

IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS EN PLÁSTICOS PARA ORTODONCIA INVISIBLE

Al elegir un plástico para ser utilizado en ortodoncia invisible es muy importante tener en cuenta sus propiedades mecánicas para poder realizar movimientos dentales de la forma más efectiva, pero a la vez de forma cómoda e indolora para el paciente. [1], [2], [3]

Esta comodidad está regida por el módulo elástico del material, que es una relación entre la magnitud de la fuerza que aplica el material en respuesta a la deformación. Un material más rígido tiene este módulo mayor que uno más blando, por lo tanto, a deformaciones pequeñas responde con altas fuerzas, lo que puede provocar dolor, incomodidad, dificultad para introducir el dispositivo en la boca, y que este además sea más proclive a desajustarse en su uso. Un material excesivamente blando por el contrario no haría la fuerza suficiente, por lo que se debe llegar a un compromiso. [2], [4], [5]

Otro parámetro para tener en cuenta es el límite elástico, es decir, que fuerza y deformación se pueden imponer en el material hasta que este deje de ser elástico. Por debajo de este punto, el material se comporta de forma elástica perfectamente y todas las fuerzas y deformaciones son previsible, además de que, una vez extraído de la boca, el dispositivo es capaz de volver a su forma original, algo que no ocurre si se sobrepasa el límite de fluencia. De ser así, el material pierde su elasticidad, y no genera ninguna fuerza activa ya que, se ha deformado de forma permanente y ha tomado la misma forma que la boca del paciente. [5]

En ortodoncia invisible es imposible llegar a valores cercanos, si quiera en fuerzas del límite elástico[5], [7], pero, sí se puede llegar en deformaciones en casos en los que las deformaciones sean relativamente altas. Esto ocurre cuando se tienen apiñamientos de dientes, en general, de movimientos de dientes individuales. El límite en la deformabilidad elástica limita el rango de movimientos que pueden realizarse, con plásticos cuyo límite es mayor, se pueden realizar movimientos más bruscos, pero se debe tener en cuenta que a mayor deformación, mayor será la fuerza.

Por eso, varias empresas líderes en el sector han empezado a utilizar dos tipos de materiales. [1], [7], [8] Un material relativamente blando, generalmente una multicapa, y con mayor deformabilidad elástica para movimientos complejos; y un material más rígido para movimientos colectivos de todo el arco dental o que supongan deformaciones bajas, ya que en este segundo tipo de movimientos, un plástico blando no sería capaz de realizar la fuerza requerida.

En SecretAligner, hemos estudiado los materiales del sector en busca del material comercial óptimo y que lo caracteriza para poder ofrecer tratamientos más efectivos, confortables e indoloros.

MATERIALES Y MÉTODOS

En concreto, se han estudiado 12 materiales distintos que se pueden agrupar en copoliésteres de la familia del polietileno tereftalato (PET), poliuretanos termoplásticos de alta rigidez (hTPU), polipropileno (PP), y multicapas de poliuretano y colopiéster.

Los ensayos consisten en traccionar probetas planas hasta romperlas en una máquina de tracción uniaxial.

Es decir, estirar un extremo de la probeta a una velocidad constante de 1mm/min, mientras el otro extremo se mantiene opuesto. Las dimensiones de las probetas cortadas por láser fueron de 11 mm de largo, 1.6 mm de ancho y el espesor propio de la plancha original.

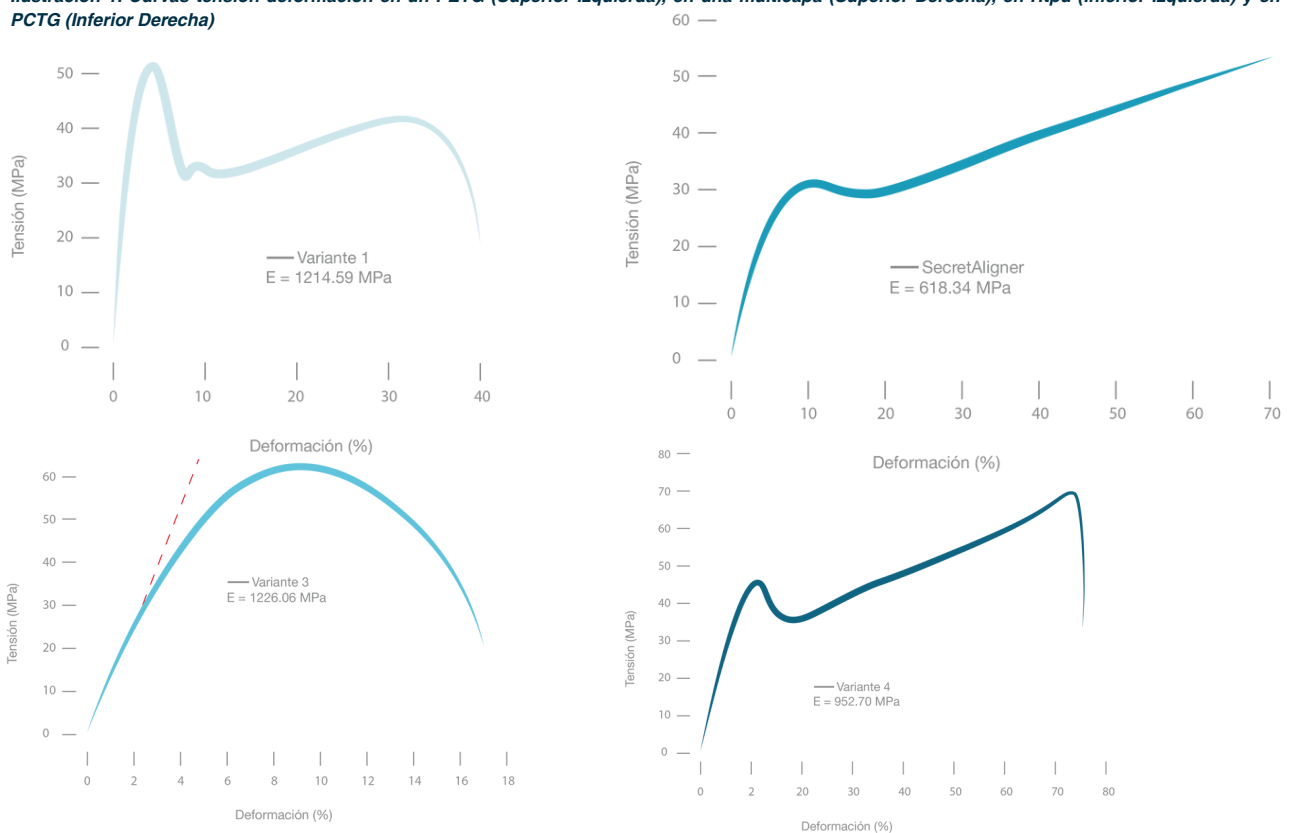
RESULTADOS

Lo primero que se observa en todos los materiales es que son relativamente elásticos hasta su punto de fluencia, pero se puede apreciar que todos empiezan a desviarse alrededor del 3% de deformación. Esto quiere decir que pasado dicho 3% aunque el material es mayormente elástico, empieza a tener deformación no recuperable.

Respecto a la forma de las curvas, en la mayoría de los materiales se puede observar una primera zona elástica en la que tensión y deformación tienen una relación lineal hasta el que se llega a un máximo (el límite elástico), seguido lo cuál la tensión cae hasta un valor que se mantiene prácticamente constante hasta que el material se rompe.

No ocurre esto en hTPU en el que justo después del límite elástico el material se rompe y en el PP en el que se da un fenómeno en el que el material después de ese punto de fluencia se deforma a tensión constante porque su sección disminuye progresivamente y se va volviendo blanquecino y finalmente se fractura.

Ilustración 1. Curvas tensión deformación en un PETG (Superior Izquierda), en una multicapa (Superior Derecha), en Htpu (Inferior Izquierda) y en PCTG (Inferior Derecha)



Como se puede observar en la imagen superior, en materiales como el PET o el PCTG la zona del máximo abarca menor rango de deformaciones que en multicapas en el que es más extenso, y en el que la caída de tensión una vez pasado el límite elástico es menor. Esto da un mayor rango de seguridad a la multicapa, además de un mayor rango elástico. Los dispositivos de ortodoncia invisible están diseñados para trabajar mecánicamente en las proximidades del punto de fluencia, por lo que un error en el diseño en la multicapa se traduce en un menor error en la aplicación de las fuerzas, mientras que en PET o en PCTG dicho error es más dramático.

Además, se pudo observar que en la mayoría de ocasiones en el multicapa no se fracturaba completamente el material, sino solo las capas exteriores de material rígido, tras lo cual la capa de material blando y elastomérico se deformaba de forma prácticamente elástica, pudiendo volver las probetas a las dimensiones originales en gran medida.

Respecto a los valores del módulo elástico, en materiales monocapas convencionales como el PET y el hTPU, dicho valor es de alrededor de 1000-1200 MPa y de 1200-1300 MPa respectivamente, mientras que en PCTG, multicapas y PP es de 900-1000 MPa, 600-700 MPa y 500 MPa respectivamente.

Los valores del límite de deformabilidad son de 5-5.5 % en PET, 6-8% en hTPU, 7.5 % en PCTG, 14 % en PP y en 8 % en multicapas.

DISCUSIÓN

Tras realizar ensayos de tracción en distintos materiales utilizados en ortodoncia invisible, hemos podido comprobar que hay una gran diferencia en propiedades viscoelásticas entre materiales multicapa que son los materiales más avanzados en el mercado actualmente, y monocapas.

En lo que respecta al módulo elástico, materiales comúnmente utilizados para ortodoncia invisible como son el PET, el hTPU y en menor medida el PCTG, presentan valores de módulo elástico hasta 2 veces superiores a los de multicapas, por lo que es razonable que estos últimos resulten más cómodos e indoloros que los primeros.

Además, se han podido observar también diferencias claras en deformación a fluencia, en la que las multicapas en general sobresalen por encima de los monocapas. Esto permite a las multicapas poder adaptarse a mayores deformaciones sin perder la elasticidad, pero también significa que la elasticidad en estos materiales será más duradera.

CONCLUSIONES

En resumen, una multicapa es capaz de generar fuerzas más ligeras, pero mucho más constantes en el tiempo de tratamiento, además que asegura que los errores en planificación o por un mal ajuste a la boca del dispositivo, se traducen en menores errores en la fuerza aplicada. Pero por el contrario en situaciones en las que se requieran pocas deformaciones las multicapas no serán capaces de realizar la fuerza necesaria para activar el movimiento dental, por lo que es aconsejable utilizar materiales de mayor módulo como el hTPU.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. D. Kravitz, B. Kusnoto, E. BeGole, A. Obrez, and B. Agran, 'How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign', *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. Off. Publ. Am. Assoc. Orthod. Its Const. Soc. Am. Board Orthod.*, vol. 135, no. 1, pp. 27–35, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.ajodo.2007.05.018.
- [2] A. E. Moutawakil, 'Biomechanics of Aligners: Literature Review', *Adv. Dent. Oral Health*, vol. 13, no. 5, Jan. 2021, doi: 10.19080/ADOH.2020.13.555872.
- [3] M. Upadhyay and S. A. Arqub, 'Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles', *J. World Fed. Orthod.*, vol. 11, no. 1, pp. 12–21, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.ejwf.2021.11.002.
- [4] A. T. Nguyen, 'Quantitative Evaluation Criteria for the Mechanical Properties of Orthodontic Clear Aligners', UCLA, 2020. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: <https://escholarship.org/uc/item/1x11r1r8>
- [5] P. Suwanwitid, 'Clear Aligner: Effectiveness, Limitations and Considerations', *J. Dent. Assoc. Thai.*, vol. 71, p. 231236, 2021, doi: 10.14456/JDAT.2021.25.
- [6] F. Tamburrino, V. D'Antò, R. Bucci, G. Alessandri-Bonetti, S. Barone, and A. V. Razionale, 'Mechanical Properties of Thermoplastic Polymers for Aligner Manufacturing: In Vitro Study', *Dent. J.*, vol. 8, no. 2, p. 47, Jun. 2020, doi: 10.3390/dj8020047.
- [7] '3MTM Clarity™ Aligners'. Accessed: Jan. 08, 2024. [Online]. Available: https://www.3m.com/3M/en_US/orthodontics-us/featured-products/clarity-eos/clear-aligners/
- [8] 'The Latest Dental Aligner Material | Spark Aligners'. Accessed: Jan. 08, 2024. [Online]. Available: <https://ormco.com/en-us/spark/trugen-material>