

# Sistemas autoligables de mínima fricción: ¿la fricción imperfecta?

Minimun friction self-ligating systems: imperfect friction?

***Sánchez Domínguez M\*, Yeste Ojeda FM\*, Megía Córdoba A\*\*, Ventureira Pedrosa C\*\*\*.***

\*Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar de la Universidad San Pablo CEU (Madrid).

\*\*Posgrado en Ortodoncia por la Institución Universitaria Mississippi de Madrid. Colaborador Docente del Máster en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar de la Universidad San Pablo CEU (Madrid) y del Máster de Ortodoncia de la Institución Universitaria Mississippi de Madrid.

\*\*\*Doctor por la Universidad Autónoma de Madrid, Posgrado en Ortodoncia por la Fundación Jiménez Díaz. Docente del Máster de Ortodoncia de la Universidad CEU San Pablo (Madrid).

**Correspondencia:**

María Sánchez Domínguez

E-mail: [mariasanchezdominguez@gmail.com](mailto:mariasanchezdominguez@gmail.com)

## Resumen

**Introducción:** El uso de brackets autoligables ha crecido exponencialmente en la última década como respuesta a las expectativas generadas en términos de supuestos beneficios al reducir la fricción frente a las técnicas convencionales de ligado con elastómeros. A partir de la modificación de la técnica de ligado y la consiguiente disminución en la fricción clásica los ortodoncistas hemos atribuido a los brackets autoligables una serie de mejoras clínicas. Desafortunadamente gran parte de estos supuestos beneficios no presentan base científica, sino que se apoyan en publicaciones comerciales, con problemas metodológicos que conducen a conclusiones subjetivas guiadas más por el entusiasmo de sus autores y su experiencia subjetiva, que por los criterios que marca la “ortodoncia basada en la evidencia”.

**Material y Método:** Se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica en diferentes bases de datos electrónicas (Medline, PubMed y Cochrane Library) seleccionando los artículos que mencionaban fricción de autoligables comparada con brackets convencionales.

**Resultados:** Existe una alarmante ausencia de estudios “in vivo”, frente a una gran mayoría de estudios “in vitro” que, mediante la recreación de condiciones ficticias en un laboratorio, valoran la fricción tan sólo en términos de contacto entre la superficie del bracket, el arco y la estructura de ligado, olvidándose de factores que contribuyen en la fricción tanto o más que el método de ligado como son la angulación de 2º orden (binding y notching), la anchura y distancia interbracket y obviando aspectos biológicos como la saliva y las fuerzas de masticación, el grado de maloclusión y la respuesta individual del ligamento periodontal y hueso alveolar de cada paciente.

**Conclusiones:** Los brackets autoligables han demostrado reducir la fricción clásica a valores prácticamente despreciables, pero debemos ser críticos con la evidencia existente y valorar otros aspectos (binding, anchura y distancia interbracket, etc) que pueden modificar sustancialmente su comportamiento en términos de fricción y control del movimiento dental.

**Palabras Clave:** autoligado, fricción, binding, notching, brackets, resistencia al deslizamiento.

## Abstract

**Introduction:** The use of self-ligating brackets has grown markedly in the last decade in response to the expectations of the reduced friction, supposedly offered by this system in comparison to the friction generated by conventional techniques employing elastomere ligation. Based on the modification of the ligation technique with its supposed decrease in classic friction, orthodontists have credited self-ligating brackets with a series of clinical improvements. Unfortunately, rather than as scientific evidence, most of these supposed benefits have been presented in commercial publications that are plagued by methodological problems that lead to subjective conclusions based more on the authors' enthusiasm and expectations than on “evidence based orthodontics”.

**Methods:** An exhaustive review of the different free electronic data bases (Medline, PubMed and Cochrane Library) selected articles comparing friction with self-ligating brackets and friction with conventional brackets systems.

**Results:** There is an alarming paucity of “in vivo” studies. The majority of “in vitro” laboratory studies recreate frictional conditions to evaluate friction only in terms of contact between bracket surface,

bracket arch and the ligating structure while ignoring other factors that contribute as much or more to friction than the ligation method: second order angulation (binding and notching), bracket width and interbracket distance, and other biological aspects like saliva, chewing stress, the degree of malocclusion and the responses of the patient's periodontal ligament and alveolar bone.

**Conclusions:** Self-ligating brackets have been demonstrated to reduce classic friction to practically undetectable levels in the laboratory, but the existing evidence is insufficient and other aspects (binding, bracket width, interbracket distance, etc.) that may substantially modify friction and dental movement must also be considered.

**Keywords:** self-ligating, friction, binding, notching, brackets, resistance to sliding.

## Introducción

Los brackets de autoligado han ido ganando popularidad en los últimos años, sin embargo, el concepto de “autoligado” no es nuevo. Ya en la década de los años 30, Stolzenberg<sup>1</sup> presentó el primer prototipo de sistema autoligable y tras un periodo silente, han vuelto a resurgir en los últimos años. Esto es así, debido a la aparición de nuevos diseños propiciados por diversos fabricantes y marcas comerciales que relacionan una reducción de la fricción inherente al método de ligado. De alguna forma, en la actualidad, baja fricción y autoligable parecen haberse convertido en sinónimos. Como consecuencia se ha generado una política de hechos consumados en la que los brackets autoligables, al reducir la fricción clásica y mejorar el deslizamiento, presumiblemente reducen el tiempo de tratamiento y el número de visitas,<sup>1,2,3</sup> minimizan la necesidad de anclaje,<sup>1</sup> incrementando los tratamientos sin extracciones dentales y proporcionan una sensible mejoría de la mecánica de deslizamiento<sup>1</sup> con un movimiento dentario más fisiológico.

Lamentablemente, gran parte de estos supuestos beneficios de los brackets autoligables de “baja fricción”, se basan en publicaciones con fines comerciales con deficiencias en su planteamiento original que conducen a conclusiones subjetivas, guiadas más por el entusiasmo de sus autores y sus experiencias, que por los criterios que marca la “ortodoncia basada en la evidencia”. Además, existe una alarmante ausencia de estudios “in vivo”, frente a una gran mayoría de estudios “in vitro” que, a menudo, no son capaces de simular un escenario clínico que se asemeje al medio oral real. Muchos de estos trabajos, como veremos a lo largo de este artículo, no contemplan todas las variables necesarias para reproducir el concepto de fricción en ortodoncia de forma global y por tanto sus conclusiones pueden ser confusas y entrar en conflicto con la realidad. Mediante la recreación de

condiciones ficticias en un laboratorio, estos estudios valoran la fricción tan sólo en términos de contacto entre la superficie del bracket, el arco y la estructura de ligado, olvidándose de factores que contribuyen en la fricción tanto o más que el método de ligado como son la angulación de 2º orden (binding y notching),<sup>4,5</sup> la anchura y distancia interbracket<sup>2,5,6</sup> y obviando también aspectos biológicos como la saliva<sup>2,5,6,7</sup> y las fuerzas de masticación,<sup>6</sup> el grado de maloclusión<sup>2</sup> y la respuesta individual del ligamento periodontal y hueso alveolar de cada paciente.<sup>6</sup>

El objetivo de este artículo es analizar la situación actual de la baja fricción y los modernos brackets de autoligado, revisando la literatura existente y sometiéndola al filtro de la “ortodoncia basada en la evidencia”. Se describe la nomenclatura y conceptos básicos de fricción y deslizamiento en ortodoncia, haciendo una clara diferenciación entre fricción clásica o cinética y fricción estática con sus diferentes repercusiones clínicas. Se discuten, además, los factores que han de tenerse en cuenta a la hora de valorar una disminución de fricción y sus supuestos beneficios.

Los brackets autoligables presentan ventajas potenciales frente a las técnicas convencionales, pero debemos ser críticos con la literatura existente, sobre todo en lo que se refiere a la reducción de la fricción y mejora en el deslizamiento.

Surgen así varias cuestiones que deben ser respondidas: ¿es el sistema de ligado el factor determinante de la fricción?; ¿la disminución de la fricción clásica mediante la eliminación de ligaduras elastoméricas facilita la mecánica de cierre de espacios de extracción con una ranura de arco recto? o ¿debemos tener en cuenta otros factores que pueden repercutir en mayor medida en alcanzar la tan deseada “fricción cero”?

La comprensión del impacto de la fricción en el uso de brackets autoligables y su evidencia clínica puede resultar fundamental a la hora de que el ortodoncista seleccione el sistema de aparatología fija más adecuado para su práctica clínica diaria.

A lo largo de esta revisión bibliográfica trataremos de dar respuesta a estas cuestiones y aclarar ciertos conceptos mecánicos que pueden resultar confusos o sesgados por intereses comerciales sobre nuestros modernos brackets de autoligado y su resistencia al deslizamiento.

## Material y método

Se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica en diferentes bases de datos electrónicas (Medline, PubMed y Cochrane Library) desde 2004 al 2011, en la Universidad Complutense de Madrid, Universidad Europea de Madrid y Universidad San Pablo CEU (Madrid) seleccionando los artículos que mencionaban fricción en brackets autoligables comparada con brackets convencionales. Todos los artículos utilizados se encuentran publicados en revistas científicas nacionales e internacionales.

Los criterios de inclusión acogen tanto a artículos referidos a estudios “in-vivo”, de todas las edades y sexos, como “in-vitro” con las siguientes palabras clave: self-ligating, friction, binding, notching, conventional, brackets y sliding.

La evaluación para la inclusión de un artículo en esta revisión y la validez de la información extraída de cada artículo, ha sido realizada de forma independiente por cuatro autores con los siguientes criterios de inclusión: se incluyeron ensayos clínicos controlados aleatorios (RCT) y no aleatorios, revisiones sistemáticas, meta-análisis, estudios de cohortes y de caso-control que comparaban brackets autoligables con aparatología convencional, independientemente de su eficacia, eficiencia o estabilidad. Los artículos de casos clínicos aislados y de opinión, así como aquellos artículos con ausencia de evidencia científica e interés comercial o esponsorización fueron descartados.

Al final de la búsqueda, se recopilaron un total de 65 artículos de los cuales se descartaron 28 por no cumplir los criterios de inclusión citados. Tras la puesta en común de toda la información se redactó la siguiente revisión.

## **Concepto de Fricción y Resistencia al deslizamiento. Tipos de Fricción.**

La fricción se puede definir como la fuerza de resistencia que se produce entre dos superficies que se oponen al movimiento en la misma dirección pero en sentido opuesto.<sup>4,5</sup>

Desde un punto de vista genérico, la fricción en ortodoncia se genera cuando dos superficies (superficie de la ranura de un bracket y arco de alambre) entran en contacto para generar un deslizamiento, donde la estructura de ligado de ambos componentes resulta crítica en términos de resistencia al movimiento. Sin embargo, esto es tan sólo uno de los factores que contribuyen al deslizamiento.

Según *Kusy y Whitley*,<sup>4</sup> en ortodoncia, la resistencia al deslizamiento con aparatología fija multibrackets (RS) está dividida en tres componentes: (1) fricción clásica (FR) debida a la fuerza de contacto entre las superficies del arco, brackets y ligadura, (2) Binding (BI) y (3) Notching (NO).

$$RS = FR + BI + NO$$

Sin embargo, por diferentes razones (algunas de ellas de interés comercial), la fórmula de la fricción ha sido simplificada y reducida desde un punto de vista clínico, enfatizando la importancia del sistema de sujeción o ligado arco-bracket, y despreciando o considerando insignificante la segunda parte de la fórmula (binding y notching). Este es uno de los motivos por lo que en ortodoncia, se ha asociado una mejoría en el deslizamiento directamente proporcional a la fuerza de ligado, quitando importancia al resto de factores involucrados en el deslizamiento y asociando directamente brackets autoligables con baja fricción.

$$RS = FR$$

En términos generales, existen dos tipos de fricción en ortodoncia: estática y cinética. La fricción clásica o cinética es directamente proporcional a la fuerza normal ( $F_N$ ) de ligado, la cual actúa perpendicularmente a la dirección del movimiento entre las superficies en contacto de arco y bracket. El coeficiente de fricción ( $\mu$ ) es específico de cada material y es una constante, su valor varía de manera acorde a las características de superficie de los materiales en contacto. La fricción clásica es el producto de multiplicar el coeficiente de fricción por la fuerza normal aplicada.<sup>5</sup>

$$F_{FR} = \mu \cdot F_n$$

La fricción estática se opone a cualquier fuerza aplicada, de forma que cuando esta fuerza es vencida, el movimiento comienza. La fricción cinética o clásica, que suele ser menor que la estática, se opone a la dirección de movimiento del diente. A efectos prácticos, podríamos decir que la fuerza estática es aquella necesaria para iniciar el movimiento y la fuerza cinética aquella que lo mantiene<sup>8</sup>. La

mayoría de los autores están de acuerdo en cuantificar la fricción estática como aproximadamente el doble de la fricción cinética.<sup>7,9</sup> Para prácticamente todos los propósitos, la fricción clásica o cinética en el movimiento de cierre de espacios en ortodoncia es irrelevante, porque el movimiento continuo a lo largo de un arco raramente ocurre.

Así pues, debemos diferenciar entre el deslizamiento de los dientes sobre el arco durante las primeras fases de alineamiento y nivelación con arcos redondos superelásticos, flexibles y de sección disminuida, lo que se denomina *deslizamiento indirecto* frente al *deslizamiento directo* que se produce en el cierre de espacios de extracción durante las fases finales del tratamiento y con arcos rectangulares rígidos de acero.<sup>10,11</sup> (Figura 1)

La sustitución de la ligadura elastomérica por un método autoligable, en la fase de deslizamiento indirecto puede resultar relevante, pero en el caso del deslizamiento directo, en la fase de cierre de espacios, parece resultar de menor importancia, entrando a jugar un papel secundario frente a otros factores que se describen a continuación. Es difícil conjugar un sistema que aúne velocidad de alineamiento en las fases iniciales de tratamiento y el control en las fases finales.

Y es que de acuerdo a Burrow<sup>5</sup>, en la mecánica de deslizamiento en ortodoncia estamos tratando con un proceso estático termodinámico, lo cual quiere decir, que es un proceso que ocurre lentamente y consiste en una secuencia de estados que están próximos al equilibrio.

De alguna forma, cuando deslizamos un diente para, por ejemplo, cerrar un espacio de extracción, no se realiza un movimiento continuo de deslizamiento sino que se produce una concatenación de situaciones estáticas, angulaciones y enderezamientos sucesivos, que derivan en la generación del movimiento dental a través del arco y el cierre del espacio de extracción.<sup>4,5</sup>

De esta forma, tras la aplicación de una fuerza ortodóncica y vencida la resistencia al deslizamiento, cambia la posición del diente en el arco, se produce una angulación o “tip” de la corona dental y aparece una respuesta biológica, como es el remodelado del hueso alrededor de la raíz, para de nuevo producirse otro movimiento dentario de enderezamiento, es decir, otra angulación del diente; así acontece de forma sucesiva hasta el completo cierre del espacio de extracción.<sup>5</sup> (Figura 2)

Por tanto, en la resistencia al deslizamiento en ortodoncia, la fricción clásica o cinética, la generada en gran medida por el método de ligado, y donde los brackets

de autoligado si han demostrado su eficiencia, es tan sólo una pequeña parte del componente total de factores que contribuyen a generar fricción. Si realmente queremos contemplar el problema en su conjunto y mejorar el deslizamiento para disminuir los tiempos de tratamiento en nuestros casos, especialmente a la hora de cerrar espacios, también deberemos tener en cuenta otros factores, que señalamos a continuación.

## Binding y Notching

En la práctica clínica, el movimiento en “masa” con una ranura horizontal de arco recto convencional resulta “utópico”,<sup>12</sup> teniendo en cuenta que el punto de aplicación de la fuerza está muy por debajo del centro de resistencia del diente y que existe una holgura entre la dimensión de la ranura del bracket y el diámetro del alambre (resulta común, por ejemplo, utilizar un alambre de acero inoxidable de 0,019 x 0,025” en una ranura de 0,022 x 0,028”). De esta forma, deseable o no, cuando aplicamos una fuerza horizontal para desplazar un diente se produce un fenómeno de angulación de segundo orden al contactar el arco con las aristas del bracket; esta deflexión o deformación elástica reversible del alambre, es lo que denominamos con el vocablo inglés como “binding”.<sup>13</sup> Si seguimos incrementando la fuerza, esta deformación elástica puede acabar enclavando el alambre contra las aristas del bracket, provocando una deformación plástica de nuestro arco, permanente e irreversible, denominada “notching”. Binding y notching son dos situaciones clínicas evolutivas. Se podría decir que el notching es la situación extrema del binding; mientras el binding es un importante factor generador de fricción y ralentizador del movimiento dental, el notching frena el movimiento dentario por completo.<sup>3</sup>

El valor del binding se puede calcular mediante una simple fórmula matemática:<sup>10</sup>

$$BI = N_{BI} (\mu - Bi)$$

$N_{BI}$  es la fuerza normal de binding generada como consecuencia de la presión que ejerce el arco sobre la ranura del bracket al producirse la inclinación de 2º orden y deformarse elásticamente. Es proporcional al ángulo que forman el arco y la ranura horizontal del bracket (ángulo  $\emptyset$ ).<sup>14</sup> De esta forma sería necesario definir el ángulo crítico de contacto (ángulo  $\emptyset_c$  del binding), que es la angulación en la que el arco



contacta con las paredes antagónicas de la ranura del bracket sin producir deformación del arco. Es lo que se ha venido a denominar con el sobrenombre de “configuración pasiva”. (Figura 3a). Si aumenta la angulación del arco ( $\varnothing > \varnothing_c$ ) se genera una deformación elástica y un momento, consistente en un par de fuerzas de igual intensidad y sentido contrario, que incrementará la resistencia al deslizamiento incrementando la fricción en el deslizamiento y pasando a la denominada “configuración activa” (Figura 3b).<sup>10,15</sup>

Si queremos disminuir la fricción y mejorar el coeficiente de deslizamiento, será necesario aplicar un “contramomento”, de la misma intensidad y sentido contrario al que ha originado el binding, de forma que el diente se enderece y, de esta manera, arco y ranura formen un ángulo donde el  $\varnothing < \varnothing_c$ . El deslizamiento directo, es por tanto una sucesión de binding y contrabinding, momento y contramomento, angulación y enderezamiento hasta el cierre completo del espacio, lejos de producirse un movimiento en masa. El Prof. *Rivero Lesmes*, en su artículo “versión o gresión” hace referencia clara a este fenómeno.<sup>12</sup>

Esta sucesión de angulaciones y contraangulaciones, los valores del momento y contramomento, se pueden calcular mediante una simple fórmula:

$$M_c = F \times d$$

Donde ( $M_c$ ) o momento de una cupla, es el producto de multiplicar una fuerza ( $F$ ) horizontal aplicada al diente por la distancia al centro de resistencia ( $d$ ).

Conocido el momento de la cupla o de inclinación, éste tendrá un valor igual al del momento de enderezamiento ( $M_c$ ) donde ( $F$ ) es la fuerza friccional aplicada por el arco sobre la arista del bracket y ( $d$ ) el ancho m-d del bracket.<sup>4</sup> De esta forma despejando ( $F$ ) en la fórmula del momento de enderezamiento y conociendo el valor de la anchura m-d del bracket que estamos utilizando resulta sencillo descubrir la repercusión de la anchura mesio distal del bracket en el deslizamiento. Por ejemplo, al aplicar sobre el diente una fuerza horizontal de 100 g con una distancia al centro de resistencia del diente de 10 mm el  $M_c$  sería de 10 Nmm. Conocida la anchura m-d del bracket podremos calcular la resistencia al deslizamiento por binding. (Figura 4)

Parece ser, por tanto, que en el fenómeno de deslizamiento directo, la anchura mesio distal del bracket juega un papel preponderante, incluso por encima del método de ligado, de forma que a mayor anchura m-d del bracket, menor binding

y por tanto menor fricción y mayor facilidad de deslizamiento; el fenómeno contrario ocurriría al reducir la anchura m-d del bracket.

Resulta cuanto menos curioso descubrir la variedad de anchura m-d y morfología de los diferentes brackets autoligables disponibles en el mercado que presumiblemente presentarán diferentes comportamientos a lo largo de las diferentes fases del tratamiento ortodóncico. (Figura 5)

*Kusy*<sup>4,5</sup> publicó en 1999 los resultados de sus estudios realizados en el laboratorio donde valoraba y establecía las bases del binding y el notching como principales componentes de la resistencia al deslizamiento. En estos estudios observó que la influencia del binding era mayor a medida que la angulación entre el arco y el bracket aumentaba. De esta forma, con 7° de angulación el binding generaba un 80% de la resistencia al deslizamiento, y cuando el ángulo se incrementaba hasta 13° el binding era el responsable de un 99% de la resistencia al deslizamiento. *Moore*,<sup>16</sup> por otro lado, en un estudio realizado en el 2004, nos dice que cada grado que aumenta el binding en arcos rectangulares de acero (0,019 x 0,025" y 0,021x 0,025") la fricción aumenta el doble. Por el contrario, la (FR) clásica generada por la ligadura apenas era una influencia para el deslizamiento.

Posteriormente, *Kusy*<sup>4,5</sup> aclaró que la misma situación tenía lugar tanto en brackets convencionales como en brackets de autoligado, puesto que dependía directamente de la morfología de la ranura y ambas son de arco recto. Sin embargo añadió que en situaciones sin angulación la resistencia al deslizamiento era menor en brackets de autoligado. Obviamente, estos hipotéticos casos de movimiento en masa, son prácticamente inexistentes en la práctica clínica, donde la angulación y el enderezamiento dental son movimientos comunes y prácticamente inevitables.

Autores como *Stefanos*<sup>17</sup> y *Reichender y cols*<sup>18</sup> minimizan la repercusión de la fricción clásica en el cierre de espacios, recalcando la importancia de otros factores en el deslizamiento dental como son: anchura del bracket, material del bracket y del arco, dimensión del arco y de la ranura del bracket, angulación de segundo y tercer orden, originada por la maloclusión o inherente en el bracket,<sup>19</sup> tipo y técnica de ligado, presencia de saliva, grado de maloclusión y distancia interbracket.

## **Problemas metodológicos en la literatura existente.**

Son numerosas las aproximaciones científicas para tratar de demostrar la repercusión de la reducción de la fricción en el movimiento dental. Sin embargo, se debe hacer un cuidadoso análisis de las conclusiones de estas publicaciones, teniendo en cuenta que algunas de ellas pueden presentar sesgos y problemas metodológicos que pueden repercutir directamente en su aplicación clínica.

En este sentido, *Rinchuse y Miles*<sup>6</sup> cuestionan la validez de la mayoría de los estudios realizados sobre brackets de autoligado, ya que gran parte de estos estudios son “in vitro”. Estos tienen problemas metodológicos, puesto que resulta prácticamente imposible reproducir todos los factores involucrados en el movimiento dental. *Turpin*,<sup>20</sup> en una editorial reciente de una importante revista de ortodoncia, advierte la necesidad de obtener evidencia científica mediante estudios “in vivo” (experimentación animal) para poder medir, observar, analizar y considerar todas las variables biológicas a tener en cuenta en el movimiento dentario durante la mecánica ortodóncica con “baja fricción”.

De acuerdo a estos autores, uno de los elementos difícilmente reproducible en los estudios “in vitro” es la respuesta biológica al movimiento dentario, es decir, la reacción del ligamento periodontal y la respuesta del hueso alveolar y su remodelado. En relación a este factor, algunos de los estudios incrementan la velocidad del movimiento dentario entre 21,7 y 435 veces,<sup>6</sup> expresándolo en mm/minuto, y no siendo fiel a lo que acontece en la clínica. Esta cantidad de movimiento no se produce de la misma forma en nuestra práctica diaria debido al remodelado óseo. Esto ocurre en el artículo publicado por *Budd y cols* en el 2008.<sup>21</sup>

También el grado de fuerza provocado por el desalineamiento y/o desnivelación dentaria, tanto en sentido vertical, buco-lingual (primer orden), mesio-distal (segundo orden), y alteraciones en el torque o de tercer orden, fruto de la maloclusión,<sup>6</sup> o incorporadas en la prescripción del bracket,<sup>14,19</sup> es otro de los factores obviados por un gran número de estudios. Además, gran parte de los artículos de investigación referentes a la fricción son segmentados o limitados, es decir, muestran los resultados sobre un número reducido de brackets desalineados. Esta irregularidad ocurre, por ejemplo, en los artículos realizados en el 2009 por *Bacceti y cols*,<sup>22</sup> y el publicado por *Cordasco y cols*,<sup>23</sup> donde además de analizar fragmentos limitados a un número reducido de brackets, únicamente uno de ellos se encuentra en desnivelación y ninguno contempla angulaciones de segundo orden.

Autores como *Ong*,<sup>2</sup> *Rinchuse y Miles*,<sup>6</sup> *Burrow*<sup>5</sup> y *Ehsani*<sup>7</sup> tienen en cuenta la influencia de la saliva y temperatura en la resistencia al deslizamiento, elementos

que un gran número de artículos no tienen en consideración como, por ejemplo, el estudio realizado por *Chung y cols*<sup>19</sup> en el año 2009. Un estudio que realza la importancia de estos factores es el de *Silva y cols*,<sup>24</sup> quien cita la saliva como elemento lubricante en arcos de NiTi, pero actúa como interferencia y aumenta la fricción, entre la superficie del bracket y arcos de acero, debido a un aumento de la tensión superficial.

Otro factor importante que influye en la resistencia al deslizamiento son las fuerzas de masticación,<sup>6</sup> el intento de simulación de estas fuerzas mediante vibración puede ocasionar falta de validez.

Es también un sesgo añadido de determinados estudios “in vitro” e “in vivo” el comparar diversos sistemas de brackets con diferentes prescripciones, diferente ranura y distintas secuencias de arcos. Si consideramos lo descrito por *Kusy*<sup>14</sup> en el 2004, estos factores tienen una influencia directa sobre la resistencia al deslizamiento.

Un error metodológico que podemos hallar tanto en estudios “in vitro” como en estudios “in vivo” es la ausencia de grupo control. Gran número de artículos de investigación revisados son estudios comparativos donde uno de los tipos de brackets incluidos en el estudio ejerce la función de grupo control. Ante esta situación la mayoría de estos estudios comparan grupos de tratamiento con situaciones o grados de maloclusión similares, pero no idénticos, de tal forma que los resultados y conclusiones se encuentran en cierta medida sesgados. Esto lo podemos observar en artículos como el de *Miles y cols*<sup>25</sup> publicado en el 2006 donde ya el autor refleja la posibilidad de que las diferencias encontradas entre brackets de autoligado y brackets convencionales sean inherentes al nivel de apiñamiento inicial y no al sistema de ligado.

Encontramos estudios recientes que intentan reproducir la realidad clínica y por tanto aproximarse a la evidencia científica mediante estudios “in vivo” que comparan diferentes sistemas de brackets dentro de la misma arcada de un paciente. Estos son estudios que incluyen la metodología “split-mouth”. Sin embargo, este método obvia el hecho de que el arco no desliza de la misma manera en ambas hemiarcadas, pudiendo frenar un sistema de bracket el deslizamiento del arco en el lado contralateral. Esta carencia hace que este método no refleje con exactitud la realidad clínica. Observamos esto en los estudios de *Mezomo y cols*<sup>26</sup> del 2011 y en el estudio de *Fleming y cols*<sup>27</sup> del año 2009. Por otro lado, otros autores como *Miles*,<sup>25</sup> en su ensayo clínico donde compara brackets de autoligado y

brackets convencionales siguiendo la metodología “split-mouth”, intenta eliminar este posible error, añadiendo “stops” en el arco, de tal forma que este deslice de forma independiente en cada hemiarcada.

Desde el punto de vista de los materiales dentales es importante considerar factores en relación a las propiedades mecánicas de los mismos. Autores como *Silva*,<sup>24</sup> *Lee*<sup>28</sup> y *Wichelhaus*<sup>29</sup> han realizado estudios de investigación que revelan un aumento en la fricción y por tanto en la resistencia al deslizamiento, debido a la rugosidad generada en los arcos tras su uso. De esta manera, acorde a estos autores, existe una alteración de la superficie de los arcos (tras ocho semanas de uso) y de la ranura del bracket ocasionada por exposición al medio oral y al contacto entre las superficies en movimiento durante la mecánica ortodóncica. Estos autores recomiendan utilizar arcos rectangulares (tanto NiTi como acero) un solo uso.

En su mayoría, los fabricantes de brackets de autoligado argumentan una reducida resistencia friccional y un menor tiempo de tratamiento como razones para utilizar sus brackets, pero lo cierto es, que como ya hemos citado anteriormente, la fricción clásica no parece ser el componente principal de la resistencia al deslizamiento en el tratamiento clínico y, haciendo caso omiso a los otros componentes, pueden distorsionar la realidad.<sup>5</sup> De alguna forma, sesgados por intereses comerciales o de manera involuntaria, numerosos autores atribuyen a la eliminación de la ligadura la reducción del principal componente de la resistencia al deslizamiento. Sin embargo, los ensayos clínicos “in vivo” como los de *Burrow*,<sup>5</sup> y *Dibiase y cols*,<sup>30</sup> que parecen reflejar más objetivamente todas las variables involucradas en el movimiento de cierre de espacios, apoyan la aseveración de que la resistencia al deslizamiento tiene poco que ver con la fricción clásica, es decir, con la ligadura, al menos en la fase de deslizamiento directo para el cierre de espacios. El binding se torna como factor fundamental en el deslizamiento y este apunta a ser el mismo con brackets convencionales que con autoligables.

Atendiendo a estas publicaciones recientes, los brackets de autoligado no nos ofrecen grandes mejoras con respecto a la mecánica de deslizamiento. En este sentido, si la fricción es similar independientemente del modo de ligado, gran parte de las ventajas reivindicadas por los sistemas autoligables quedan en entredicho. Así, la reducción en el tiempo total de tratamiento y en el número de visitas,<sup>1,30</sup> la eficiencia en el alineamiento mandibular (esta solo depende del apiñamiento inicial<sup>1,30,31</sup>), mejores resultados oclusales,<sup>30</sup> la facilidad en el cierre de espacios<sup>1,32</sup> y

la menor necesidad de anclaje pueden ser más sensaciones subjetivas emocionales que inferencias provenientes de la “ortodoncia basada en la evidencia”.

Por otro lado, teniendo como objetivo realizar una revisión exhaustiva de la bibliografía, y siendo fiel a lo que nos indica hasta hoy la evidencia científica, es de nuestro interés tratar otros aspectos, quizás menos difundidos y de menor impacto, pero de igual importancia en relación a la mínima fricción. Según lo establecido por *Pandis y cols*<sup>31</sup> no existen diferencias significativas en la anchura intermolar e intercanina entre brackets convencionales y de autoligado. *Ong y cols*<sup>2</sup> en su estudio donde comparan brackets convencionales y de autoligado en la mecánica de cierre de espacios, llegan a la misma conclusión, e indican que cualquier cambio en la dimensión de arcada podría ser consecuencia de los arcos utilizados. Sin embargo, *Pandis*<sup>31</sup> había asociado anteriormente cualquier tipo de cambio en la proinclinación de incisivos, y la anchura intercanina e intermolar al grado de apiñamiento. Aunque *Chen*,<sup>1</sup> en su revisión sistemática publicada en el 2010 si encuentra una pequeña pero significativa diferencia en la proinclinación de los incisivos inferiores de 1,5° menor en brackets de autoligado que en brackets convencionales.

*Fleming y Johal*,<sup>3</sup> y *Chen y cols*<sup>1</sup> en sus respectivas revisiones sistemáticas concluyen que no existen diferencias significativas entre brackets autoligables y brackets convencionales en la eficacia y eficiencia del alineamiento inicial en la arcada mandibular, sin embargo, este parece estar relacionado con el grado de apiñamiento inicial presente en la maloclusión. En su estudio realizado en el 2010, *Ong*<sup>2</sup> llega a esta misma conclusión, estableciendo que no hay diferencias significativas en la eficiencia de la corrección del alineamiento inicial durante las 20 primeras semanas de tratamiento entre brackets con diferente sistema de ligado, ni en el cierre de espacios pasivo.

Además, según lo descrito por *Chen*,<sup>1</sup> *Rinchuse y Miles*<sup>6</sup> y *Burrow*<sup>5</sup> el grado de apiñamiento está relacionado, también, con el tiempo de tratamiento. Artículos que reflejan una reducción significativa en el tiempo de tratamiento presentan posibles sesgos metodológicos ya que existen factores no descritos tales como la técnica utilizada, la experiencia del operador, intervalo entre las citas, arcos utilizados y secuencia de los mismos. Estos autores concluyen que no existen diferencias en el tiempo requerido para corregir el apiñamiento mandibular entre brackets autoligables y convencionales. Sin embargo, de acuerdo a *Pandis y cols*,<sup>31</sup> cuando se examinan apiñamiento moderado y severo de forma independiente, los brackets de autoligado corrigen el apiñamiento moderado 2,7 veces más rápido que

los convencionales, mientras que esta diferencia fue insignificante para sujetos con apiñamiento severo. Estos hallazgos podrían estar sesgados debido a que utilizan secuencias de arcos diferentes en ambos sistemas. Además, podríamos decir que, para estos autores el grado de apiñamiento prolonga el tratamiento un 20% por unidad de índice de irregularidad de Little, independientemente del sistema de ligado utilizado.

A priori podríamos pensar que si aumentamos la intensidad de una fuerza en el intento de superar la fricción generada entre arco-bracket en el cierre de espacios, puede aumentar también el movimiento de los dientes de anclaje. Sin embargo, de acuerdo a *Southard y cols (2007)*<sup>33</sup> y *Kojima y Fukui (2010)*<sup>34</sup> la fricción no va en detrimento del anclaje. Desde un punto de vista mecánico, la disminución de la fricción es equivalente al aumento de fuerza de tracción, que actúa de forma recíproca tanto a nivel anterior como a nivel posterior. *Kojima y Fukui* en su artículo publicado recientemente, esquematizan y simulan en 3D la mecánica de cierre de espacios por ordenador, reproduciendo el movimiento dentario según la mecánica de deslizamiento MBT, y teniendo en cuenta variables como la fricción, el ligamento periodontal y las fuerzas y momentos aplicados sobre cada diente durante el cierre de espacios. Los resultados mostraron que el grado de movimiento de los dientes posteriores y anteriores en el caso en que existía fricción era el mismo. Además cuando la fricción se redujo a cero la fuerza de retracción actuó directamente tanto en dientes anteriores como en posteriores de forma similar al caso previo, provocando a diferencia de la situación anterior una deflexión del arco o “bowing” que aumentó la angulación de los incisivos.

En relación al anclaje y cierre de espacios *Mezomo y cols*<sup>26</sup> en el año 2011 comparan la retracción del canino tras la exodoncia del primer premolar, con brackets convencionales y de autoligado, concluyendo que el movimiento distal de los caninos y la pérdida de anclaje posterior era similar en ambos sistemas. Sin embargo, la rotación de los caninos se minimizó con los brackets de autoligado.

### **La importancia de la morfología del bracket tanto o más que el método de ligado.**

De acuerdo a *Hamdan y Rock*<sup>35</sup> la geometría del bracket es un factor importante en la resistencia al deslizamiento. En su estudio investigaron diferentes combinaciones de angulación y torque, concluyendo que cada cuatro grados de

incremento en la angulación se producía un aumento significativo de la resistencia al deslizamiento. Estos autores afirman que la resistencia al deslizamiento aumenta significativa y considerablemente cuando aumenta la angulación y el torque, tanto de forma individual como combinada, siendo la influencia más poderosa la angulación.

*Burrow*<sup>4</sup> añade que la cantidad de angulación en el punto de contacto entre el arco y el bracket se expresa en función de la anchura del bracket. Al igual que *Kusy*<sup>14</sup> en su artículo publicado en el 2004, estudia la angulación de segundo y tercer orden, y concluye que cuando aumenta la anchura del bracket disminuye el binding y consecuentemente la resistencia al deslizamiento. De esta forma, un bracket más estrecho generará un momento mayor que un bracket más ancho, y con esto más resistencia al deslizamiento. Este es un concepto clásico que aboga por la utilización de un bracket autoligable más ancho, gemelar, frente a un bracket simple estrecho, para obtener mejor mecánica de deslizamiento directo, debido a un menor ángulo de contacto entre arco y bracket. Y ciertamente la oferta comercial de brackets autoligables es muy amplia en el mercado, con diferencias de tamaño M-D sensibles entre las diferentes marcas comerciales. (Figura 5)

*Navarro García*<sup>10</sup> analizó estos factores y tuvo en cuenta otros como el slot del bracket y la sección del arco. Especificó que una ranura de 0,018" genera, frente a la misma sección de arco, mayor binding que una ranura de 0,022". Hemos de añadir a esto que este autor también nos indica en este artículo que a mayor sección del arco se genera menor binding, sin embargo la cantidad de fuerza liberada es mayor.

En este sentido y como resumen podríamos decir que a medida que la anchura del bracket aumenta, disminuye el slot y aumenta la sección del arco se producirá una disminución del binding y con ello una menor resistencia al deslizamiento, al menos en lo que se refiere al deslizamiento directo en el cierre de espacios.<sup>14</sup>

*Whitley y Kusy*,<sup>36</sup> en su estudio realizado en 2007, analizaron la distancia interbracket en relación a la resistencia al deslizamiento. Tuvieron en cuenta factores como el tamaño, el ancho y la ranura del bracket. Concluyeron que el binding y la resistencia al deslizamiento son inversamente proporcionales a la distancia interbracket. Además, añadieron que el coeficiente de fricción es independiente de la distancia interbracket pero dependiente del material y del efecto de la saliva sobre la aleación, siendo un lubricante más efectivo en arcos de níquel titanio que en los de acero.



## Bracket ideal

De acuerdo a lo descrito por *Rinchuse y Miles*<sup>6</sup> un posible bracket de autoligado ideal podría ser una combinación de un bracket autoligado pasivo que también pudiera ser ligado de forma convencional. De este modo se podría utilizar pasivo para fases iniciales del tratamiento reduciendo así la resistencia a la fricción y poder aumentarla en las fases finales para conseguir un buen control tridimensional. Otra posibilidad, sería manejar un sistema híbrido en el que se utilice una combinación de brackets y métodos de ligado integrados en el mismo tratamiento de un paciente, utilizando el mismo tamaño de ranura para todos los dientes. Este sistema híbrido permitiría seleccionar un tipo u otro de ligado en función de la necesidad del caso.

En base a la bibliografía revisada un bracket ideal podría ser un bracket ancho,<sup>4,14</sup> gemelar, con slot amplio<sup>10</sup> y aristas biseladas, permitiendo así disminuir el efecto binding del arco. Un bracket que convine baja fricción en las primeras fases de alineamiento (deslizamiento indirecto) con un adecuado control en las últimas fases de cierre de espacios (deslizamiento directo) y detallaje. Una gran ventaja sería poder escoger dentro del mismo sistema de brackets la prescripción deseada<sup>37</sup> (prescripción variable) y el método de ligado deseado ("*ligado a demanda*"), según la necesidad del caso, es decir, en función de la maloclusión inicial y la mecánica ortodóncica.

## Conclusiones

Los brackets autoligables de fricción mínima ya no son el futuro sino el presente en ortodoncia. Los sistemas autoligables están suponiendo una auténtica revolución en nuestra especialidad debido a sus numerosas ventajas clínicas. En nuestra opinión su uso está plenamente justificado tan sólo por mejoras científicamente demostradas como son una reducción significativa en el tiempo de sillón que agiliza y ergonomiza la clínica diaria y una menor proinclinación de los incisivos inferiores durante el alineamiento dental frente a las técnicas convencionales de ligado. Sin embargo, esto no es óbice para no ser críticos con la literatura existente, buscando siempre argumentos y conclusiones científicas que se ajusten a los criterios de la "ortodoncia basada en la evidencia" y alejándonos de estrategias comerciales y experiencias subjetivas de operadores. El método de

ligado es un factor importante en la reducción de la fricción clásica, pero otros aspectos como la morfología y anchura del bracket, tamaño de la ranura, etc que han sido descritos a lo largo de este artículo, deben ser también tenidos en cuenta para comprender el concepto general de “fricción”.

Con toda seguridad, puede que algunas de las ventajas clínicas de estos sistemas autoligables todavía no hayan sido demostradas en la actualidad, por lo que en nuestra opinión, es necesario continuar con la experimentación para despejar dudas y aclarar aspectos todavía controvertidos.

En definitiva la ortodoncia contemporánea demanda autocrítica para su avance y progreso. Las “promesas mágicas” nunca deben desbancar al raciocinio y la crítica constructiva. En ello va parte del futuro de nuestra especialidad.

## **Bibliografía**

- <sup>1</sup>Chen SSH, Greenlee GM, Kim JE, Smith CL, Huang GJ. Systematic review of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:726.e1-726.e18.
- <sup>2</sup>Ong E, McCallum H, Griffin MP, Ho C. Efficiency of self-ligating vs conventionally ligated brackets during initial alignment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:138.e1-138.e7.
- <sup>3</sup>Fleming PS, Johal A. Self-ligating brackets in Orthodontics. *Angle Orthod* 2010;80:575-584.
- <sup>4</sup>Burrow SJ. Canine retraction rate with self-ligating brackets vs conventional edgewise brackets. *Angle Orthod* 2010;80:626-633.
- <sup>5</sup>Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: A critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:442-447.
- <sup>6</sup>Rinchuse DJ, Miles PG. Self-ligating brackets: Present and future. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:216-222.
- <sup>7</sup>Ehsani S, Mandich MA, El-Bialy TH, Flores-Mir C. Frictional Resistance in Self-Ligating Orthodontic Brackets and Conventionally Ligated Brackets. *Angle Orthod* 2009;79:592-601.
- <sup>8</sup>Krishnan M, Kalathil S, Abraham KM. Comparative evaluation of frictional forces in active and passive self-ligating brackets with various archwire alloys. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:675-682.
- <sup>9</sup>Brauchli LM, Senn C, Wichelhaus A. Active and passive self-ligation—a myth?. *Angle Orthod* 2011;81:312-318.
- <sup>10</sup>Navarro García M. Biomecánica de la fase de alineamiento dentario con brackets autoligables estéticos (Clarity™ SL). *Innova* 2007;6:20-25
- <sup>11</sup>Reznikov N, Hard-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Influence of Friction Resistance on Expression of Superelastic Properties of Initial NiTi Wires in “Reduced Friction” and Conventional Brackets Systems. *Journal of Dental Biomechanics* 2010 ID 613142.
- <sup>12</sup>Rivero Lesmes JC. ¿Versión o gresión?. He ahí el dilema. *Ortod Esp* 2006;46(2):76-95.
- <sup>13</sup>Reznikov N, Har-Zion G, Barkana I, Abed Y, Redlich M. Measurement of friction forces between stainless steel wires and “reduced-friction” self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:330-338.
- <sup>14</sup>Kusy RP. Influence on binding of third-order torque to second-order angulation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:726-732.
- <sup>15</sup>Kusy RP. Influence of force systems on archwire-bracket combinations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:333-342.
- <sup>16</sup>Moore MM, Harrington E, Rock WP. Factors affecting friction in the pre-adjusted appliance. *Eur J Orthod* 2004;26:579-583.
- <sup>17</sup>Stefanos S, Secchi AG, Coby G, Tanna N, Mante FK. Friction between various self-ligating brackets and archwire couples during sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:463-467.

- <sup>18</sup> Reicheneder CA, Gedrange T, Berrisch S, Proff P, Baumert U, Faltermeier A, Muessig D. Conventionally ligated versus self-ligating metal brackets—a comparative study. *Eur J Orthod* 2008;30:654-660.
- <sup>19</sup> Chung M, Nikolai RJ, Kim KB, Oliver DR. Third-Order Torque and Self-Ligating Orthodontic Bracket-Type Effects on Sliding Friction. *Angle Orthod* 2009;79:551-557.
- <sup>20</sup> Turpin DL. In-vivo studies offer best measure of self-ligation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:141-142.
- <sup>21</sup> Budd S, Daskalogiannakis J, Tompson BD. A study of the frictional characteristics of four commercially available self-ligating bracket systems. *Eur J Orthod* 2008;30:645-653.
- <sup>22</sup> Baccetti T, Franchi L, Camporesi M, Defraia E, Barbato E. Forces Produced by Different Nonconventional Brackets or Ligature Systems during Alignment of Apically Dispalced Teeth. *Angle Orthd* 2009;79:533-539.
- <sup>23</sup> Cordasco G, Farronato G, Festa F, Nucera R, Parazzoli E, Grossi GB. In vitro evaluation of the frictional forces between brackets and archwire with three passive self-ligating brackets. *Eur J Orthod* 2009;31:643-646.
- <sup>24</sup> Silva I, Araújo AM, Gurgel JA, Normando D. Debris, Roughness and Friction of Stainless Steel Archwires Following Clinical Use. *Angle Orthod* 2010;80:521-527.
- <sup>25</sup> Miles PG, Weyant RJ, Rustveld L. A Clinical Trial of Damon 2™ Vs Conventional Twin Brackets during Initial Alignment. *Angle Orthod* 2006;76:480-485.
- <sup>26</sup> Mezomo M, Lima E, Macedo de Menezes L, Weissheimer A, Allgayer S. Maxillary canine retraction with self-ligating and conventional brackets. *Angle Orthod* 2011;81:292-297.
- <sup>27</sup> Fleming PS, Dibiase AT, Sarri G, Lee RT. Efficiency of mandibular arch alignment with 2 preadjusted edgewise appliances. *Am J Orthod Dentofacila Orthop* 2009;135:597-602.
- <sup>28</sup> Lee GJ, Park KH, Park YG, Park HK. A quantitative AFM analysis of nano-scale surface roughness in various orthodontic brackets. *Micron* 2010;41:775-782.
- <sup>29</sup> Wichelaus A, Geserick M, Hibst R, Sander FG. The effect of surface treatment and clinical use on friction in NiTi orthodontic wires. *Dental Materials* 2005;21:938-945.
- <sup>30</sup> DiBiase AT, Nasr IH, Scott P, Cobourne MT. Duration of treatment and occlusal outcome using Damon3 self-ligated and conventional orthodontic bracket systems in extraction patients: A prospective randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:e111-e116.
- <sup>31</sup> Pandis N, Polychronopoulou A, Eliades T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: A prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:208-215.
- <sup>32</sup> Miles PG. Self-ligating vs conventional twin brackets during en-masse space closure with sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:223-225.
- <sup>33</sup> Southard TE, Marshall SD, Grosland NM. Friction does not increase anchorage loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:412-414.

<sup>34</sup> Kojima Y, Fukui H. *Numeric simulations of en-masse space closure with sliding mechanics. Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:702.e1-702.e6

<sup>35</sup> Hamdan A, Rock P. *The effect of different combinations of tip and torque on archwire/ bracket friction. Eur J Orthod* 2008;30:508-514.

<sup>36</sup> Whitley JQ, Kusy RP. *Influence of interbracket distances on the resistance to sliding of orthodontic appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:360-372.

<sup>37</sup> Ventureira C. *Prescripción variable en ortodoncia: lo que todo ortodoncista debería conocer. Rev Esp Ortod* 2010;40:93-108.