionar el sistema de fuerzas óptimo y diseñar el aparato correspondiente.<sup>(20)</sup>

En el plano sagital, es importante determinar la combinación adecuada de movimientos verticales y de enderezamiento. En algunos tratamientos de ortodoncia tempranos, la extrusión de un molar mandibular puede ser deseable cuando el molar inclinado se encuentra por debajo del plano oclusal funcional, como ocurre cuando el segundo molar mandibular ha sido impactado tras una expansión sagital.

Los mecanismos simples de verticalización se pueden emplear una vez que se ha evaluado correctamente la inclinación. La fuerza aplicada debe ser medida cuidadosamente con un medidor de fuerza (dinamómetro), y los momentos deben situarse en torno a los 2000 g/mm, sin exceder los 3000 g/mm, lo que garantiza que el movimiento dental sea controlado. Si se requiere una extrusión significativa, la fuerza aplicada al segmento estabilizador anterior debe ser mayor; en cambio, si se desea una mínima extrusión, se debe aplicar una fuerza menor y alargar lo más posible el brazo anterior del aparato.

Cuando la porción distal de la corona del molar inclinado se encuentra por encima del plano oclusal funcional, es necesaria una intrusión del molar, lo que complica la biomecánica. Según la ley del equilibrio, el momento generado en el molar debe ser menor que el momento ejercido sobre la unidad estabilizadora anterior para asegurar la eficacia del tratamiento.<sup>(21)</sup>

#### **Impactación asociada a la inclinación**

Un estudio menciona que, en muchos casos, la inclinación de los molares se asocia con su impactación, lo que puede complicar el tratamiento ortodóncico. Es importante comprender ciertos términos clave para

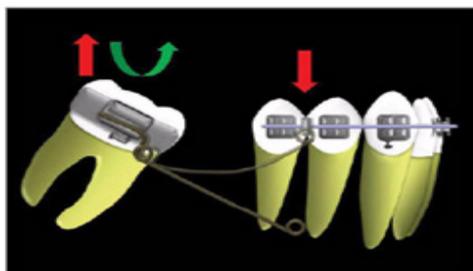
describir los trastornos de la erupción dental y evitar confusiones en su uso. A continuación, se definen los conceptos más relevantes:<sup>(22)</sup>

1. Impactación: se refiere a la falta de erupción del diente debido a la presencia de un obstáculo físico en su trayecto de erupción o a una ruta de erupción anormal. La mayoría de los casos de impactación de segundos molares ocurre en la mandíbula, lo que dificulta su corrección ortodóncica.
2. Retención primaria: este término se utiliza para describir el cese de la erupción dental antes de la emergencia del diente, sin que exista una barrera física y sin que la posición del diente sea anormal. La retención primaria es más común en los segundos molares superiores que en los inferiores.
3. Retención secundaria: se refiere al cese de la erupción dental después de que el diente ha emergido, sin la presencia de un obstáculo físico y sin que su posición sea anormal. La anquilosis es el principal factor etiológico de la retención secundaria, aunque también se han encontrado otros fenómenos asociados. Los segundos molares permanentes que sufren retención secundaria son los más difíciles de tratar.
4. Erupción ectópica: este término describe el atrapamiento de un primer molar inclinado detrás del segundo molar primario durante su erupción. Este trastorno requiere una intervención ortodóncica temprana para evitar problemas mayores en la alineación y oclusión dentales.

**Cantilever:** un estudio describe la técnica de arco segmentado de Burstone basado en principios mecánicos derivados de la física, específicamente de la rama de la mecánica. La técnica de segmentación consiste en consolidar los dientes en unidades de tratamiento, dividiéndolos en una unidad activa (la que se moverá) y una unidad reactiva o de anclaje. Este enfoque permite tratar cada grupo de dientes de manera individualizada, maximizando la eficiencia de los movimientos.<sup>(23)</sup>

Con la segmentación, es posible utilizar alambres ortodóncicos más flexibles en las áreas donde se requiere mayor movimiento, mientras que en las zonas donde los dientes ya están en posición adecuada, se emplean alambres más rígidos para estabilizarlos tempranamente. De este modo, diferentes tipos de alambres pueden ser utilizados simultáneamente en un mismo arco, permitiendo una mayor flexibilidad en el tratamiento.

El cantilever se define como un segmento de alambre ortodóncico que se inserta en un soporte o tubo en un extremo, mientras que el otro extremo se ancla a otra unidad con solo un punto de contacto (un brazo de palanca) figura 1. Este diseño permite estimar con precisión el sistema de fuerzas aplicadas en ambas unidades, considerando la longitud del cantilever y la cantidad de fuerza liberada, que puede ser medida con un dinamómetro. Por lo tanto, es más sencillo predecir los resultados clínicos.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 1. Cantilever

El sistema mecánico basado en el uso de cantilevers es un sistema estáticamente determinado, lo que significa que es posible calcular con precisión las fuerzas aplicadas y el momento (tendencia de rotación) generado durante la verticalización de los molares. La fórmula que rige esta relación es:  $M = F \times D$ , donde  $M$  es el momento,  $F$  la fuerza aplicada y  $D$  la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza. La clave en la verticalización molar radica en la eficiencia del momento generado, utilizando la menor fuerza posible. Se sugiere que la fuerza ideal esté en el rango de 40 a 50 gramos, con un momento requerido para la verticalización molar de entre 1000 y 1500 g/mm. Este equilibrio permite que el movimiento dental sea efectivo sin generar sobrecarga en los tejidos de soporte.<sup>(24)</sup>

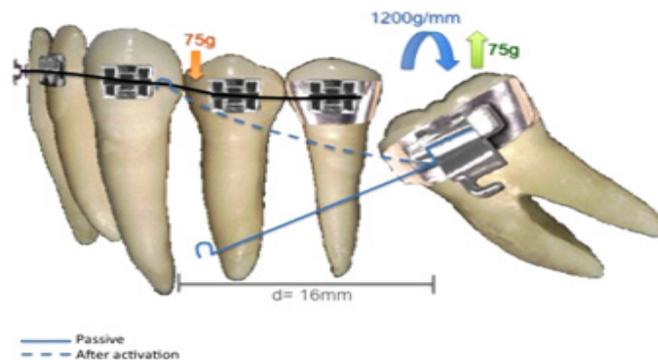
Aumentando la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza (cantilevers más largos), es posible aplicar una menor fuerza para obtener un momento con mayor efectividad, lo que ayuda a reducir los efectos secundarios, como la extrusión del molar o la intrusión de los dientes de anclaje. Por lo tanto, al usar cantilevers más largos, se optimiza la mecánica ortodóncica y se minimizan los efectos adversos. El cantilever generalmente se fabrica con un alambre de acero inoxidable o una aleación de titanio-molibdeno (TMA) de 0,017" x 0,025", este último permite mayores activaciones con la producción de menor fuerza y actuando por tiempo más prolongado. Puede incorporar helicoides cerca del extremo insertado en el tubo, lo que aumenta su flexibilidad. Está indicado para tracción, intrusión e inclinación de dientes bucales y linguales,

utilizando el segmento posterior como unidad reactiva. Además, el cantilever es útil para la verticalización de molares, siempre que se permita cierta extrusión. La activación del dispositivo permite liberar fuerzas ligeras y constantes, que permanecen prácticamente inalteradas durante el movimiento del diente. Sin embargo, es importante utilizar el cantilever con precaución, ya que, si no se controlan adecuadamente, pueden producirse efectos indeseables, como la extrusión del molar. En la mayoría de los casos, la extrusión está contraindicada, especialmente cuando se busca un movimiento controlado y preciso de verticalización.<sup>(25)</sup>

El anclaje en el uso de cantilevers puede realizarse de dos maneras: de forma directa, mediante la inserción de mini-implantes, o de manera indirecta, utilizando los dientes anteriores al molar como unidad de anclaje, los cuales también pueden ser conectados a un mini-implante. Independientemente del punto de aplicación de la fuerza, ya sea directamente sobre el mini-implante o no, la incorporación de dobleces en el alambre para abrir o cerrar espacios genera inevitablemente un componente de extrusión. Por este motivo, durante la verticalización, es fundamental incorporar un componente intrusivo al sistema de fuerzas.<sup>(26)</sup>

### Fuerza aplicada

No existe un consenso claro en los estudios sobre la fuerza necesaria en este tipo de movimientos ortodóncicos. Cada autor emplea diferentes magnitudes de fuerza en distintas técnicas para el enderezamiento de molares. Aunque se ha sugerido que la “fuerza óptima” aún no ha sido científicamente definida, se ha observado que niveles más altos de fuerza no necesariamente aceleran el movimiento dental. De hecho, fuerzas excesivas pueden causar efectos adversos como hialinización e isquemia en los tejidos periodontales, retrasando el movimiento dental. En muchos estudios, se ha destacado que la biología individual de cada persona influye más en el movimiento de los dientes que la propia carga ortodóncica. Debido a las variaciones en las estructuras de soporte alveolar entre los individuos, las fuerzas aplicadas de la misma magnitud pueden generar diferentes distribuciones de tensión y distorsión en los tejidos. Esta variabilidad se debe a las propiedades mecánicas no lineales de los tejidos periodontales y al diverso soporte mecánico de los dientes en diferentes personas. Se sugiere que, en la mecánica de los cantilevers, la fuerza aplicada no debe exceder los 100 g/mm, ya que podría resultar perjudicial para los dientes y sus estructuras de soporte. En términos empíricos, se estima que el momento necesario para enderezar un molar varía entre 1000 y 1500 g/mm. Un estudio en particular sugiere que un momento de 1200 g/mm (figura 2) sería el más adecuado para la verticalización de molares.<sup>(27)</sup>



Fuente: Raveli TB

Figura 2. Momento de fuerza aplicada

Según un estudio los principios biomecánicos que se desarrollan en esta sección están vinculados a la mecánica de los cuerpos rígidos. Estos son aquellos cuya estructura interna se mantiene constante, es decir, las partículas que lo conforman tienen una relación fija entre sí, preservando su forma original.<sup>(28)</sup>

Fuerza: la fuerza es una magnitud vectorial que aparece en la interacción entre cuerpos, provocando el movimiento de aquellos que están en reposo o acelerando los que ya están en movimiento. Se caracteriza por su intensidad, dirección, sentido y punto de aplicación.

Además, según el Principio de acción y reacción, cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, este último responde con una fuerza de igual magnitud, pero en dirección contraria.

El movimiento de traslación se consigue aplicando una única fuerza cuya línea de acción pasa por el centro de masa del cuerpo. En un sistema rígido como el diente, este punto se denomina centro de resistencia, el cual agrupa toda la resistencia mecánica al movimiento externo. Este centro varía según la forma y tamaño de las raíces y no puede determinarse con exactitud, sino que se estima empíricamente.<sup>(29)</sup>

Cuando una fuerza actúa lejos del centro de resistencia, el diente tiende a rotar alrededor de este punto, fenómeno conocido como momento. Este momento es proporcional a la fuerza aplicada y a la distancia desde la

línea de acción de la fuerza al centro de resistencia. La rotación pura ocurre cuando solo se activa un momento, sin traslación.

Finalmente, un momento de torsión se genera cuando dos fuerzas de igual magnitud actúan en direcciones opuestas y en líneas de acción paralelas, pero no coincidentes. El momento de torsión se calcula multiplicando la suma de las fuerzas por la distancia entre las líneas de acción.<sup>(30)</sup>

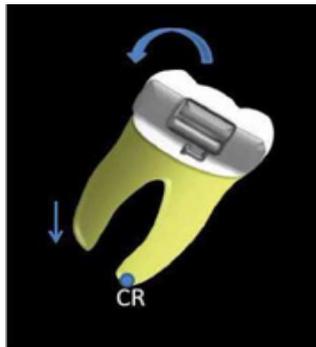
### Tipos de Movimiento

Un estudio indica como fundamental tener en cuenta los siguientes tipos de movimiento:

- **Traslación:** en este tipo de movimiento, el diente se desplaza como un todo en la dirección de la fuerza aplicada, sin rotación. Todo el cuerpo del diente se mueve en la misma dirección y proporción.
- **Inclinación controlada:** ocurre cuando el centro de rotación se sitúa en el ápice de la raíz del diente. Todos los puntos del diente se mueven en la misma dirección, pero las zonas más alejadas del centro de rotación experimentan un mayor desplazamiento.
- **Inclinación incontrolada:** en este caso, el centro de rotación se encuentra cerca del centro de resistencia del diente, lo que provoca que una parte del diente se desplace en una dirección mientras que el resto se mueve en la dirección opuesta.
- **Movimiento radicular:** se da cuando el centro de rotación se encuentra en el extremo más oclusal o incisal del diente. Este movimiento implica un gran desplazamiento de la raíz, mientras que la corona se mueve menos.

Un estudio describe movimientos específicos que se pueden generar al aplicar fuerzas para la verticalización de molares:

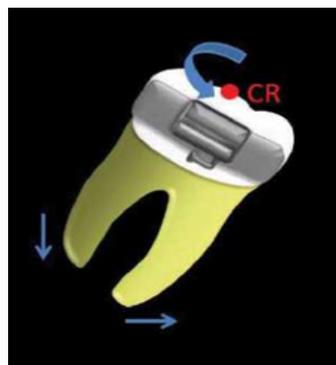
- **Mantener la raíz en su posición y distalizar la corona:** el centro de resistencia se encuentra en el ápice de la raíz mesial. Para que la raíz mesial se mantenga como el centro de rotación (sin mesialización, distalización, extrusión o intrusión), es necesaria la intrusión de la raíz distal. Cualquier mecanismo que genere extrusión está contraindicado figura 3.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 3. Movimiento con CR en raíz mesial

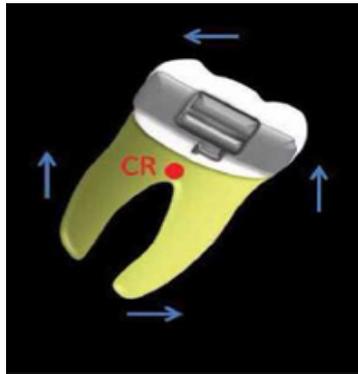
- **Mesialización de las raíces, manteniendo la corona en la misma posición (sentido mesio-distal):** en este caso, el centro de resistencia estará en la corona. Aquí también se requiere la intrusión de la raíz distal y evitar las fuerzas extrusivas figura 4.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 4. Movimiento con CR en corona

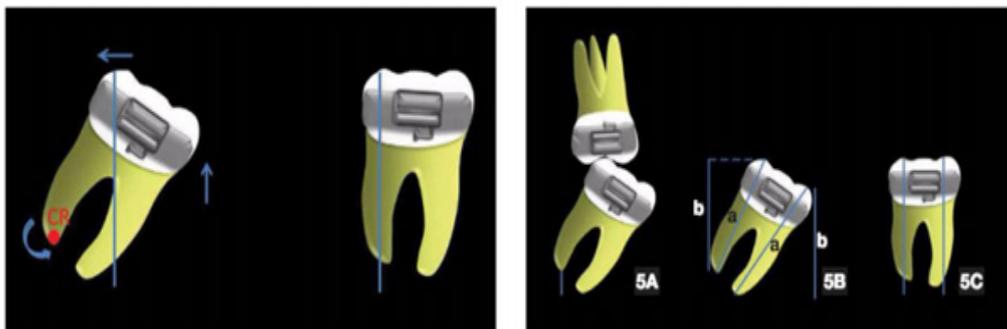
- Mesialización de las raíces y distalización de la corona: el centro de resistencia estará próximo al centro de resistencia del molar, requiriendo nuevamente la intrusión de la raíz distal y evitando las mecánicas extrusivas figura 5.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 5. Movimiento con CR próximo al centro de resistencia del molar

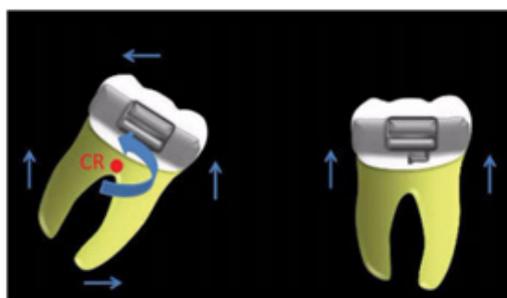
- Mantener la raíz distal en su posición y distalizar la corona: el centro de resistencia se ubica en el ápice de la raíz distal. En este caso, se produce extrusión de la raíz mesial, y es necesario un control vertical para evitar la extrusión de la raíz distal. Aunque el centro de resistencia esté en el ápice de la raíz distal, la verticalización sin control puede generar trauma oclusal, por lo que se debe combinar con intrusión figura 6.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 6. Movimiento con CR en raíz distal

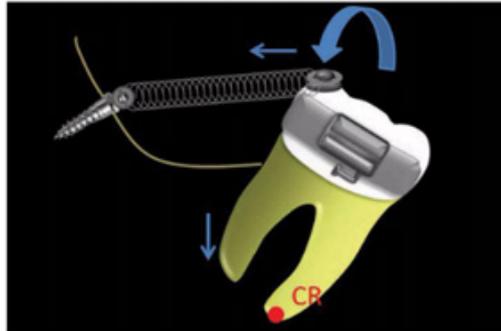
- Verticalización con extrusión tanto de la raíz mesial como de la raíz distal: en este caso, ocurre una verticalización con extrusión total del molar, generalmente asociada a mecánicas como el arco continuo o el uso inadecuado de cantilevers sin medidas para evitar la extrusión figura 7.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 7. Movimiento con extrusión

- Verticalización con anclaje en mini-implantes en la región retromolar con dirección intrusiva: Aquí, el centro de resistencia está en el ápice de la raíz mesial, generando una verticalización con intrusión de la raíz distal figura 8.



Fuente: Locks et al.<sup>(22)</sup>

Figura 8. Movimiento con Mini-implante, CR en raíz mesial

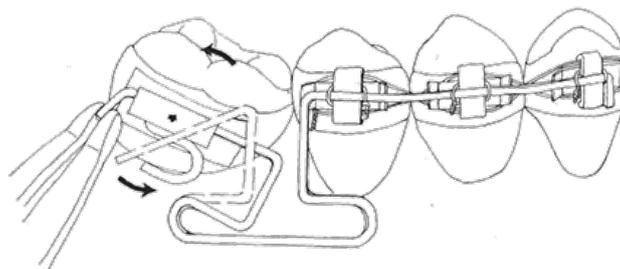
- Verticalización con mesialización de la corona y de las raíces: En ese caso, el centro de rotación está en el centro de resistencia del molar, y deberá haber un componente de giro y fuerza en sentido mesial, anclado a los dientes anteriores o en anclaje absoluta. De la misma forma, hay necesidad de intrusión, durante la verticalización.

#### Alternativas para verticalización de molares inclinados

- 1- Resorte en T.
- 2- Brazo de poste.
- 3- Aparato Halterman.
- 4- Voladizo con torque.
- 5- Muelle helicoidal.
- 6- Sistema doble cantiléver.
- 7- Minitornillos.
- 8- Sistema BRC.

#### Resorte en T

Un estudio indica que para utilizar este tipo de resorte, primero se colocan bandas en los molares. Para una mayor estabilidad en el arco mandibular, se fabrica un arco lingual soldado de canino a canino con alambre de 0,030 pulgadas, que se ajusta pasivamente contra el cingulo de los incisivos mandibulares. Los caninos y premolares del segmento bucal se consolidan en una unidad de resistencia mediante un alambre de ligadura de 0,010 pulgadas, que se pasa alrededor de las alas de los brackets en forma de ocho. Este procedimiento evita el movimiento distal de los dientes individuales. A continuación, se fabrica el resorte de bucle en T segmentario.<sup>(31)</sup> Se inicia con una curva gingival de 90°, con la longitud del tubo molar más 5 mm. El alambre debe retorcerse hacia la parte bucal para alejar la futura porción del bucle de los tejidos gingivales. La porción del bucle en T se crea con las patas verticales separadas por 1 a 2 mm (figura 9). El asa en T debe estar diseñada de modo que no roce las mejillas ni los tejidos vestibulares, determinándose su tamaño por los contornos vestibulares. Se realiza un dobléz de 90° en la pata mesial del bucle en T a la misma altura que la pata distal, aproximándose al soporte del premolar distal para posicionar el bucle lo más mesial posible. El componente estabilizador anterior del resorte se adapta para encajar completamente, pero de manera pasiva, en los brackets del premolar y del canino. El resorte se completa con una curva gingival de 90° justo mesial al soporte del canino, formando un tope. Es crucial que el segmento estabilizador anterior sea pasivo en tres planos espaciales. Finalmente, el segmento distal del aparato se inclina gingivalmente unos 30°, logrando un ajuste paralelo a la curvatura bucal.<sup>(32)</sup>



Fuente: Tunkay O.C.

Figura 9. Resorte en T

Al insertar el segmento distal del resorte en el tubo molar y los segmentos estabilizadores anteriores en los soportes del canino y premolar, se activa el aparato. Cada unión entre el soporte y el alambre debe asegurarse con una ligadura. La inclinación distal de  $30^\circ$  que se genera hará que el molar rote alrededor de un centro de rotación ubicado en el medio del tubo del molar, moviendo las raíces mesialmente. Puede ser necesario realizar un desgaste oclusal en el molar verticalizado (así como en el diente opuesto) para evitar interferencias oclusales y permitir la elevación de la corona mesial del molar. El resorte de bucle en T está indicado principalmente para casos en los que un molar ha migrado e inclinado mesialmente hacia una posición próxima o dentro de los 2 mm del premolar distal. En estos casos, reposicionar el molar muy distalmente está contraindicado porque el movimiento prolongado puede provocar un movimiento recíproco no deseado de los premolares y caninos. Lo ideal es que el molar se mueva mesialmente para crear un contacto seguro y una correcta relación de reborde marginal con el premolar. Existen posiciones dentarias en las que el uso de un resorte helicoidal puede aumentar excesivamente el espacio del pónico o mover el diente terminal distalmente hasta tal punto que quede sin antagonista. En estas situaciones, se puede optar por un resorte segmentario de bucle en T, el cual permite enderezar los molares sin efectos adversos, mediante el movimiento mesial de las raíces. Gracias a su diseño y activación, el resorte de bucle en T produce los movimientos extrusivos deseados de forma controlada; por lo tanto, es una opción segura en casos donde el uso de resortes helicoidales está contraindicado.<sup>(33)</sup>

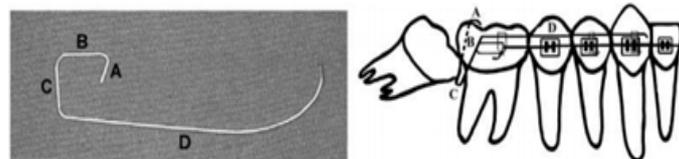
### Brazo de Poste

Fu et al.<sup>(15)</sup> describe el brazo de poste, un dispositivo ortodóncico que emplea una biomecánica similar a la del salto con pértiga. Está diseñado para enderezar molares impactados o inclinados. Este aparato se construye con alambre de titanio y molibdeno (TMA) de  $0,016'' \times 0,022''$ . Antes de su aplicación, es recomendable tomar radiografías periapicales del segundo molar inclinado para evaluar la gravedad de la inclinación y la posición del brazo de poste.

Para la inserción del brazo de poste, es habitual aplicar anestesia local en las encías bucales y linguales que rodean el molar impactado y el diente adyacente. El brazo bucal (D) se inserta desde el lado lingual, pasando por debajo del área de contacto entre el diente adyacente y el molar impactado, y se extrae bucalmente figura 10. La activación del resorte de enderezado se logra doblando el contacto distal entre el tubo del primer molar y el brazo bucal (D), fijando el brazo con ligaduras al sistema de anclaje de los dientes adyacentes.<sup>(34)</sup>

Cuando el contacto del brazo se intenta restaurar a su forma original, se genera una fuerza de verticalización distal sobre la superficie mesial del molar impactado. Para evitar que el brazo se desplace fuera de su posición, se coloca un apoyo lingual (A) cerca del surco lingual del primer molar, fijándolo con ionómero de vidrio o resina compuesta. Mover el brazo del poste gingivalmente activa el aparato figura 11.

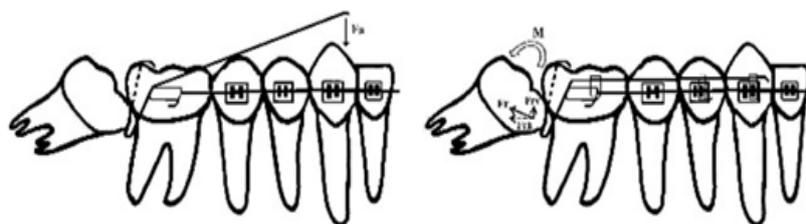
Este sistema requiere ajustes cada 6 semanas aproximadamente, aunque un primer ajuste a las 3-4 semanas suele ser suficiente para revisar el progreso. Una vez que el molar ha sido completamente enderezado, con su cresta marginal mesial alineada por encima del contorno distal del primer molar, el brazo de poste se retira.<sup>(35)</sup>



Fuente: Fu et al.<sup>(15)</sup>

Figura 10. Resorte de enderezado de brazo poste

A: flexión de reposo lingual. B: flexión ocluso-gingival según la profundidad de impactación. C: flexión vestibulo-lingual con longitud de acuerdo con el ancho vestibulo-lingual del molar impactado. D: extensión mesial siguiendo la curva vestibular de los dientes de anclaje anterior.



Fuente: Fu et al.<sup>(15)</sup>

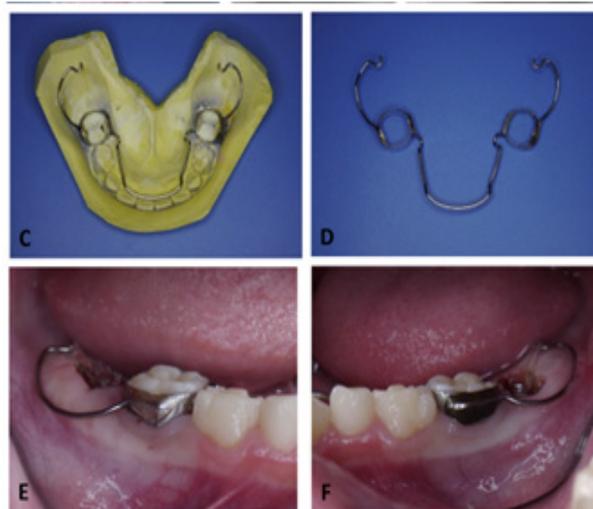
Figura 11. Fuerza entregada al brazo de poste y fuerza del momento que actúa sobre el molar impactado

Fa: fuerza activa que actúa sobre el brazo de poste; Fr: fuerza recíproca que actúa sobre el molar impactado; Frv: componente vertical (extrusivo) de Fr; Frh: componente horizontal (distal) de Fr y M: momento que actúa sobre el molar impactado.

**Aparato Halterman**

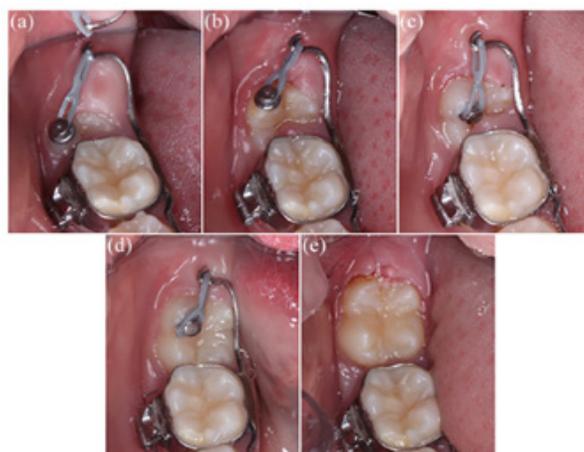
Este aparato utiliza bandas en los segundos molares mandibulares deciduos bilaterales o los primeros molares, según sea la edad y situación del paciente, ambas bandas se encuentran unidas por un arco lingual para dar estabilidad y anclaje de la porción anterior, también presenta uno o dos brazos de palanca, según se presente inclinación molar uni o bilateral, el extremo mesial del brazo de palanca va soldado a la banda y el extremo distal termina en gancho 1 mm por encima de la encía y siempre a distal del molar que vamos a verticalizar. Los molares mandibulares inclinados se exponen quirúrgicamente si así lo requiere el caso. Se adhiere un botón lingual a la superficie oclusal del primer molar mandibular permanente para la tracción de la cadena al aparato Halterman, con 50 g de fuerza figura 12. Este aparato utiliza bandas en los segundos molares mandibulares deciduos bilaterales o en los primeros molares permanentes, según la edad y situación del paciente. Las bandas se encuentran unidas por un arco lingual para proporcionar estabilidad y anclaje en la porción anterior. Además, presenta uno o dos brazos de palanca, según se trate de una inclinación molar uni o bilateral. El extremo mesial del brazo de palanca se suelda a la banda, mientras que el extremo distal termina en un gancho situado 1 mm por encima de la encía, siempre distal al molar que se va a verticalizar figura 12.<sup>(36)</sup>

Cuando es necesario, los molares mandibulares inclinados se exponen quirúrgicamente. Se adhiere un botón lingual a la superficie oclusal del primer molar mandibular permanente para permitir la tracción mediante una cadena elastomérica conectada al aparato Halterman figura 13, utilizando una fuerza de aproximadamente 50 gramos. Este proceso ayuda a reposicionar y verticalizar el molar inclinado de manera controlada y eficiente.<sup>(37)</sup>



Fuente: Ho et al.<sup>(17)</sup>

Figura 12. Aparato Halterman

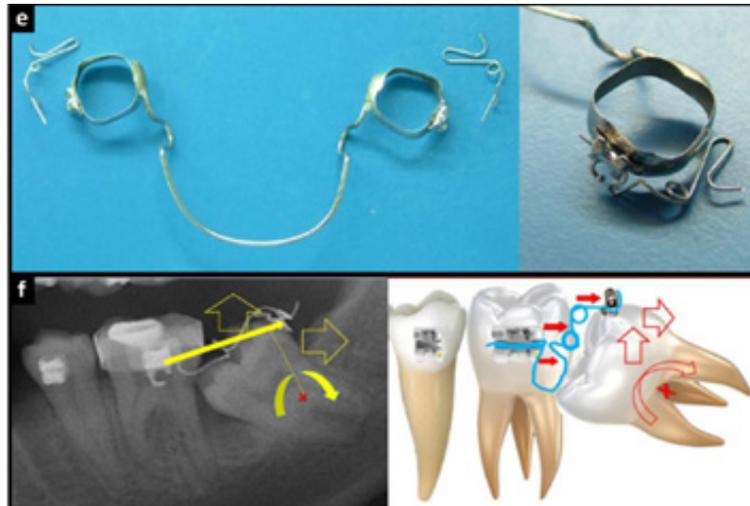


Fuente: Pereira et al.<sup>(31)</sup>

Figura 13. Aparato Halterman

Cheng<sup>(12)</sup> describen resortes verticales. Un bucle omega (en la parte vertical) y dos bucles helicoidales (en la parte horizontal) fueron fabricados con un alambre de acero inoxidable de 0,020 pulgadas, con un gancho terminal (figura 14). Después de fabricar el resorte, el extremo de su parte vertical se insertó en un tubo molar. A través del contacto del resorte con el tubo unido al diente objetivo, se transmitió una fuerza que permitió la distalización y el enderezamiento del molar.

Este dispositivo presenta varias ventajas. En primer lugar, el material es económico y altamente accesible en nuestra práctica. El mecanismo de fuerza del sistema es sencillo y eficaz. Gracias al uso de este dispositivo, los segundos molares impactados horizontalmente pueden ser tratados con éxito.<sup>(38)</sup>



Fuente: Cheng<sup>(12)</sup>

Figura 14. Resorte con bucles omega

#### Voladizo con torque

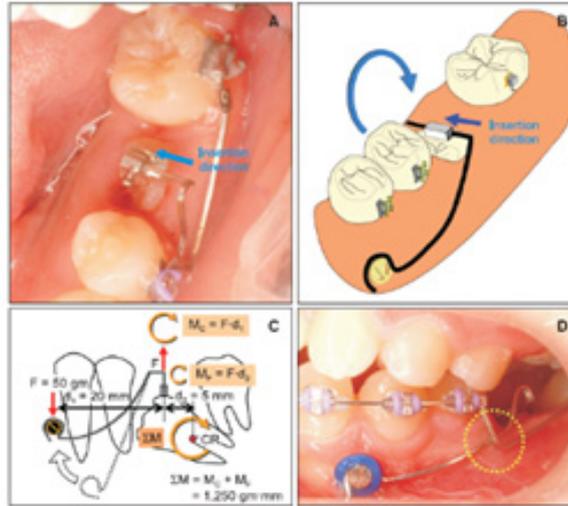
Es un dispositivo innovador, anclado esqueléticamente, fabricado con alambre rectangular de acero inoxidable de 0,019" x 0,025".<sup>(39)</sup> Este aparato se emplea cuando el molar está muy inclinado. Se utiliza junto con un mini implante, colocado entre el canino y el primer premolar, para prevenir los efectos secundarios indeseables de la fuerza intrusiva del voladizo. A diferencia del cantiléver voladizo tradicional, este nuevo dispositivo emplea el principio de torsión para mover las raíces en dirección distomesial (figura 15). Para lograr este efecto de torque, se adhiere un tubo de ortodoncia con la ranura orientada bucolingualmente en la superficie oclusal del molar afectado. Cuando el voladizo torcido se inserta activamente en el tubo del molar, se genera un momento de fuerza mesiodistal sobre las raíces del molar, produciendo un efecto de enderezado.<sup>(7)</sup>



Fuente: Barros et al.<sup>(7)</sup>

Figura 15. Voladizo con torque

Se recomienda realizar un levantamiento temporal de mordida, agregando resina compuesta fotopolimerizable en la superficie oclusal de los premolares maxilares, lo que permite la nivelación inicial del arco mandibular. Además, se puede utilizar un resorte de espiral abierta para crear espacio para el reposicionamiento del primer molar, ayudando también en el enderezado del segundo molar. Esto es porque el vector de fuerza de distalización se encuentra lejos del centro de resistencia del molar en etapas avanzadas, generando un momento de fuerza efectivo para el enderezamiento.<sup>(28)</sup>



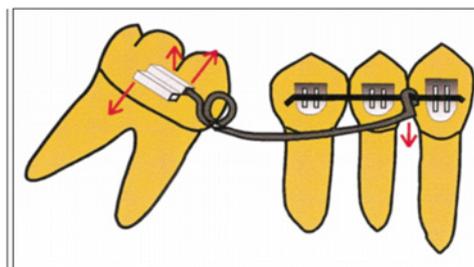
Fuente: Morita et al. <sup>(28)</sup>  
 Figura 16. Voladizo con torque

**Cantilever o Muelle Helicoidal**

Shellhart et al. <sup>(40)</sup> describe uno de los aparatos más utilizados para verticalizar molares (figura 17). Sin embargo, una de sus desventajas es que tiende a inclinar la corona distalmente y generar extrusión. Este aparato es adecuado cuando se busca un enderezamiento acompañado de extrusión. Comprender cómo el resorte genera este efecto es clave para evitar extrusión en casos no deseados.

El resorte helicoidal utiliza un alambre deformado elásticamente para aplicar fuerza. El alambre activo, generalmente grande y rectangular, se inserta en el soporte del molar inclinado. Si el alambre fuera demasiado pequeño, podría girar dentro del soporte y causar movimientos indeseados. Si el tamaño de la ranura del soporte es de 18 milésimas de pulgada (0,018”), una buena opción es un alambre de acero inoxidable de 0,016” × 0,022”. Este tipo de alambre no es intrínsecamente elástico, pero aumentar la longitud entre brackets o incorporar una hélice puede hacer que sea más elástico. Otra opción es utilizar un alambre de titanio-molibdeno (TMA), que es más elástico que el acero inoxidable y puede usarse sin necesidad de una hélice. Para el anclaje, se utiliza un alambre rígido de 0,017” × 0,025” de acero inoxidable. Anclar varios dientes con este tipo de alambre reduce el movimiento de los dientes anteriores.

Para deformar el resorte helicoidal, se debe aplicar un conjunto equilibrado de fuerzas. Si las fuerzas no están equilibradas, el alambre no se deformará elásticamente, sino que simplemente cambiará de posición. La primera fuerza que actúa sobre el alambre es dirigida oclusalmente, levantando el gancho para que se pueda colocar sobre el alambre anterior rígido. El soporte molar ejerce una fuerza apical que evita que el alambre se mueva hacia oclusal. A medida que el alambre intenta rotar en sentido antihorario, el soporte del molar aplica fuerzas adicionales para mantener su estabilidad: la cara mesial del soporte ejerce una fuerza apical sobre el alambre, mientras que la cara distal ejerce una fuerza coronal. Estas fuerzas equilibradas permiten una deformación controlada del alambre y garantizan un movimiento dental efectivo. <sup>(40,41)</sup>



Fuente: Shellhart et al. <sup>(40)</sup>  
 Figura 17. Cantilever

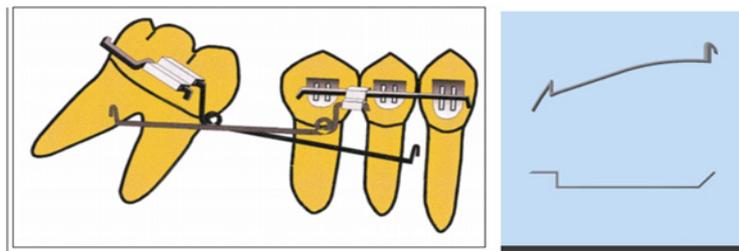
**Sistema doble cantiléver**

Si el odontólogo opta por levantar el molar sin extrusión, una estrategia consiste en usar un resorte helicoidal de levantamiento junto con una fuerza intrusiva para bloquear la extrusión. Un segundo resorte helicoidal de verticalización, orientado como una imagen especular del primero, puede ayudar en este proceso (figura 18).

Para acoplar un segundo resorte helicoidal, se utilizan dos tubos soldados juntos, deslizando un tubo sobre el alambre de anclaje anterior, donde se inserta el segundo resorte. Las fuerzas de este segundo resorte son similares a las del primero, incluyendo una fuerza intrusiva sobre el molar y una fuerza extrusiva sobre los dientes anteriores. Si ambas fuerzas son iguales, las extrusiones e intrusiones se cancelan entre sí, evitando así la extrusión tanto del molar como de los dientes anteriores. Las fuerzas resultantes permiten una rotación corona-distal en el molar y una rotación corona-mesial en el segmento anterior.<sup>(42)</sup>

El odontólogo debe vigilar el aparato de cerca, ya que el molar y el segmento anterior pueden responder de manera diferente a las fuerzas. El segmento anterior incluye varios dientes unidos rígidamente, mientras que el molar no está unido a ningún otro diente, ya que se busca un movimiento significativo de este. El equilibrio entre las fuerzas intrusivas y extrusivas puede cambiar rápidamente, por lo que se requiere un monitoreo continuo.

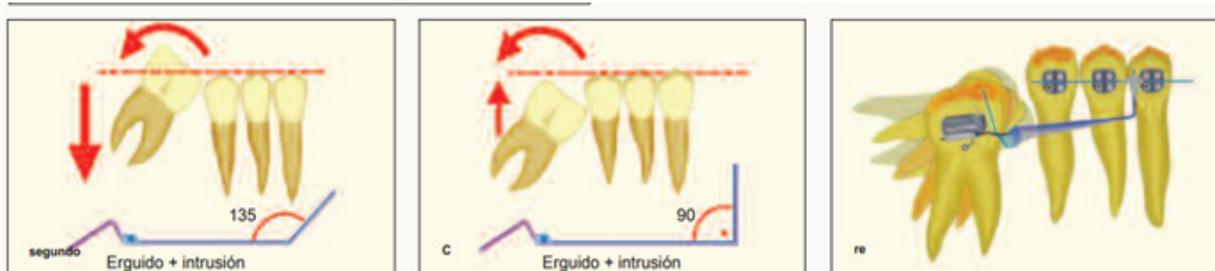
El sistema consta de dos cantilevers. El primero tiene una activación de 45° y una longitud de 30 mm, mientras que el segundo cantilever, diseñado para evitar la extrusión durante la verticalización, también tiene una activación de 45° en su brazo anterior. Un arco de acero de 0,019" x 0,025" actúa como anclaje, y el segundo cantilever emerge de un tubo criss-cross colocado entre el canino y el premolar. El momento ideal de verticalización es de 1,200 g/mm, aplicando una fuerza de 40 gramos con un cantilever de 30 mm. El segundo cantilever, al ser más corto, ejerce una fuerza mayor, que se mide doblando el alambre TMA y usando un dinamómetro.



Fuente: Shellhart et al.<sup>(40)</sup>

Figura 18. Cantilever doble

Un estudio describe el Resorte de Sander; es un cantilever doble prefabricado disponible en el mercado. Consiste en un segmento superelástico de níquel-titanio, conectado a un alambre seccional de acero inoxidable mediante un tubo cruzado soldado en un ángulo de 90°. Esto permite insertar el tubo en el arco de anclaje y conectar el alambre seccional de acero. El segmento superelástico se inserta en el tubo del molar, mientras que el alambre de acero se ancla entre el canino y el premolar. Para enderezar el molar sin extrusión, la curva anterior debe ser de aproximadamente 135°, y para enderezar con extrusión, se realiza una curva de 90°. La ventaja del Resorte de Sander es que la parte superelástica transfiere un momento de fuerza constante al molar, mientras que la parte de acero permite ajustar la curvatura fácilmente figura 19.



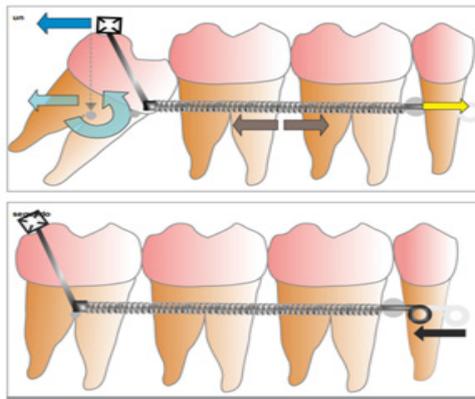
Fuente: Zachrison B.U

Figura 19. Resorte de Sander

**Mini implantes**

Los mini implantes son dispositivos clave para lograr el anclaje absoluto en tratamientos ortodónticos, especialmente en casos que requieren verticalizar molares. Tradicionalmente, este tipo de control no es posible con métodos convencionales, que suelen generar movimientos indeseados y alargar el tratamiento. Con los mini implantes, se aplican fuerzas más precisas, mejorando la eficiencia del movimiento dental. Dependiendo del grado de inclinación del molar, la presencia de terceros molares y la necesidad de extrusión o intrusión del molar a verticalizar, es posible utilizar mini implantes interradiculares o extrarradiculares.<sup>(43)</sup>

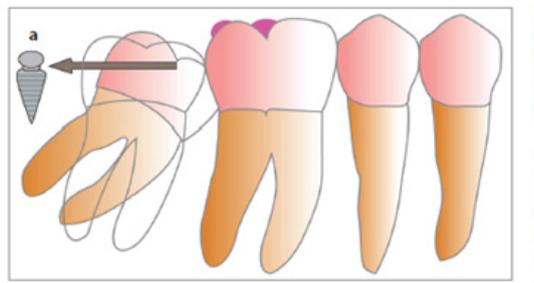
Los mini implantes interradiculares se colocan entre las raíces de los dientes, generalmente en el lado mesial del molar inclinado, entre las raíces del segundo premolar y el primer molar, para generar una fuerza de “empuje”. El diseño del aparato debe ajustarse a las características específicas de cada caso, considerando el punto de inserción del tornillo y el sistema de fuerzas adecuado. Generalmente, se emplean mini implantes de titanio de 1,8 mm de diámetro y 7 mm de largo, y el tiempo promedio de tratamiento varía entre 7 y 9 meses. La superficie bucal del diente debe ser accesible, o el diente debe exponerse quirúrgicamente si es necesario. El implante se coloca en el área interradicular, y un tubo bucal se fija en la cúspide distal del molar, girando su ranura 90 grados para alinearlo en posición vestibulo-lingual. Posteriormente, se dobla un alambre verticalmente desde el tubo hasta el implante, paralelo al plano oclusal, y se conecta un resorte NiTi para generar la fuerza necesaria para el empuje y el enderezamiento figura 20. A diferencia de otros métodos, en este enfoque solo se aplican fuerzas laterales al mini implante, lo que reduce el riesgo de fallo por carga axial, un factor común en otros sistemas de enderezamiento. Este método es ventajoso debido a su precisión y a su menor riesgo de complicaciones.<sup>(42)</sup>



Fuente: Tamer et al.<sup>(42)</sup>

**Figura 20.** Mini implantes en mesial al molar a verticalizar

Los mini implantes también pueden colocarse de manera extraalveolar, utilizando zonas habitualmente seleccionadas como la región retromolar, la rama mandibular y la zona infracigomática. La región retromolar es anatómicamente adecuada para la colocación de mini implantes debido a la presencia de hueso compacto que proporciona una excelente estabilidad primaria. Sin embargo, la inserción puede complicarse por el grosor del tejido blando circundante y la limitada accesibilidad figura 21. Además, es fundamental examinar cuidadosamente la posición del canal mandibular para evitar posibles complicaciones neurológicas al insertar el tornillo.



Fuente: Tamer et al.<sup>(42)</sup>

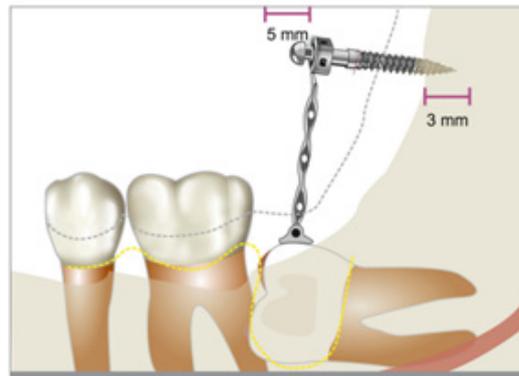
**Figura 21.** Mini implante en distal del molar a verticalizar

Chang et al.<sup>(11)</sup> desarrolló un tornillo óseo de acero inoxidable de 2 mm de diámetro para su uso en sitios extraalveolares como la plataforma bucal mandibular (MBS), la apófisis cigomática y la rama mandibular. Los tornillos MBS se colocan lateralmente a los primeros y segundos molares, evitando la región retromolar. Sin

embargo, el enderezamiento de molares impactados horizontalmente con tornillos MBS es complejo y difícil de controlar.

Para estos casos, los tornillos óseos se colocan en la rama mandibular, lo que permite aplicar una fuerza de tracción superior y posterior. La rama mandibular es un sitio adecuado para mini tornillos debido a la presencia de hueso cortical grueso. Estos tornillos se utilizan tanto para enderezar segundos molares inclinados o impactados horizontalmente, como para terceros molares cercanos al canal mandibular antes de su extracción, reduciendo así el riesgo de parestesia y otras complicaciones quirúrgicas.

Los tornillos extraalveolares de 2 mm x 12 mm son adecuados para la plataforma bucal mandibular, pero en la rama mandibular se requiere un tornillo más largo (2 mm x 14 mm) debido al grosor de la mucosa móvil y la necesidad de penetrar las fibras inferiores del músculo temporal. Para una adecuada higiene y estabilidad, la cabeza del tornillo debe quedar unos 5 mm por encima del tejido blando.<sup>(11)</sup>

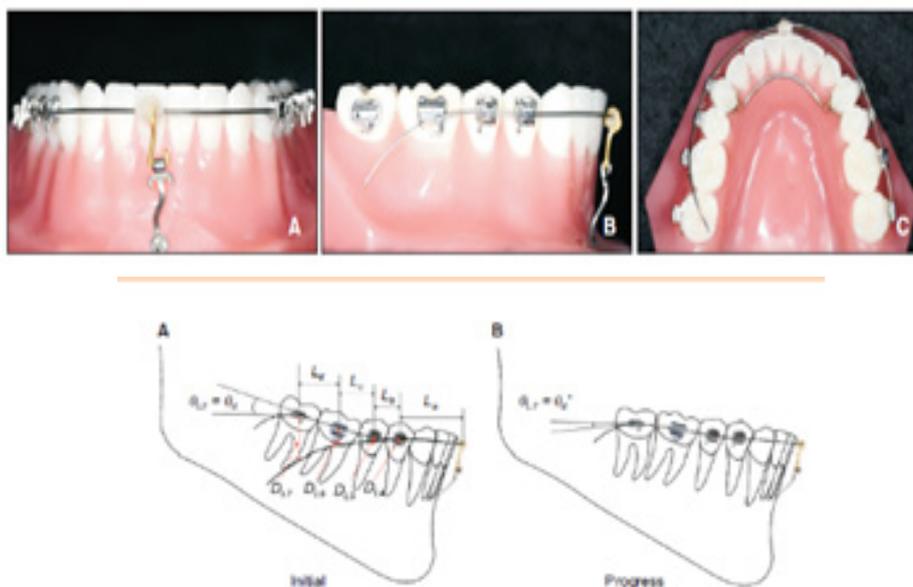


Fuente: Chang et al.<sup>(11)</sup>

Figura 22. Mini implante en rama mandibular

**Sistema BRC**

Se diseñó un sistema biocreativo de curva reversa (BRC) para lograr la corrección vertical de los dientes posteriores y ejercer una fuerza vertical efectiva sobre la mandíbula. Se utilizan brackets y tubos únicamente en premolares y molares para prevenir movimientos no deseados de los dientes anteriores durante el proceso de verticalización. Además, se emplea un alambre NiTi de curva inversa de 0,017 x 0,025 pulgadas y una miniplaca con un tubo en C en el área de la sínfisis mandibular como dispositivo de anclaje esquelético figura 23., conectado al arco RCS Ni-Ti mediante un conector de alambre de latón. Se coloca un arco lingual tipo bond en las superficies linguales de ambos primeros premolares para evitar la extrusión, así como el movimiento vestibular o lingual de los dientes anteriores.<sup>(19)</sup>



Fuente: Kim et al.<sup>(19)</sup>

Figura 23. Sistema BRC

Este sistema está basado en la técnica MEAW, que se usa ampliamente para controlar la posición y dimensión vertical de los dientes posteriores. La premisa subyacente es que el arco de NiTi de curva inversa tiene una curvatura uniforme desde la parte anterior hacia los extremos distales. Con este enfoque, el arco de curva inversa se vuelve equivalente al punto medio de equidistancia. En otras palabras, el arco de curva reversa ubicado entre dos soportes adyacentes. Se puede suponer que aplica una fuerza par de fricción en dirección opuesta en ambos extremos de cada soporte, produciendo un momento de rotación para los dos dientes adyacentes en direcciones opuestas. Los dos puntos de compromiso del arco de alambre tuvo en C en forma de miniplaca anterior y los premolares y molares posteriormente. Sin embargo, la diferencia es que el sistema BRC convierte el sistema de dos fuerzas en un sistema de una sola fuerza eliminando la fuerza reactiva en el arco dental anterior desde el compromiso anterior. El punto es un ancla esquelética y no permite la expresión de la fuerza reactiva.<sup>(44)</sup>

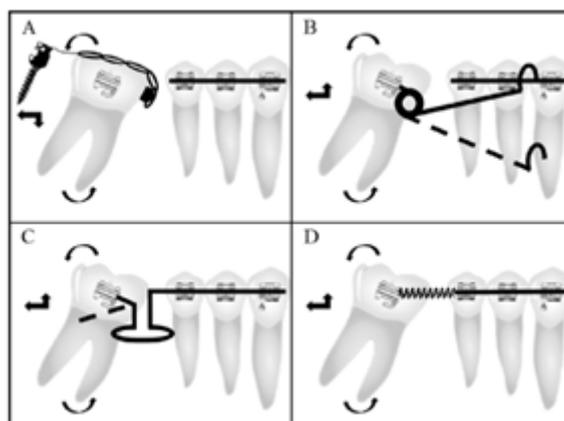
#### Mini implantes óseo integrados

Otro efecto secundario es que, dependiendo de la ubicación del mini implante, la intrusión acompañada de rotación puede provocar desviaciones. Un implante parcialmente osteointegrado (C-implant, tratado con chorro de arena de grano grande y grabado con ácido) puede solucionar estos problemas. Este tipo de implante permite la aplicación precisa de fuerzas y vectores, ya que puede soportar fuerzas de rotación, algo que un mini implante sin osteointegración no puede hacer, ya que debe estar alineado con el vector de movimiento del diente. Esta limitación restringe significativamente la posición de colocación del mini implante.<sup>(45)</sup>

Abrao et al.<sup>(1)</sup> analizó la distribución del estrés generado por diferentes mecanismos de fuerzas para la verticalización de molares inclinados, utilizando la técnica de fotoelasticidad, basada en la birrefringencia de los polímeros transparentes.

Se evaluaron cuatro técnicas:

- Uso de un mini implante en la región retromolar.
- Cantiléver voladizo.
- Cantiléver con bucle en T.
- Resorte de espiral abierto.



Fuente: Abrao et al.<sup>(1)</sup>  
Figura 24. Técnicas de verticalización

Las fuerzas aplicadas variaron entre 50 y 300 g. Aunque no existe consenso sobre la cantidad óptima de fuerza, los estudios describen activaciones entre 30 y 450 g.

Los niveles más bajos de estrés se observaron en la raíz mesial con el uso de mini implantes, lo que sugiere que esta técnica genera menos estrés. Por el contrario, el cantiléver voladizo mostró los mayores niveles de estrés. El resorte de espiral abierto tuvo menores deformaciones de estrés en comparación con el cantiléver, pero una mayor concentración de tensión alrededor del segundo molar en comparación con los mini implantes.<sup>(46)</sup>

Este análisis sugiere que el uso de mini implantes es la técnica más eficaz y segura, ya que presenta una menor probabilidad de efectos secundarios como reabsorción o extrusión del molar. Sin embargo, todas las técnicas son biológicamente aceptables si se aplican fuerzas ligeras, preferiblemente hasta 150 g.<sup>(47)</sup>

## CONCLUSIONES

La mesio-inclinación de los molares, aunque común en la población adulta, representa un desafío clínico significativo debido a las complejidades biomecánicas asociadas con su corrección. Este problema no solo afecta la estética y funcionalidad dental, sino que también compromete la salud periodontal y la estabilidad oclusal, exacerbando las complicaciones si no se aborda oportunamente.

La verticalización molar emerge como una intervención clave para restaurar la funcionalidad dental, mejorar las condiciones periodontales y optimizar la rehabilitación protésica. Los avances en biomecánica y tecnología han proporcionado una amplia gama de herramientas terapéuticas, desde dispositivos convencionales como cantilevers y resortes en T hasta técnicas avanzadas como el uso de mini-implantes interradiculares y extrarradiculares. Cada enfoque tiene indicaciones específicas que deben ser cuidadosamente evaluadas en función de factores como la severidad de la inclinación, el estado periodontal y las características anatómicas del paciente.

La literatura científica destaca la importancia de un diagnóstico integral que permita diseñar un plan de tratamiento individualizado. Esto incluye la evaluación de la dirección y magnitud de las fuerzas aplicadas, el control de los efectos secundarios como la extrusión o intrusión no deseada, y el uso de dispositivos biomecánicos que maximicen la eficacia del tratamiento mientras se minimizan los riesgos.

En conclusión, la corrección de la mesio-inclinación de los molares requiere un enfoque multidisciplinario y basado en evidencia, que combine la experiencia clínica con la aplicación precisa de técnicas biomecánicas. Este abordaje integral garantiza resultados funcionales y estéticos óptimos, mejorando no solo la salud bucal del paciente, sino también su calidad de vida.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abrao AF, Domingos RG, De Paiva JB, Lagana DC, Abrao J. Photoelastic analysis of stress distribution in mandibular second molar roots caused by several uprighting mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153:415-21.

2. Amaro NNV, Rios SWR, Claudio BAM. Exploration of theoretical conceptualizations of the causes of college dropout. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:15-15. <https://doi.org/10.56294/mw202215>.

3. Amaro NNV, Rios SWR, Claudio BAM. Influencing factors and student desertion at a private university in northern Lima. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:14-14. <https://doi.org/10.56294/mw202214>.

4. Atiaja NEB, Nieto MIF. Knowledge of Neonatal Metabolic Screening in Pregnant Women. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2022;2:74-74. <https://doi.org/10.56294/saludcyt202274>.

5. Aucatoma DVR. Use of alternative and complementary therapies for pain relief. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2022;2:76-76. <https://doi.org/10.56294/saludcyt202276>.

6. Aviles-Yataco W, Meneses-Claudio B. Neural networks applied to the detection and diagnosis of Breast Cancer, a systematic review of the scientific literature of the last 5 years. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2022;1:3-3. <https://doi.org/10.56294/sctconf202235>.

7. Barros SE, Janson G, Chiqueto K, Ferreira E, Rosing C. Expanding torque possibilities: a skeletally anchored torqued cantilever for uprighting “kissing molars”. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153:588-98.

8. Cano CAG, Castillo VS. Unveiling the Thematic Landscape of Cultural Studies Through Bibliometric Analysis. *Community and Interculturality in Dialogue* 2022;2:34-34. <https://doi.org/10.56294/cid202234>.

9. Cardozo MBS, Cano CAG. Perception of the merchants upon the implementation of an electronic payroll as a support document for the companies costs and deductions at Florencia- Caquetá. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2022;1:2-2. <https://doi.org/10.56294/sctconf202234>.

10. Castellanos SMS, Sandoval AL. Rediscovering the original recipe for the “empanada sampedrana.” *Community and Interculturality in Dialogue* 2022;2:32-32. <https://doi.org/10.56294/cid202232>.

11. Chang C, Lin SY, Roberts WE. Forty consecutive ramus bone screws used to correct horizontally impacted mandibular molars. *Int J Orthod Implantol.* 2016;41:60-72.

12. Cheng JHC. Orthodontic uprighting of horizontally impacted second mandibular molar through innovative use of springs. *J Dent Sci.* 2023;18:939-41.

13. Delgado MCF, Mendoza JAR, Piñeiro ALC. Characterization of the scientific output on lithium batteries through SciVal topic analysis. *Data and Metadata* 2022;1:5-5. <https://doi.org/10.56294/dm20225>.

14. Fleitas LAV, Herrera MD, Junco OM, Borrego YM, Borges YG. Effectiveness of the treatment applied in the smoking cessation consultation. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:16-16. <https://doi.org/10.56294/ri202216>.
15. Fu PS, Wang JC, Wu YM, Huang TK, Chen WC, Tseng YC, et al. Impacted mandibular second molars: a retrospective study of prevalence and treatment outcome. *Angle Orthod*. 2012;82(4):670-5.
16. Ginarte MJG, Landrove-Escalona EA, Moreno-Cubela FJ, Yano RT del. Visibility and impact of the scientific production on cranial nerve teaching and learning published in Scopus. *Data and Metadata* 2022;1:4-4. <https://doi.org/10.56294/dm20224>.
17. Ho CJ, Lee YJ, Chiang CP, Lee MS. Halterman appliance used for uprighting ectopically erupted bilateral permanent mandibular first molars. *J Dent Sci*. 2019;14:206-8.
18. Juárez-Risco K, Silva-Silva T, Meneses-Claudio B, Rios-Rios S. E-commerce and business growth of Inversiones Bonno S.A.C Lima, 2021. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2022;1:4-4. <https://doi.org/10.56294/sctconf202236>.
19. Kim JW, Choi JY, Kim MJ, Bin X, Kim SH. A cone-beam computed tomography study on strategic uprighting of mandibular molars using a biocreative reverse curve system. *Korean J Orthod*. 2022;52(5):354-61.
20. Kim SH, Kook YA, Jeong DM, Lee W, Chung KR, Nelson G. Clinical application of accelerated osteogenic orthodontics and partially osseointegrated mini-implants for minor tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009;136:431-9.
21. Landrove-Escalona EA, Hernández-González EA, Mitjans-Hernández D, Avila-Díaz D, Quesada AJF. Bibliometric analysis of the Cuban Journal of Neurology and Neurosurgery between 2017 and 2021. *Data and Metadata* 2022;1:1-1. <https://doi.org/10.56294/dm20221>.
22. Locks A, Locks RL, Locks LL. Diferentes abordagens para a verticalização de molares. *Rev Clin Ortod Dental Press*. 2015;14(4):32-8.
23. Lundgren D, Kurol J, Thorstensson B, Hugoson A. Periodontal conditions around tipped and upright molars in adults: an intra-individual retrospective study. *Eur J Orthod*. 1992;14:449-55.
24. Manobanda YAT, Nieto MIF. Knowledge of sexually transmitted diseases in Ecuadorian high school students. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2022;2:75-75. <https://doi.org/10.56294/saludcyt202275>.
25. Márquez Reyes G, Olivera C. Verticalización de molares con sistema de cantilever doble: análisis de elementos finitos. *OdontolInvestigación*. 2017;25-39.
26. Martires S, Kamat NV, Dessai SR. A CBCT evaluation of molar uprighting by conventional versus microimplant-assisted methods: an in-vivo study. *Dental Press J Orthod*. 2018;23(3):35.e1-9.
27. Montesino DC, Reguera IP, Fernández OR, Relova MR, Valladares WC. Clinical and epidemiological characterization of disability in the elderly population. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:15-15. <https://doi.org/10.56294/ri202215>.
28. Morita Y, Koga Y, Nguyen TA, Yoshida N. Biomechanical considerations for uprighting impacted mandibular molars. *Korean J Orthod*. 2020;50:268-77.
29. Park HS, Kyung HM, Sung JH. A simple method of molar uprighting with microimplant anchorage. *J Clin Orthod*. 2002;36:592-6.
30. Park JH, Choo HR, Choi JY, Chung KR, Kim SH. Evaluation of strategic uprighting of the mandibular molars using an orthodontic miniplate and a nickel-titanium reverse curve arch wire: preliminary cephalometric study. *Korean J Orthod*. 2021;51:179-88.
31. Pereira BSA, Seminario MP, Naveda R, Castanha JF, Garib D, Janson G. Mesioangulation of mandibular second molars: a case report. *J Orthod*. 2022;49(1):64-70.

32. Piñera-Castro HJ, Moreno-Cubela FJ. Productivity, Collaboration and Impact of Cuban Scientific Research on Parkinson's Disease in Scopus. *Data and Metadata* 2022;1:2-2. <https://doi.org/10.56294/dm20222>.
33. Portales YT, Díaz OR, Díaz ERH, Rosales YÁ, Álvarez MD. Emotional manifestations and perceived social support in elderly adults in the face of the impact of COVID-19. *Interdisciplinary Rehabilitation / Rehabilitacion Interdisciplinaria* 2022;2:13-13. <https://doi.org/10.56294/ri202213>.
34. Raveli TB, Raveli DB, Almeida KC, Dos Santos Pinto A. Molar uprighting: a considerable and safe decision to avoid prosthetic treatment. *Open Dent J.* 2017;11:466-75.
35. Rendón JEJ, Rojas MG. Positioning of clothing brands in Colombia. *Community and Interculturality in Dialogue* 2022;2:33-33. <https://doi.org/10.56294/cid202233>.
36. Rodríguez-Pérez DJA. Pediatric Surgery in Cuba: an untold story. *Seminars in Medical Writing and Education* 2022;1:4-4. <https://doi.org/10.56294/mw20224>.
37. Rojas-Concepción AA, Herrera-Miranda GL, Arteaga-Prado Y. Pedagogical model for the methodological work of the General Integral Medicine specialization. *Salud, Ciencia y Tecnología* 2022;2:72-72. <https://doi.org/10.56294/saludcyt202272>.
38. Sakima MT, Tatsuo PR. Técnica do Arco Segmentado de Burstone. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar.* 2000;5(2):91-115.
39. Sbricoli L, Ricci S, Cattozzo A, Favero R, Bressan E, Sivoletta S. Mandibular molar uprighting using skeletal anchorage: a novel approach. *J Clin Med.* 2022;11:3565.
40. Shellhart WC, Oesterle LJ. Uprighting molars without extrusion. *J Am Dent Assoc.* 1999;130(3):381-5.
41. Suri L, Gagari E, Vastardis H. Delayed tooth eruption: pathogenesis, diagnosis, and treatment. A literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(4):432-45.
42. Tamer I, Öztaş E, Marşan G. Up-to-date approach in the treatment of impacted mandibular molars: a literature review. *Turk J Orthod.* 2020;33(3):183-91.
43. Tovar-Cardozo G, Facundo-Vargas G, Joven-Santanilla V. Gallery tax in florenia Caquetá: legality and collection behavior. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias* 2022;1:5-5. <https://doi.org/10.56294/sctconf202237>.
44. Tuncay OC, Biggerstaff RH, Cutcliffe JC, Berkowitz J. Molar uprighting with T-loop springs. *J Am Dent Assoc.* 1980;100(6):863-6.
45. Turley PK. The management of mesially inclined/impacted mandibular permanent second molars. *J World Fed Orthod.* 2020;9(3S).
46. Wehrbein H, Diedrich P. Mesio-marginal findings at tilted molars: a histological-histomorphometric study. *Eur J Orthod.* 2001;23:663-70.
47. Zachrisson BU, Bantleon HP. Optimal mechanics for mandibular molar uprighting. *World J Orthod.* 2005;6(1):80-7.

#### **FINANCIACIÓN**

Ninguna.

#### **CONFLICTO DE INTERÉS**

Ninguno.

#### **CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA**

*Conceptualización:* Pablo Joel Azua.

*Curación de datos:* Pablo Joel Azua.

*Análisis formal:* Pablo Joel Azua.

*Investigación:* Pablo Joel Azua.

*Metodología:* Pablo Joel Azua.

*Administración del proyecto:* Pablo Joel Azua.

*Recursos:* Pablo Joel Azua.

*Software:* Pablo Joel Azua.

*Supervisión:* Pablo Joel Azua.

*Validación:* Pablo Joel Azua.

*Visualización:* Pablo Joel Azua.

*Redacción - borrador original:* Pablo Joel Azua.

*Redacción - revisión y edición:* Pablo Joel Azua.