

TERMOPLÁSTICOS PARA ALINEADORES TRANSPARENTES

L

a ortodoncia invisible moderna, se basa en la utilización de una preforma de la boca del paciente, fabricada en plástico transparente con un desajuste entre la boca y el modelo en plástico que genera dicha fuerza. Esto permite repartir la fuerza por toda la superficie del diente por lo que menores fuerzas son necesarias que con la ortodoncia convencional de metal, pero es un sistema que requiere de la total cooperación del paciente, de una rigurosa y concienzuda planificación y del uso del plástico correcto. [1], [2], [3], [4]

Actualmente, hay una gran variedad de marcas en el mercado que dicen ofrecer el plástico perfecto para alineadores termoplásticos, pero en verdad los tipos de plásticos en uso actualmente son muy limitados. Básicamente el mercado se reparte entre PETG[5], [6], [7], [8] que es el plástico para alineadores transparentes más común y económico, seguido por TPU[9], [10], [11], PC, PP, EVA [6], [12] ,y multicapas que utilizan dos o más de estos materiales[12], [13].

Generalmente, se pide que el material utilizado sea transparente, biocompatible, inerte en el ambiente oral y económico[12], [14]. Todos los materiales nombrados en mayor o menor medida cumplen todos estos requisitos, pero hay otros requisitos más importantes que tienen que ver con las capacidades termo mecánicas del material y la fuerza que pueden generar a lo largo del tratamiento. [9], [10], [11]

En principio, se podría pensar que mientras más elástico es el material, mejor será, ya que, más fuerza podrá realizar. Pero en verdad, existe una fuerza óptima que depende de la genética, el sexo, la edad, la dieta, el ambiente y otros muchos factores[15], [16], [17]. Incluso en el mismo paciente, disintos puntos del ligamento periodontal pueden tener distintos valores óptimos de la fuerza a generar. Valores por encima de dicho óptimo, frenan el movimiento por daños en los tejidos blandos, sobre todo en el ligamento periodontal. Si las fuerzas son muy superiores, el movimiento no solo se frena, sino que se estanca, y genera daños mayores como la necrosis de la raíz dental y otras enfermedades derivadas aparecen. Generalmente, valores de entre 0.75 N a 10 N son suficientes para generar movimiento de forma efectiva y sin dolor. [10], [11], [15], [18]

Otro aspecto a tener en cuenta, es la duración de la fuerza. Los plásticos son materiales viscoelásticos, no como los metales que son materiales totalmente elásticos. Cada vez que se introduce el alineador en la mandíbula, este se carga con una fuerza elástica que va decayendo a lo largo del tiempo por la viscosidad del material. Cuando se remueve el alineador para comer o lavarlo, este recupera su forma inicial hasta cierto punto, gracias a la elasticidad del material. Una vez se vuelve a reintroducir, el material se vuelve a cargar, pero esta vez con una fuerza inicial ligeramente menor, hasta que no se produce fuerza alguna por una pérdida total de la elasticidad del material. [8]

Se debe tener en cuenta, que todos estos procesos ocurren a 37 °C con picos de temperatura. Los plásticos son materiales muy sensibles a la temperatura y en general su comportamiento respecto a esta está definido por la temperatura de transición vítrea o Tg. Por debajo de la Tg, el material se comporta como un sólido viscoelástico, y por encima como un líquido viscoso. La temperatura corporal está por debajo de la mayoría de Tg en plásticos peor es suficientemente alta para que después de 20 h los plásticos se deformen de forma permanente, y no generen fuerza.

En resumen, a las características de transparencia, biocompatibilidad y resistencia a químicos se requiere un módulo elástico alto para que el material sea lo más elástico posible y no pierda apenas fuerza, pero no extremadamente alto para generar fuerzas dolorosas. A esto debemos sumar una Tg relativamente alta lo que va en contra del segundo punto, ya que, en general si la Tg aumente también aumenta el módulo elástico. Es por tanto que se necesita una multicapa con un material rígido que ofrezca una alta Tg y alta elasticidad, y un material blando que disminuya la magnitud de las fuerzas aplicadas, como ocurre en el material que usa SecretAligner.

Para validar esta hipótesis hemos probado distintos materiales disponibles en el mercado, junto con nuestro material en un proyecto conjunto con el instituto de Materiales de Madrid (IMDEA materiales). Entre estos materiales se encuentran distintos PETg , TPUs duros y PP; y el multicapa Zendura FLX, que como hemos comprobado es el más confortable y efectivo en el mercado para alineadores transparentes.

Respecto a las características termo mecánicas, utilizamos un método llamado DMTA que se basa en utilizar una fuerza que cambia de forma sinusoidal con el tiempo mientras se aumenta la temperatura, de tal forma que la componente elástica del material responde de forma inmediata, pero la parte viscosa añade un retardo a la señal, pudiendo separar ambas partes en lo que se conoce como módulo de carga, que representa a la parte elástica y por tanto se asemeja al módulo elástico; y módulo de pérdidas, este último representando la parte viscosa. La temperatura a la que se hace máxima esta última componente es la que se define como Tg.

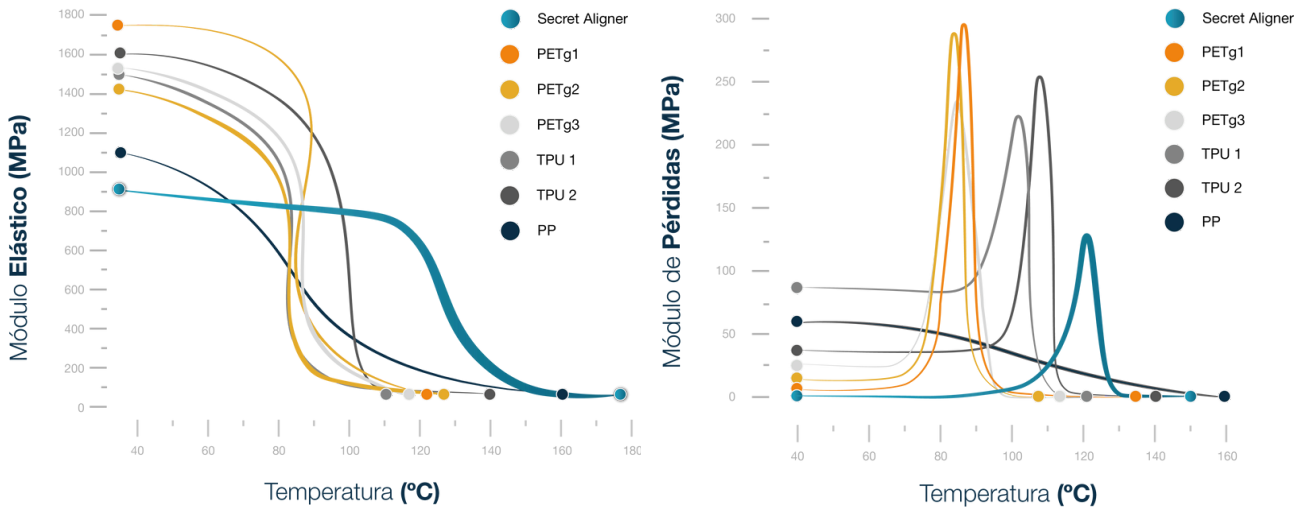


Ilustración 1. Resultados de DMTA

Como podemos observar, nuestro material tiene un módulo elástico más bajo que sus competidores, pero una mayor Tg que cualquier otro. De hecho, por medio de ensayos de tracción, hemos encontrado que el módulo elástico en nuestro material es de la mitad que en PETG y TPU pero que el rango de elasticidad es más amplio.

Otro de pruebas para comprobar la confortabilidad, se llama de relajación de tensiones, también conocido como decaimiento de fuerza. Se basa en deformar el material hasta un porcentaje dado y manteniendo dicha deformación por 3 h a 37 °C, ver como el material se amolda y la fuerza decae. Después, se deja que el material recupere su forma y se monitoriza su desplazamiento por 5 minutos a 37 °C. Lo más deseable, sería un material que hace fuerzas ligeras con una caída mínima de fuerza y una máxima recuperación de su forma. En el siguiente gráfico, podemos observar el decaimiento de la fuerza para una deformación del 0.5 %.

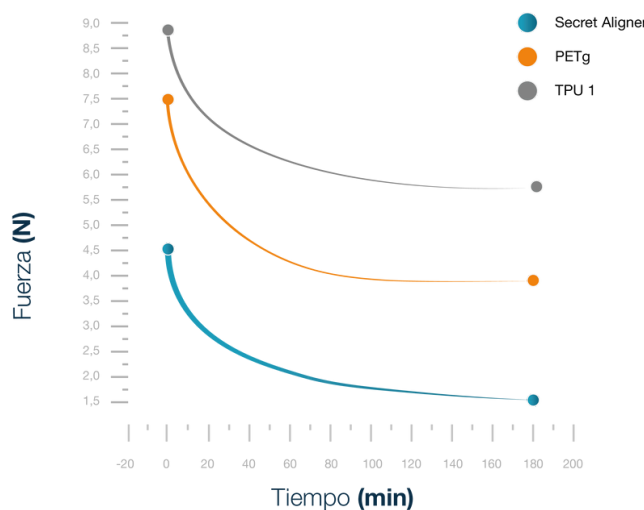


Ilustración 2. Resultados de relajación de tensiones para 0.5% de deformación

Como podemos observar, la fuerza inicial y final en Zendura FLX son las más bajas y se encuentran en el rango de las necesarias para ortodoncia invisible. Su recuperación para pequeñas deformaciones como esta es peor que la de plásticos más rígidos, pero deformaciones tan bajas están lejos de representar las que ocurren en alineadores transparentes durante su uso. De hecho los desplazamientos máximos en este test son de alrededor de 50 micras, siendo los más normales de 200 micras.

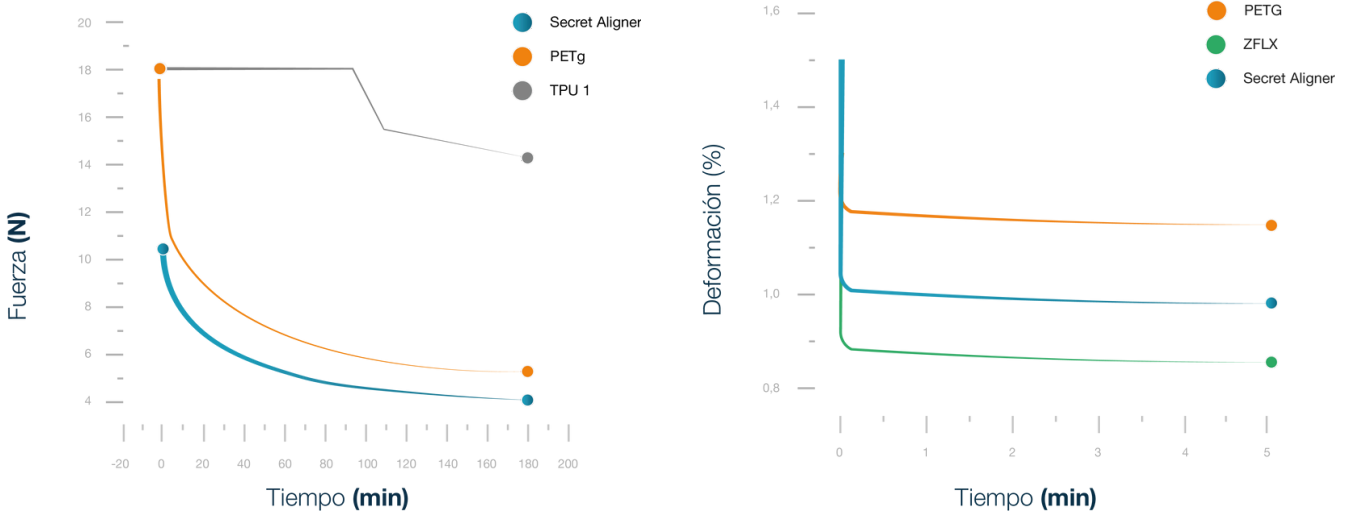


Ilustración 3. Resultados de relajación de tensiones para 1.5% de deformación

Como podemos observar, si se aumenta la deformación, nuestro material mantiene una fuerza en los límites biológicos y un decaimiento comparable al test anterior y es capaz de realizar un desplazamiento más cercano al que ocurre en tratamiento. En el caso de los otros materiales, en el PETg se superan esos límites y se incrementa enormemente la pérdida de fuerza, así como la deformación al final del tiempo de recuperación. El TPU es tan rígido que se alcanza el máximo de la fuerza medible en el equipo (18 N) por lo que este test solo aporta que este material generará alrededor de más del doble de la fuerza debida. Los datos de deformación y desplazamientos no son confiables en este test. En el caso de PETg los desplazamientos fueron menores que en el material de secret aligner.

Podemos asegurar entonces que el material de Secret Aligner es capaz de generar unas fuerzas más ligeras para los tratamientos.

Para acceder a la bibliografía del artículo, escanee el siguiente código QR.

