

# Intrusión molar no planificada con el uso de alineadores transparentes Invisalign®.



Talens Cogollos, Laura<sup>1</sup>

Vela Hernández, Arturo<sup>2</sup>

Peiró Guijarro, María Aurora<sup>3</sup>

García Sanz, Verónica<sup>4</sup>

Montiel Company, José María<sup>5</sup>

Bellot Arcís, Carlos<sup>6</sup>

Paredes Gallardo, Vanessa<sup>7</sup>

Artículo cedido por la Revista *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*.

1. Estudiante de doctorado, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
2. Profesor colaborador, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
3. Profesora colaboradora, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
4. Profesora asociada, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
5. Profesor Titular, Unidad Docente de Preventiva. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
6. Profesor Titular, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).
7. Profesora Titular, Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).

Correspondencia:

Carlos Bellot-Arcís  
Unidad Docente de Ortodoncia. Departamento de Estomatología, Facultad de Medicina y Odontología de la Universidad de Valencia (España).  
Clínica Odontológica. C/ Gascó Ollag nº 1, CP: 46010. Valencia, España.  
Carlos.Bellot@uv.es

## Resumen

**OBJETIVOS:** los objetivos de este estudio fueron analizar y cuantificar la existencia de intrusión molar tras el uso de los alineadores Invisalign®, cuantificar dicha intrusión en caso de que se produzca, y analizar la relación con otras variables como edad del paciente, tiempo de tratamiento, y una serie de mediciones cefalométricas óseas y dentales realizadas al inicio del tratamiento.

**MATERIALES Y MÉTODOS:** Se diseñó un estudio descriptivo-analítico, retrospectivo con una muestra de 58 pacientes con edades entre 18 y 60 años tratados mediante alineadores transparentes Invisalign®. Las mediciones cefalométricas se realizaron a partir de las telerradiografías laterales de cráneo y se compararon al inicio (T0) y al final del tratamiento (T1). Se emplearon test paramétricos y no paramétricos para la comparación de medias, correlaciones de Pearson y análisis de regresión lineal multivariante para determinar aquellas variables asociadas a la intrusión molar

**RESULTADOS:** El 74,1% de los pacientes presentaron algún grado de intrusión molar al finalizar el tratamiento. El 32,8% de los pacientes presentaron intrusión solo en el molar inferior, el 25,9% en ambos molares, superior e inferior a la vez, y solo el 15,5% presentaron intrusión únicamente del molar superior. La cantidad promedio de intrusión para el molar superior es de  $0,98 \pm 0,54$ mm, mientras que para el inferior:  $0,84 \pm 0,29$ mm. Existen reducciones estadísticamente significativas en la distancia L6\_MP y en U6\_SN entre T0 y T1. La intrusión molar superior se correlaciona negativamente con la intrusión molar inferior ( $r = -0.270$ ). Los días de tratamiento no han mostrado correlación con la Intrusión Molar Superior o Inferior.

**CONCLUSIONES:** Los alineadores transparentes Invisalign® generan intrusión molar en el 74,1% de los pacientes. Las variables cefalométricas L6\_MP T0, Mandibular Plane angle T0, and Facial Axis T0 se asocian negativa y significativamente con la Intrusión Molar Superior, y la variable Facial Axis T0 y la edad con la Intrusión Molar Inferior, pudiendo predecir menores mm de intrusión cuando estas variables presentan valores altos al inicio del tratamiento.

**PALABRAS CLAVE:** Orthodontic appliance, removable appliance, aligner appliance, clear aligner, Invisalign, posterior intrusion.

## Abstract

**INTRODUCTION:** The objectives of this study were to analyze and quantify molar intrusion after the use of clear aligners and to analyze the relationship with other variables such as age, duration of treatment, and a series of cephalometric osseous and dental measurements at the start of treatment.

**METHODS:** A retrospective descriptive-analytical study was designed with a sample of 58 patients aged 18-60 years who had undergone treatment with Invisalign. The cephalometric measurements were carried out after lateral x-rays were taken of the cranium; these were compared at the start (T0) and conclusion of treatment. Parametric and nonparametric tests were used to compare means, whereas Pearson correlations and multivariate lineal regression analyses were used to establish the variables associated with molar intrusion.

**RESULTS:** Approximately 74.2% of the patients presented some degree of molar intrusion after treatment. Furthermore, 32.8% of patients presented intrusion only at the mandibular molar, whereas 25.9% experienced intrusion at both molars, maxillary and mandibular, simultaneously. However, 15.5% presented intrusion only at the maxillary molar. The average magnitude of intrusion here was 0.98  $\pm$  0.54 mm, whereas the mandibular molar was 0.84  $\pm$  0.29 mm. Statistically significant reductions exist for the distance L6\_MP and U6\_SN between T0 and at conclusion of treatment. Maxillary molar intrusion correlates negatively with mandibular molar intrusion ( $r = -0.270$ ). The number of days of treatment did not correlate with either maxillary or mandibular molar intrusion.

**CONCLUSIONS:** Clear aligners give rise to molar intrusion in 74.2% of patients. The cephalometric variables L6\_MP T0, mandibular plane angle T0, and facial axis T0 were negatively and significantly associated with maxillary molar intrusion, whereas age and facial axis T0 were negatively associated with mandibular molar intrusion allowing smaller magnitudes of intrusion to be predicted when these variables present high values at T0.

**KEY WORDS:** Orthodontic appliance, removable appliance, aligner appliance, clear aligner, Invisalign, posterior intrusion.

## Introducción

En los últimos años ha aumentado el número de pacientes adultos en las clínicas dentales solicitando una corrección ortodóncica mediante aparatología estética invisible, como la ortodoncia lingual o los alineadores transparentes como Invisalign®<sup>(1-4)</sup>.

La aparatología Invisalign® aparece en el año 1997, aunque no es hasta 1999, cuando está disponible para ortodontistas. La filosofía de los alineadores está inspirada en el posicionador de Kesling (1945)<sup>(4)</sup> y se apoya en las facilidades que la tecnología CAD-CAM le ofrece para fabricar los alineadores en serie sin necesidad de confeccionar un nuevo set-up para cada uno de los movimientos programados<sup>(5)</sup>.

La principal ventaja que Invisalign® aporta es su aspecto transparente y estético, siendo la opción de elección para la mayor parte de la población adulta. Por otro lado, su carácter removible facilita la higiene y la tolerancia frente a otras opciones fijas<sup>(6)</sup>.

El aumento de tratamientos de ortodoncia realizados en todo el mundo con alineadores está siendo exponencial. Pero no existe todavía mucha literatura sólida que estudie en profundidad la biomecánica y los efectos sobre la dentición.

Con frecuencia se suele observar la aparición de una ligera mordida abierta posterior en muchos pacientes que llevan alineadores, lo que habitualmente se achaca a una posible intrusión molar<sup>(5-8)</sup>. Esta sería consecuencia del grosor de los mismos, y del número de horas que el paciente los porta (5). Algunos autores consideran esta intrusión y la estiman de entre 0.25 y 0.5 mm, pero no hay evidencia científica que avale dichas afirmaciones<sup>(5-7)</sup>. De hecho, no hay estudios que lo confirmen, la controversia es tan grande que incluso hay autores que niegan dicha intrusión<sup>(9)</sup>. Además, todos los estudios que aluden a este fenómeno trataban con material EX30®, anterior al actual SmarTrack®. No conocemos ningún estudio que haya analizado la intrusión molar que se puede producir con el tratamiento de alineadores transparentes con el material SmarTrack®, con el que se confeccionan actualmente los alineadores de Invisalign® y que presentan un grosor de 0,30 pulgadas (0,75 mm).

Por esta razón los objetivos de este estudio fueron: Determinar la existencia de intrusión molar tras el uso de los alineadores Invisalign®. Cuantificar dicha intrusión en caso de que se produzca, y analizar la relación con otras variables: edad del paciente, tiempo de tratamiento, sobremordida, ángulo del plano mandibular, ángulo del plano oclusal, altura facial anterior, inclinación del incisivo superior e inferior y extrusión del incisivo superior e inferior.

## Material y método

Este estudio descriptivo-analítico, retrospectivo cumplió con la declaración de Helsinki para la investigación con sujetos humanos. El protocolo de estudio fue aprobado por el comité de Ética de la Universidad de Valencia (número de procedimiento H1484756605438). Todos los pacientes cuyos registros fueron utilizados en el estudio recibieron información detallada y dieron su consentimiento informado para participar.

### TAMAÑO MUESTRAL

Se calculó un tamaño muestral de 53 individuos como suficiente para estimar, con una confianza del 95% y una precisión de +/- 0.1 unidades, la media intrusión molar de unos valores que es previsto que tengan una desviación estándar de alrededor de 0.35 unidades. El porcentaje de reposiciones necesaria se ha previsto que será del 10%.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN

Los criterios de inclusión fueron: pacientes adultos de entre 18 y 60 años sin crecimiento (empleando para ello el método de maduración vertebral analizado en telerradiografías laterales de cráneo) (10), tratados con aparatología transparente Invisalign®, disponer de telerradiografía lateral de cráneo, fotografías y ClinChecks® iniciales y finales, tener todos los dientes completamente erupcionados, presencia de los primeros y segundos molares permanentes, y en contacto con su antagonista antes, durante y al finalizar el tratamiento tanto en sus fotografías como en el ClinCheck®.

Los criterios de exclusión fueron: pacientes que presentasen mordida profunda, paciente con mordida abierta anterior o mordida abierta posterior antes, durante y/o al finalizar el tratamiento, pacientes tratados con medidas para reducir la mordida abierta posterior (rampas de mordida anteriores, elásticos verticales o recortes en el alineador para facilitar la extrusión), pacientes con una planificación de intrusión molar, pacientes portadores de prótesis fija de más de una pieza o con prótesis sobre implantes osteointegrados. Pacientes con algún diente anquilosado, o con un soporte óseo de menos de 1/2 de la raíz, o con signos o síntomas de enfermedad periodontal activa.

Se obtuvo una muestra consecutiva de 58 pacientes que acudieron a una clínica de ortodoncia en busca de tratamiento ortodóncico entre los años 2012 y 2018. Los pacientes fueron tratados mediante alineadores transparentes Invisalign® confeccionados con el material SmartTrack TM. La tasa de participación en el estudio fue del 94%.

Todos los pacientes fueron tratados con alineadores removibles transparentes Invisalign® habiendo finalizado la totalidad del tratamiento sin mordida abierta posterior, no detectable ni mediante los registros fotográficos, ni mediante

el ClinCheck®. Todos los registros fotográficos incluyeron fotografías oclusales con los puntos de contacto marcados con papel de articular. Todos los pacientes mostraban contactos posteriores en las fotografías oclusales de todas las fases intermedias del tratamiento. Todos los registros digitales fueron tomados mediante el escáner intraoral iTero®, y mostraban contactos oclusales posteriores iniciales y finales en cada ClinCheck®, tanto en los ClinCheck® iniciales como en los de cada etapa intermedia (“Alineadores Adicionales” o “Refinamientos”), cuando las hubo.

En cuanto a las telerradiografías iniciales (T0) y finales (T1), se identificaron nueve puntos cefalométricos (Tabla 1 y Figura 1) y se realizaron doce mediciones esqueléticas y dentales de forma manual (tabla 2 y figura 2) por un único observador previamente entrenado.

La intrusión molar superior (mm) se calculó como la diferencia entre U6\_SN en T0 y T1 y la intrusión molar inferior (mm) como la diferencia entre L6\_MP en T0 y T1. La intrusión molar total (mm) como la suma de la intrusión molar superior e inferior.

Previo al inicio del estudio se realizaron las mediciones de 10 pacientes por el mismo observador y por un segundo investigador (Gold standard) para ello con el fin de determinar el error intra-observador (reproducibilidad) e inter-observador (validez).

#### Análisis estadístico

Los datos obtenidos de las mediciones cefalométricas se introdujeron en una hoja de cálculo utilizando el programa Microsoft® Excel 2011®. Se empleó el programa SPSS v 24.0.

El error intra e interobservador fue calculado con los coeficientes de variación y con la fórmula de Dahlberg. El coeficiente de variación es la relación entre la desviación típica de una muestra y su media.

Se realizó un análisis descriptivo para la media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana y frecuencias absolutas y relativas para variables categóricas.

Se compararon los valores medios de las medidas obtenidas en la doble medición mediante un test t de medidas apareadas. Obteniéndose también el coeficiente de correlación intra-clase (CCI).

La normalidad se valoró mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Para analizar las diferencias entre más de dos medias se utilizó el test ANOVA (o la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis). Para analizar las diferencias entre dos medias se empleó el test T de Student de medidas apareadas o la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Se utilizó el coeficiente de correlación paramétrico de Pearson o no paramétrico de Spearman para medir la asociación lineal entre edad, duración de tratamiento y las mediciones cefalométricas en T0 y T1 con la intrusión molar superior, inferior o total.

FIGURA 1: Ilustración de los puntos cefalométricos utilizados en el estudio.

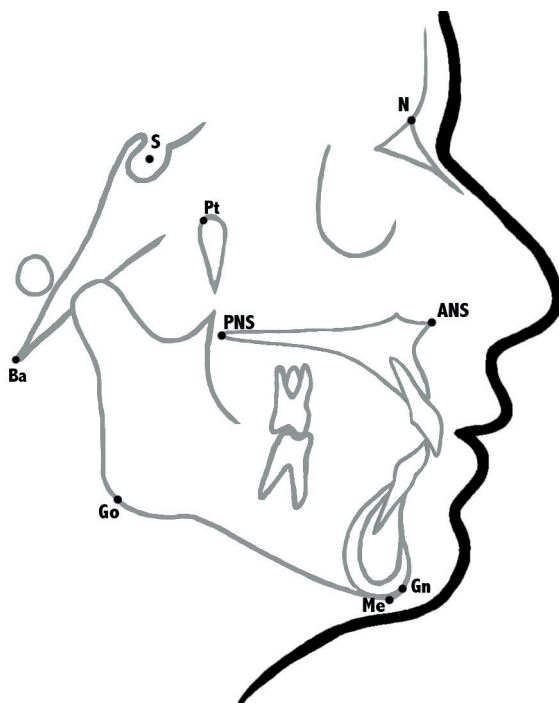


TABLA 1: Abreviaturas y definiciones cefalométricas de los puntos de referencia utilizados en el estudio.

	PUNTO DE REFERENCIA	ABREVIATURA	DEFINICIÓN
1	Sella	S	Punto situado en el centro de la silla turca.
2	Nasion	N	Parte más anterior de la sutura frontonasal.
3	Gnasion	Gn	El punto más anteroinferior del contorno del mentón.
4	Gonion	Go	El punto más posteroinferior del ángulo de la mandíbula.
5	Menton	Me	El punto más bajo de la línea media en la sínfisis mandibular.
6	Espina Nasal Anterior	ANS	Punto más anterior de la espina nasal anterior.
7	Espina Nasal Posterior	PNS	Punto más posterior de la espina nasal posterior.
8	Basion	Ba	Punto más anterior del foramen magnum.
9	Pterigoideo	PT	La intersección del borde inferior del foramen rotundum con la pared posterior de la fisura pterigomaxilar.

Se desarrollaron modelos de regresión lineal múltiple para determinar las variables asociadas a los mm de intrusión molar superior, inferior o total intrusión producidos, y modelos de regresión logística para determinar la asociación con la intrusión en el molar superior, inferior o en ambos molares. El nivel de significatividad empleado ha sido del 5% ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados

El error intra-observador (reproducibilidad) e inter-observador (validez) fue aceptable, debido a que los valores de Dahlberg fueron inferiores a 1 en la mayoría de las dimensiones, al igual que para el coeficiente de variación CV donde se obtuvieron valores inferiores al 2,5%.

El tamaño muestra fue de 58 pacientes, 38 de sexo femenino (65.5%) y 20 de sexo masculino (34,5%). La edad media de la muestra ha sido de 32.3 años, oscilando en un rango de entre 18 y 60 años. La mediana se ha situado 31 años. Solo 2 pacientes tuvieron más de 46 años.

La media de los días de tratamiento ha

sido de 586.7 días, con un rango entre 126 y 1222, con una mediana en 564.5 días.

Al comparar las mediciones cefalométricas entre el inicio del tratamiento (T0) y la finalización (T1), únicamente encontramos diferencias significativas en la distancia L6\_MP y en U6\_SN que se redujeron de 72.1 a 71.8 mm y de 31.2 a 30.8 mm respectivamente (Tabla 3).

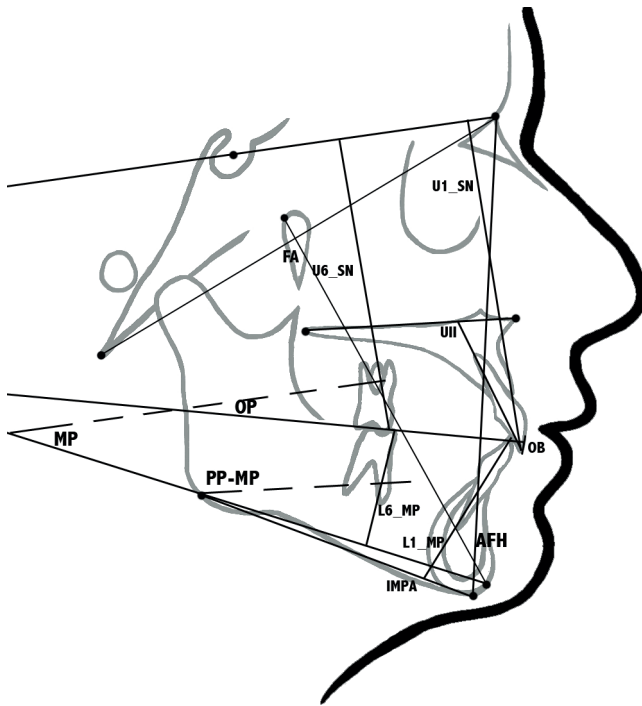
En el 74.1% (n=43) de los pacientes se observó intrusión molar. En el 15.5% (n=9) se produjo intrusión sólo en el molar superior, en el 32.8% (n=19) sólo en el molar inferior, mientras que en el 25.9% (n=15) se observó en ambos molares (superior e inferior). Solo el 25.9% de los pacientes no presentaron intrusión molar (Tabla 4).

La media de intrusión en el molar superior ha sido de 0.28 y en el molar inferior ha sido de 0.41mm. Cuando se produce solo intrusión en el molar superior la media es de 0.98mm, solo el molar inferior de 0.84mm, y cuando es en ambos molares alcanza un valor de 1.01mm (Tabla 4). No existen diferencias significativas (test de Kruskal-Wallis,  $p=0.381$ ) entre las medias de intrusión al comparar cuando solo se intruye el molar superior, solo el molar inferior y ambos molares. La correlación lineal entre los mm de intrusión Molar Superior e Inferior es negativa (Pearson= -0.273).

TABLA 2: Abreviaturas y definiciones de las medidas cefalométricas óseas (5) y dentales (7) utilizadas en el estudio.

	PUNTO DE REFERENCIA	ABREVIATURA	DEFINICIÓN
<b>MEDIDAS CEFALOMÉTRICAS ÓSEAS</b>			
1	Plano Mandibular (Steiner).	MP	Medida angular. Ángulo formado por la intersección del Plano Mandibular (Go-Gn) y SN. Norma: 32°+4
2	Plano Oclusal (Steiner).	OP	Medida angular. Ángulo formado por la intersección del Plano Oclusal y SN. Norma: 14°+2
3	Ángulo PP-MP	PP-MP	Medida angular. Ángulo formado por la intersección de PP and MP. Norma: 22°+4
4	Altura Facial Anterior	AFH	Medida Lineal. Distancia en milímetros entre Nasion y Menton. Norma: 105-120mm.
5	Eje Facial	FA	Medida angular. Ángulo formado por la intersección del Plano Basocraneal (Ba-Na) con el eje Facial (Pt-Gn). Norma: 90°+3,5
<b>MEDIDAS CEFALOMÉTRICAS DENTALES</b>			
1	Sobremordida	OB	Medida Lineal. Distancia en milímetros entre los bordes incisales de los incisivos superior e inferior, perpendicular al plano oclusal. Norma: 2 mm
2	Inclinación del Incisivo Inferior	IMPA	Medida angular. Ángulo formado por la intersección del incisivo inferior (A1) y el Plano Mandibular (Me-Go). Norma: 90°+2,5
3	Inclinación del Incisivo Superior.	UII	Medida angular. Ángulo formado por la intersección del incisivo superior (A1) y el Plano Palatino (ANS-PNS) Norma: 112°-117°
4	Posición del molar inferior.	L6_MP	Medida Lineal. Distancia perpendicular en milímetros desde la cúspide mesio-vestibular del primer molar inferior al Plano Mandibular (Go-Gn).
5	Extrusión del Incisivo Inferior	L1_MP	Medida Lineal. Distancia perpendicular en milímetros desde el borde incisal del Incisivo Inferior al Plano Mandibular (Go-Gn).
6	Posición del molar superior.	U6_SN	Medida Lineal. Distancia perpendicular en milímetros desde la cúspide mesio-vestibular del primer molar superior al plano Sella-Nasion (SN).
7	Extrusión del Incisivo Superior	U1_SN	Medida Lineal. Distancia perpendicular en milímetros desde el borde incisal del Incisivo Superior al plano Sella-Nasion plane (SN).

FIGURA 2: Ilustración de las medidas esqueléticas y dentales.



No existen diferencias significativas respecto al sexo tras aplicar un test U de Mann-Whitney en los mm de intrusión molar superior ( $p=0.260$ ), de intrusión molar inferior ( $p=0.823$ ) ni de intrusión total ( $p$  valor= $0.807$ ). Tampoco existe una asociación (test Chi cuadrado  $p=0.092$ ) entre sexo y el tipo de intrusión molar (superior, inferior o en ambos molares).

En la tabla 5 se presentan las correlaciones entre las mediciones cefalométricas iniciales (T0) y la Intrusión molar. La intrusión molar superior se correlaciona negativamente con ángulo plano mandibular ( $r= -0.268$ ), ángulo plano oclusal ( $r= -0.278$ ) e intrusión molar inferior ( $r= -0.270$ ). La edad ni los días de tratamiento han mostrado correlación con la Intrusión Molar.

Mediante un análisis de regresión lineal multivariante se han generado modelos predictivos (Tabla 6). Así, para los mm de Intrusión Molar Superior han resultado como variables significativas y predictoras en el modelo ( $R^2=0.236$ ;  $p$  valor= $0.002$ ): L6\_MP T0, Mandibular Plane angle T0, and Facial Axis T0. De igual forma, para los mm de Intrusión Molar Inferior se han mostrado significativas y predictoras en el modelo ( $R^2= 0.111$ ;  $p$  valor= $0.040$ ): Facial Axis T0 y edad. En todos los modelos cuando aumentan los valores de las variables predictoras disminuyen los mm de intrusión molar al final del tratamiento.

## Discusión

El análisis cefalométrico se ha convertido en un método ampliamente utilizado para evaluar la intrusión molar y otros cambios esqueléticos y dentales<sup>(8,9,11-15)</sup>. No obstante, consideramos que en un futuro próximo se podría desarrollar un protocolo para evaluar la intrusión molar producida en los portadores de alineadores transparentes medida en tomografía de haz cónico (CBCT). Esto nos daría mayor exactitud en la medición, y una idea tridimensional de lo que sucede en el molar. Las limitaciones de la telerradiografía lateral de cráneo están relacionadas con la posición de la cabeza, el movimiento durante la exposición y la magnificación<sup>(16)</sup>. A pesar de estos problemas, la telerradiografía lateral de cráneo es una herramienta valiosa para medir parámetros dentales y esqueléticos, y teniendo en cuenta a que hoy en día la radiación producida por la toma del CBCT sigue siendo más alta que la telerradiografía descartamos esta opción.

La frecuencia de cambio de los alineadores fue de 7 días en todos los pacientes, tiempo suficiente para expresar la información de cada alineador<sup>(17,18)</sup>, sin embargo, otros estudios prescriben 15 días por alineador<sup>(5)</sup>. Hay que destacar que la bibliografía sobre la eficacia e indicaciones de Invisalign® es

TABLA 3: Mediciones cefalométricas (esqueléticas y dentales) en T0 y T1.

	T0 MEDIA (IC 95%)	T1 MEDIA (IC 95%)	P VALOR TEST T DE STUDENT1 O WILCOXON2)
MP (°) PLANO MANDIBULAR	35.2 (33.5-35.9)	35.5 (33.8-37.2)	0.4892
OP (°) PLANO OCLUSAL	18.6 (17.5-19.6)	18.2 (17.1-19.3)	0.2201
PP-MP (°) ANGULO PP-MP	26.8 (25.2-28.3)	26.5 (24.9-28.1)	0.5592
AFH (MM) ALTURA FACIAL ANTERIOR	122.1 (120.1-124.2)	122.4 (120.4-124.5)	0.2441
FA (MM) EJE FACIAL	86.7 (85.5-87.9)	87.0 (85.8-88.2)	0.2151
OB (MM) SOBREMORDIDA	1.87 (1.31-2.44)	2.37 (2.10-2.64)	0.1842
UII (°) INCLINACIÓN DEL INCISIVO SUPERIOR	109.7 (107.8-111.7)	108.5 (106.9-110.1)	0.1721
IMPA (°) INCLINACIÓN DEL INCISIVO INFERIOR	93.3 (91.4-95.2)	94.1 (92.3-95.8)	0.4732
U1_SN (MM) EXTRUSIÓN DEL INCISIVO SUPERIOR	81.1 (79.1-83.1)	81.2 (79.3-83.2)	0.5482
L1_SN (MM) EXTRUSIÓN DEL INCISIVO INFERIOR	39.0 (38.2-39.9)	39.1 (38.2-39.9)	0.9811
U6_SN (MM) INTRUSIÓN DEL MOLAR SUPERIOR	31.2 (30.4-32.0)	30.8 (30.0-31.6)	p<0.0011
L6_MP (MM) INTRUSIÓN DEL MOLAR INFERIOR	72.1 (70.9-73.3)	71.8 (70.6-73.1)	p<0.0011

TABLA 4: Medias e IC-95% de Intrusión Molar Superior, Inferior y Total

	CON INTRUSIÓN N=43			SIN INTRUSIÓN N=15	TOTAL N=58
	SÓLO MOLAR SUPERIOR N=9 MEDIA MM (IC 95%)	SÓLO MOLAR INFERIOR N=19 MEDIA MM (IC 95%)	AMBOS MOLARES N=15 MEDIA MM (IC 95%)		
INTRUSIÓN MOLAR SUPERIOR	0.98 (0.56-1.39)	—	0.49 (0.42-0.56)	—	0.28 (0.17-0.39)
INTRUSIÓN MOLAR INFERIOR	—	0.84 (0.70-0.98)	0.52 (0.41-0.64)	—	0.41 (0.30-0.52)
INTRUSIÓN MOLAR TOTAL	0.98 (0.56-1.39)	0.84 (0.70-0.98)	1.01 (0.87-1.16)	—	0.69 (0.56-0.82)

TABLA 5: Correlaciones lineales entre las mediciones cefalométricas al inicio del tratamiento (T0), la edad y los días de tratamiento con los mm de Intrusión Molar Superior, Inferior o Total.

	INTRUSIÓN MOLAR SUPERIOR (MM)		INTRUSIÓN MOLAR INFERIOR (MM)		INTRUSIÓN MOLAR TOTAL (MM)	
	R	P-VALOR	R	P-VALOR	R	P-VALOR
MP (°) PLANO MANDIBULAR	-0.268	0.042*	0.200	0.131	-0.058	0.663
OP (°) PLANE OCLUSAL	-0.278	0.035*	0.181	0.175	-0.083	0.538
PP-MP (°) ÁNGULO PP-MP	-0.187	0.159	0.155	0.244	-0.028	0.834
AFH (MM) ALTURA FACIAL ANTERIOR	-0.106	0.431	0.087	0.515	-0.016	0.904
FA (MM) EJE FACIAL	-0.001	0.993	-0.213	0.109	-0.177	0.185
OB (MM) SOBREMORDIDA	0.084	0.533	-0.139	0.298	-0.045	0.737
UII (°) INCLINACIÓN DEL INCISIVO SUPERIOR	0.102	0.447	0.061	0.651	0.135	0.312
IMPA (°) INCLINACIÓN DEL INCISIVO INFERIOR	0.059	0.661	-0.010	0.938	0.040	0.763
U1_SN (MM) EXTRUSIÓN DEL INCISIVO SUPERIOR	-0.036	0.787	0.181	0.173	0.119	0.372
L1_SN (MM) EXTRUSIÓN DEL INCISIVO INFERIOR	-0.153	0.253	0.165	0.216	0.009	0.947
U6_SN (MM) INTRUSIÓN DEL MOLAR SUPERIOR	0.014	0.918	0.054	0.690	0.056	0.678
L6_MP (MM) INTRUSIÓN DEL MOLAR INFERIOR	-0.270	0.040*	0.055	0.682	-0.180	0.177
EDAD	0.141	0.291	-0.190	0.153	-0.039	0.770
DÍAS DE TRATAMIENTO	0.071	0.597	-0.103	0.442	-0.026	0.848

TABLA 6: Modelos de regresión lineal para Intrusión Molar Superior, Inferior y Total.

VARIABLE DEPENDIENTE	MODELO R2 CTE P VALOR	VARIABLES PREDICTIVAS	COEFICIENTE B NO ESTANDARIZADO	P VALOR
INTRUSIÓN MOLAR SUPERIOR	R2=0.236 Cte=6.43 p=0.002	L6_MP T0	-0.043 (-0.076 a -0.011)	0.010
		Plano Mandibular T0	-0.036 (-0.058 a -0.014)	0.001
		Eje Facial T0	-0.041 (-0.071 a -0.010)	0.010
INTRUSIÓN MOLAR INFERIOR	R2=0.111 Cte=3.01 p=0.040	Eje facial T0	-0.025 (-0.049 a -0.002)	0.036
		Edad	-0.012 (-0.025 a 0.000)	0.049
INTRUSIÓN MOLAR TOTAL	R2=0.155 Cte=7.60 p=0.027	L6_MP T0	-0.041 (-0.082 a 0.000)	0.050
		Plano Mandibular T0	-0.029 (-0.056 a -0.002)	0.035
		Eje Facial T0	-0.053 (-0.091 a -0.015)	0.008

escasa, además de que últimamente se ha realizado grandes avances para facilitar la corrección de casos complejos, como el diseño de ataches más especializados para rotaciones, control radicular, movimientos verticales, etc.<sup>(19,20)</sup>.

Solo existen dos estudios que dispongan de mediciones para comprobar la intrusión molar tras el uso de los alineadores Invisalign®<sup>(6,9)</sup>. Pero ninguno se realizó con el material actual Smartrack®. El presente estudio analizó la posición de los molares superiores e inferiores midiendo la distancia entre el primer molar superior al plano SN y la distancia entre el primer molar inferior al plano mandibular respectivamente. Sin embargo, estudios similares utilizan el plano palatino para evaluar la intrusión de los molares superiores<sup>(6,9)</sup>. Los autores de este trabajo utilizaron el SN y el plano mandibular ya que son planos estables y reproducibles como se ha visto en otros estudios<sup>(11)</sup>. Por otro lado, algunos autores consideran que el plano palatino es menos fiable debido a su proximidad al área de intrusión<sup>(21)</sup>.

Según nuestros resultados, el 74.1% de los pacientes presentó intrusión molar. En el 15.5% se produjo intrusión sólo en el molar superior, en el 32.8% sólo en el inferior,

mientras que en el 25.9% en ambos. Resultados muy similares a los obtenidos por Moshiri et al., aunque el material utilizado en su estudio no es Smartrack®<sup>(8)</sup>. Sin embargo, Khosravi et al. no observaron que se produjese ninguna intrusión<sup>(9)</sup>, aunque en este caso no descartaron los pacientes en los que se prescribió el uso de virtual bite ramps. Los virtual bite ramps intentan minimizar la presión ejercida del material entre las superficies oclusales, con lo cual se reduce la intrusión posterior.

Se ha observado que la intrusión molar superior se correlaciona negativamente con las variables cefalométricas ángulo plano mandibular y con el ángulo plano oclusal. De modo que cuanto menores son éstas, mayor probabilidad de intrusión del molar superior. Parece razonable que esto sea debido a la mayor actividad del músculo masetero que presentan los individuos con biotipo braquiocefálico, seguidos por los mesocefálicos, siendo los pacientes dolicocefálicos los que menor intrusión molar generarían<sup>(22)</sup>.

Se ha observado que las variables cefalométricas L6\_MP T0, Mandibular Plane angle T0, and Facial Axis T0 son predictoras de la Intrusión Molar Superior;

y las variables Facial Axis T0 es predictoras de la Intrusión Molar Inferior. En todos los modelos, mayores valores de las variables predictoras, permitió predecir magnitudes menores, en mm, de intrusión.

Por otro lado, en los casos en los que se produce intrusión molar superior o inferior, el ángulo del plano oclusal y la altura facial anterior disminuyen tras el tratamiento, al igual que se observa en los resultados del estudio de Moshiri et al (2017)<sup>(6)</sup>. Además, tampoco existe ningún estudio en la literatura que asocie algún parámetro inicial del paciente con la intrusión producida al final del tratamiento. Ninguno de los pacientes incluidos en el estudio mostró un cambio significativo en el plano mandibular al final del tratamiento, lo cual está de acuerdo con la poca intrusión obtenida.

Aunque la intrusión de molares no estaba prescrita en el plan de tratamiento de los pacientes incluidos en la muestra, parte de este efecto se observó de forma contraria a los resultados de los tratamientos con aparatología convencional que suelen provocar cierto grado de extrusión de molares (23). En el presente estudio, se seleccionaron pacientes adultos para evitar la posibilidad de que el crecimiento pudiese condicionar los resultados. Se descartaron pacientes con prótesis fijas e implantosoportadas, pacientes con anquilosis o ausencias dentales por ser condiciones en las que la intrusión se vería afectada o sería imposible.

Creemos que la intrusión molar es el resultado de la interposición del material plástico del alineador de manera semi-permanente y prolongada en el tiempo, entre las superficies oclusales superiores e inferiores, lo que en algunos individuos con cierto grado de potencia muscular (mayor cuanto más cerrado es el ángulo mandibular) produce una intrusión molar en grado variable. Parece un efecto similar al que producen los levantes de mordida posteriores en tratamientos con aparatología fija para el tratamiento de mordidas abiertas de Vela et al.<sup>(11)</sup>. Dado que en el presente estudio solo se incluyeron pacientes con Clase I en los que no se planeó intrusión posterior ni movimiento distal de molares, asumimos que cualquier intrusión molar producida se debió a la mencionada interposición de material. Los autores confirmaron la ausencia de crecimiento en la muestra midiendo la longitud mandibular (Ar-Pg) y altura facial anterior antes y después del tratamiento<sup>(24)</sup>.

Se observa también que esa intrusión es autolimitante, puesto que cuando se produce habitualmente es cercana a 1 mm en ambos molares, superior o inferior. Esto se podría interpretar como una mera adaptación neuromuscular del paciente para recuperar su dimensión vertical original, alterada por el uso continuo del alineador.

A pesar de la intrusión molar, todos los pacientes mostraron contactos oclusales posteriores durante el tratamiento. Esto se evaluó utilizando papel de articular

que puede ayudar a determinar si existen contactos o no, pero es un método adecuado para medir la fuerza oclusal (25,26). Los estudios futuros deberían cuantificar la fuerza oclusal utilizando sistemas computarizados de análisis oclusal (27) y evaluar la correlación con la intrusión molar.

Cabe mencionar que la intrusión obtenida podría ser temporal por lo que se necesitarían más estudios para analizar posibles cambios cefalométricos en este sentido algunos meses después del tratamiento.

Según nuestros resultados no existe relación directa entre el tiempo de tratamiento y la intrusión molar. Es decir, no es posible afirmar que cuanto más tiempo de tratamiento aumente la probabilidad de intrusión, ni que ésta sea mayor en caso de producirse. Es posible que pueda deberse a que probablemente este estímulo de contracción muscular favorecido por el ligero aumento de la dimensión vertical debido a los alineadores<sup>(28)</sup>, ceda antes del mínimo de tratamiento establecido. Este estudio no evaluó el estímulo muscular. Se necesitan más estudios para evaluar la correlación entre la fuerza de la contracción muscular y la intrusión molar. La resonancia magnética funcional se puede utilizar para este propósito<sup>(29)</sup>.

En cuanto a las limitaciones del estudio, hay que reseñar que la muestra de pacientes fue consecutiva (no aleatoria) y que, aunque se hizo un cálculo de tamaño muestral, una mayor muestra podría haber permitido el análisis de subgrupos. Además, aunque CBCT habría sido más preciso para realizar las mediciones (30), en este estudio se utilizó un método bidimensional ya que tomar CBCT solo para los fines del estudio no se consideró justificable.

Por otro lado, el rango de edad de la muestra ha sido ligeramente dispar, y no podemos obviar que la biología del movimiento dentario se puede ver condicionado por la edad. Además, existen pocos artículos científicos con una metodología adecuada. La tecnología 3D en general y el campo de los alineadores y sus materiales en particular, están sufriendo grandes avances en poco tiempo, lo que implica que las publicaciones científicas deberían estar en constante actualización.

## Conclusiones

Según los resultados de nuestro estudio con Invisalign (SmartTrack) y teniendo en cuenta las limitaciones de este estudio, podríamos concluir lo siguiente:

1. Se observó una intrusión molar no planificada de 0,94 mm en el 74,2% de los pacientes,
2. En el 15,5% de los casos sólo hubo intrusión de molares superiores y en el 32,8% de los casos sólo hubo intrusión de molares inferiores. En el 25,9% de los pacientes hubo intrusión molar en ambas arcadas.
3. No hubo correlación entre la intrusión de molares y la duración del tratamiento.

## Referencias

1. OJIMA K, DAN C, NISHIYAMA R, OHTSUKA S, SCHUPP W. *Accelerated extraction treatment with Invisalign*. J Clin Orthod 2014;48:487-499.
2. LI W, WANG S, ZHANG Y. *The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial*. Int J Clin Exp Med 2015;8:8276-8282.
3. MALIK OH, MCMULLIN A, WARING DT. *Invisible orthodontics part 1: invisalign*. Dent Update 2013;40:203-4, 207-10, 213-215.
4. 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; 85:881-889.
5. PHAN X, LING PH. *Clinical limitations of invisalign*. J Can Dent Assoc 2007;73:263-266.
6. BOYD RL. *Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions*. J Dent Educ 2008;72:948-967.
7. BOYD RL, MILLER RJ. *The Invisalign System in Adult Orthodontics : Mild Crowding and Space Closure Cases*. J Clin Orthod 2000;34:203-212.
8. MOSHIRI S, ARAÚJO EA, MCCRAY JF, THIESEN G, KIM KB. *Cephalometric evaluation of adult anterior open bite non-extraction treatment with Invisalign*. Dent Press J Orthod 2017;22:30-38.
9. KHOSRAVI R, COHANIM B, HUJOEL P, DAHER S, NEAL M, LIU W, ET AL. *Management of overbite with the Invisalign appliance*. Am J Orthod Dentofac Orthop 2017;151:691-699.
10. FRANCHI L, BACCETTI T, MCNAMARA JA JR. *Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2000;118:335-340.
11. VELA-HERNÁNDEZ A, LÓPEZ-GARCÍA R, GARCÍA-SANZ V, PAREDES-GALLARDO V, LASAGABASTER-LATORRE F. *Nonsurgical treatment of skeletal anterior open bite in adult patients: Posterior build-ups*. Angle Orthod 2017; 87:33-40.
12. ENDO T, KOJIMA K, KOBAYASHI Y, SHIMOOKA S. *Cephalometric evaluation of anterior open-bite nonextraction treatment, using multiloop edgewise archwire therapy*. Odontology 2006;94:51-58.
13. CARANO A, MACHATA W, SICILIANI G. *Noncompliant treatment of skeletal open bite*. Am J Orthod Dentofac Orthop 2005;128:781-786.
14. HART TR, COUSLEY RRRJ, FISHMAN LS, TALLENTS RH. *Dentoskeletal changes following mini-implant molar intrusion in anterior open bite patients*. Angle Orthod 2015; 85:941-948.
15. ERVERDI N, KELES A, NANDA R. *The use of skeletal anchorage in open bite treatment: A cephalometric evaluation*. Angle Orthod 2004;74:381-390.
16. HOUSTON WJ, MAHER RE, MCELROY D, SHERRIFF M. *Sources of error in measurements from cephalometric radiographs*. Eur J Orthod 1986;8(3):149-151.
17. DRAKE CT, MCGORRAY SP, DOLCE C, NAIR M, WHEELER TT. *Orthodontic tooth movement with clear aligners*. ISRN Dent 2012;2012:657973.
18. CHISARI JR, MCGORRAY SP, NAIR M, WHEELER TT. *Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2014;145:S82-S91.
19. PAPADIMITRIOU A, MOUSOULEA S, GKANTIDIS N, KLOUKOS D. *Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review*. Prog Orthod 2018;19(1):37
20. CORTONA A, ROSSINI G, PARRINI S, DEREGIBUS A, CASTROFLORIO T. *Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study*. Angle Orthod 2020;90(2):247-254
21. EL NAMRAWY MM, SHARABY FE, BUSHNAK M. *Intrusive Arch versus Miniscrew-Supported Intrusion for Deep Bite Correction*. Open Access Maced J Med Sci 2019;7(11):1841-1846.
22. GOMES SGF, CUSTODIO W, JUFER JSM, CURY AA DEL B, GARCIA RCMR. *Mastication, EMG activity and occlusal contact area in subjects with different facial types*. Cranio - J Craniomandib Pract 2010;28:274-279.
23. PEPICELLI A, WOODS M, BRIGGS C. *The mandibular muscles and their importance in orthodontics: a contemporary review*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128(6):774-780.
24. BISHARA SE, TREDER JE, JAKOBSEN JR. *Facial and dental changes in adulthood*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1994;106:175-86.
25. KERSTEIN RB, RADKE J. *Clinician accuracy when subjectively interpreting articulating paper markings*. Cranio 2014;32(1):13-23.
26. SUTTER BA. *A digital poll of dentists testing*

*the accuracy of paper mark subjective interpretation.* Cranio 2018;36(6):396-403.

27. JEONG MY, LIM YJ, KIM MJ, KWON HB. *Comparison of two computerized occlusal analysis systems for indicating occlusal contacts.* J Adv Prosthodont 2020;12(2):49-54
28. WIDMER CG. *The effects of altering vertical dimension on the masticatory muscles and temporomandibular joint.* Semin Orthod 2002;8(3):155-161.
29. BOURDIOL P, HENNEQUIN M, PEYRON MA, WODA A. *Masticatory Adaptation to Occlusal Changes.* Front Physiol 2020;11:263
30. KOSUMARL W, PATANAPORN V, JOTIKASTHIRA D, JANHOM A. *Distances from the root apices of posterior teeth to the maxillary sinus and mandibular canal in patients with skeletal open bite: A cone-beam computed tomography study.* Imaging Sci Dent 2017;47(3):157-164.

#### NOTA DE LOS AUTORES Y AGRADECIMIENTOS:

Los autores desean dejar constancia de que pidieron permiso a la revista "American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics" para proceder con la publicación del artículo en español en la revista de la SEDO "Ortodoncia Española" y con el formato que la revista de la SEDO considere oportuno. La revista "American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics" y la editorial Elsevier se mostraron favorables a esta petición y nos dieron permiso para publicar la versión en español del artículo original. Les agradecemos su generosidad.

El artículo original de esta publicación, corresponde a un artículo publicado en el año 2022 por los mismos autores en la revista "American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics" y con la siguiente referencia: Talens-Cogollos L, Vela-Hernández A, Peiró-Guijarro MA, García-Sanz V, Montiel-Company JM, Gandía-Franco JL, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V. *Unplanned molar intrusion after Invisalign treatment.* Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2022;162(4):451-458. doi:10.1016/j.ajodo.2021.03.019.

This article was published in the American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics, 2022;162(4), Talens-Cogollos L, Vela-Hernández A, Peiró-Guijarro MA, García-Sanz V, Montiel-Company JM, Gandía-Franco JL, Bellot-Arcís C, Paredes-Gallardo V, *Unplanned molar intrusion after Invisalign treatment.* :451-458, Copyright Elsevier.