

Chandler Smith nació sin su pierna derecha debido a un defecto raro de nacimiento no hereditario. Su condición, llamada deficiencia focal femoral proximal, dio lugar a una deficiencia ósea que le impidió el desarrollo de un hueso de la pierna llamado la tibia, deformó su pie derecho, y causó que otro hueso de la pierna (el fémur) fuera subdesarrollado.

Cuando él tenía sólo 18 meses de edad, Chandler se convirtió en un paciente del Hospital Shriners para Niños® – Los Ángeles, California. Después de consultar con los médicos, terapeutas ocupacionales y físicos, y trabajadores sociales, sus padres estuvieron de acuerdo que teniendo su pierna amputada y recibiendo una prótesis de pierna y de pie ayudarían a Chandler a evitar la deformidad permanente y darle a él la mejor calidad de vida posible.

Después de una operación exitosa, Chandler recibió su primera prótesis de pierna de titanio encima de la rodilla—y porque él estaba creciendo, tuvo que ser cambiada por unas nuevas casi todos los años. La prótesis de pierna y de pie son separadas, permitiendo que las diferentes prótesis fueran diseñadas para fines específicos—por ejemplo, correr versus excursionismo—para ser unidos a la prótesis de pierna. A pesar de esta aparente limitación, Chandler dice que nació para ser un atleta y que es fiel a su palabra. Además de la lucha libre, él ha jugado fútbol, golf, baloncesto, y, actualmente, lacrosse. “Mis padres me animaron a jugar deportes y siempre me han apoyado”, dice Chandler. “Empecé a jugar deportes a una edad temprana y nunca dejé que nada me detuviera.”



Chandler Smith (derecha), quien ha estado usando una prótesis de pierna y pie desde que tenía 18 meses de edad, ha jugado fútbol, golf, baloncesto, y actualmente lacrosse.

LA QUÍMICA

Ayuda a un Atleta a Mantenerse en Movimiento

Por Stuart Mason Dambrot

Ajuste a una prótesis de pierna y de pie

El médico de Chandler, Phoebe Scott-Wyard, un fisiatra pediátrico (medicina física y médico de rehabilitación para tratamiento de niños y adultos jóvenes), señala que caminar y correr con su prótesis de pierna ha sido un reto para Chandler. Él estaba acostumbrado a utilizar una prótesis de pierna con una articulación de la rodilla para el uso diario (similar a la que se muestra en la Fig. 1b), pero la nueva prótesis de pierna (similar a la que se muestra en la Fig. 1a) no tenía una rodilla— por lo que Chandler tuvo que aprender a moverse con una prótesis de pierna hecha sin una rodilla. Cuando él estaba corriendo, tuvo que aprender a cómo mover su pierna para que su pie trazara un círculo, mientras que la parte superior de la pierna se mantenía fija.

El otro gran reto es financiero. Las prótesis de piernas son a menudo de un costo prohibitivo, con un costo promedio de \$5,000 a \$15,000—pero hasta que él tuvo 18 años de edad, Chandler recibió una prótesis de pierna y una prótesis de pie para correr cada año, junto con toda la atención y los servicios, que se proporcionan en el Hospital Shriners independientemente de la capacidad para pagar de la familia del paciente. Shriners no pudo ofrecer a Chandler más prótesis gratuitas y los servicios relacionados una vez cumplió los 18 años. Como resultado de ello, los padres de Chandler crearon un sitio cibernético de financiamiento colectivo para ayudar a recaudar fondos para las nuevas prótesis. Un sitio de financiamiento colectivo recauda pequeñas cantidades de dinero de muchas personas, principalmente a través de una campaña en Internet.

Cuando Chandler recibió su nueva prótesis de pierna, él estaba preocupado de que podría haber problemas con la forma de ajustarla, porque el resto de su pierna derecha—llamado un muñón o extremidad residual—iba a responder a la prótesis de maneras que podían afectar cómo ajustarla. Él se comprometió con un entrenamiento regular en la oficina de su fisioterapeuta—lo cual implicó trabajar en barras paralelas, escaleras, rampas, y a nivel del suelo.

“Nunca me sentí tan cómodo corriendo en mi vida.”

Chandler Smith

El ajuste de la prótesis de pierna se afinó haciendo pequeños ajustes en la región donde la pierna hace contacto con la extremidad residual, ayudando a Chandler a aprender cómo acomodar su nueva pierna. Ahora, Chandler dice, él está muy entusiasmado con su más reciente prótesis de pierna, que encaja bien, añadiendo “Nunca me sentí tan cómodo corriendo en mi vida.”

De hecho, las nuevas prótesis de Chandler están trabajando tan bien que a él le gustaría convertirse en un entrenador personal, dueño de un gimnasio, y competir en triatlones y carreras de Spartan. “Mis nuevas prótesis me permiten correr mejor en distancias más largas sin dolor”, Chandler dice.

Para asegurarse de que la prótesis de pierna dure por lo menos 6 meses, tiene que adaptarse a la forma de la pierna cómodamente, que no irrite la piel, y ser lo suficientemente resistente como para ser usada

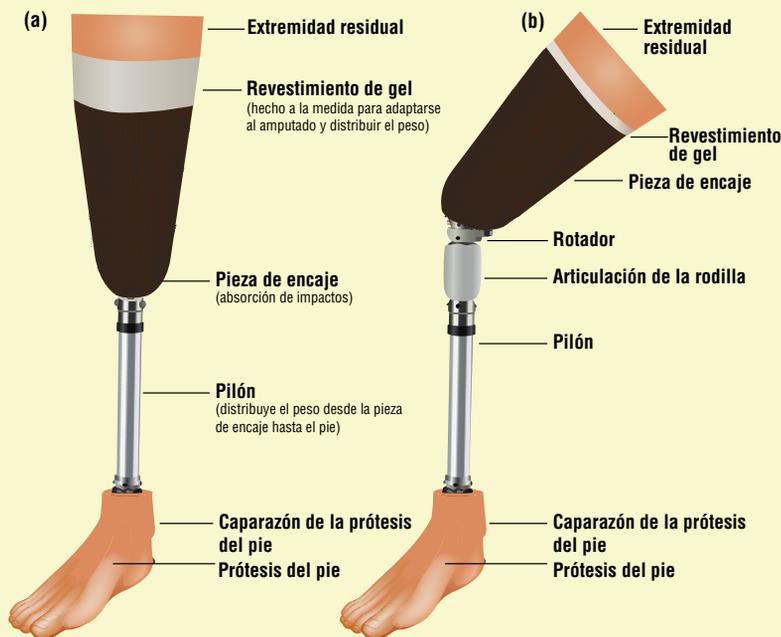


Figura 1. Las prótesis de piernas vienen con o sin una rodilla. (a) En una prótesis de pierna sin una rodilla, el pión (parte inferior de la prótesis) y la pieza de encaje (que sustituye a la parte inferior del muslo) están unidos directamente entre sí. (b) En una prótesis de pierna con una rodilla, una articulación de la rodilla y un rotador están presentes entre el pión y la pieza de encaje, permitiéndole a la prótesis de pierna doblarse.

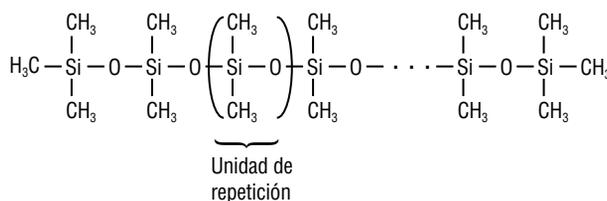


Figura 2. Estructura química de un elastómero de silicona

durante todo el día en una pieza de encaje rígida y ser lavada cada noche. El diseñador de prótesis Denis Jordan, quien trabaja para los Hospitales Shriners, abordó estos asuntos con un diseño innovador de la pieza de encaje y revestimiento de silicona. El revestimiento, que es parte de la prótesis de pierna de Chandler, es una cubierta protectora que se coloca sobre la extremidad residual y entre la extremidad residual y la pieza de encaje. Los revestimientos son generalmente más suaves y más cómodos que la pieza de encaje, pero no son lo suficientemente rígidos para soportar el peso del amputado sin el apoyo de la pieza de encaje.

Estas propiedades se pueden lograr gracias a materiales similares al caucho llamados elastómeros de silicona—materiales con propiedades elásticas que son resistentes al ataque químico y no son afectados por los cambios de temperatura y puede existir como

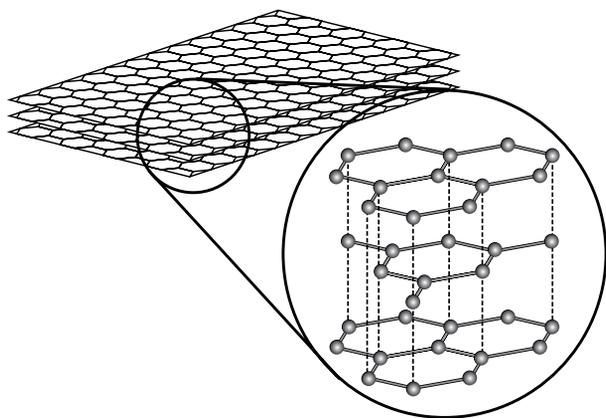


Figura 3. Una sección transversal de una fibra de carbono con (recuadro) un primer plano de la estructura atómica de los planos de átomos de carbono que forman la fibra de carbono

líquido, gel, caucho y plástico duro.

Los elastómeros de silicona están hechos de moléculas largas, cada una compuesta de unidades repetitivas de un átomo de silicio, dos átomos de carbono, y un átomo de oxígeno (Fig. 2). Cada molécula consiste de una estructura de átomos alternados de silicio y oxígeno, y los dos enlaces restantes de los átomos de silicio ocurren con grupos orgánicos, tales como grupos metilo ($-\text{CH}_3$).

La prótesis de pierna tiene que ser compatible con el tejido vivo, o biocompatible—es decir, no debe liberar productos químicos que son tóxicos para el cuerpo. El material de elección para evitar que esto

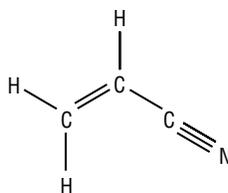


Figura 4. Estructura química de acrilonitrilo

sucediera es titanio, un metal de transición de color plateado brillante, muy fuerte y con alta resistencia a la corrosión en agua de mar. Más importante, las propiedades de la superficie de titanio hacen que éste sea resistente a la corrosión a partir de fluidos corporales debido a la lámina protectora de dióxido de titanio (TiO_2) que se forma naturalmente en presencia de oxígeno.

Prótesis de pie

El pie protésico para correr de Chandler fue fabricado a partir de fibras de carbono, que

son filamentos muy delgados de carbono que tienen alrededor de 5 a 10 micrómetros en diámetro. Las fibras de carbono son muy livianas, son 10 veces más fuertes que el titanio, y no se expanden mucho cuando aumenta la

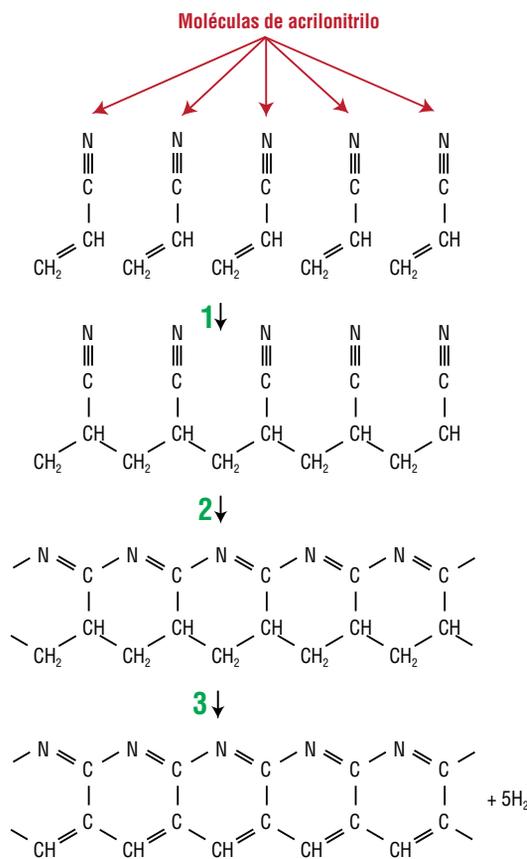


Figura 5. La síntesis de fibras de carbono comienza con la polimerización de acrilonitrilo para formar poli(acrilonitrilo) (paso 1, en verde). Las moléculas de poli(acrilonitrilo) se calientan a $200\text{ }^\circ\text{C}$ – $300\text{ }^\circ\text{C}$ durante 30–120 minutos, lo que causa que se recojan las moléculas de oxígeno del aire y se reorganiza su modelo de unión atómica (pasos 2 y 3, en verde). Las moléculas de poli(acrilonitrilo) se calientan luego a una temperatura de aproximadamente $400\text{ }^\circ\text{C}$ – $600\text{ }^\circ\text{C}$ durante varios minutos en un horno, lo que hace que se fusionen juntos (Fig. 6).

temperatura. Estas propiedades hacen que el pie protésico de Chandler se sienta liviano, sin embargo es rígido, y no se estira cuando Chandler corre o cuando está demasiado caliente o demasiado frío afuera.

Cada fibra de carbono se compone de láminas de átomos de carbono en la que los átomos están unidos covalentemente para formar hexágonos (Fig. 3). Los planos se apilan uno sobre otro, y la unión entre los átomos de carbono entre planos ocurre a través de atracciones intermoleculares débiles, que le permiten a los planos deslizarse uno sobre otro.

¿Cómo son producidas estas láminas largas de carbono? No por la unión de átomos de carbono, como se podría suponer, sino por la combinación de moléculas pequeñas unidas llamadas acrilonitrilos (CH_2CHCN) (Fig. 4).

Estas moléculas son hechas para reaccionar entre sí para formar una molécula larga llamado poli(acrilonitrilo). Éste es otro ejemplo de un polímero que, en este caso, consiste de



Chandler Smith fue un portero de su equipo de la escuela secundaria, equipo de Lacrosse JV, el Chaparral (Temecula, California).

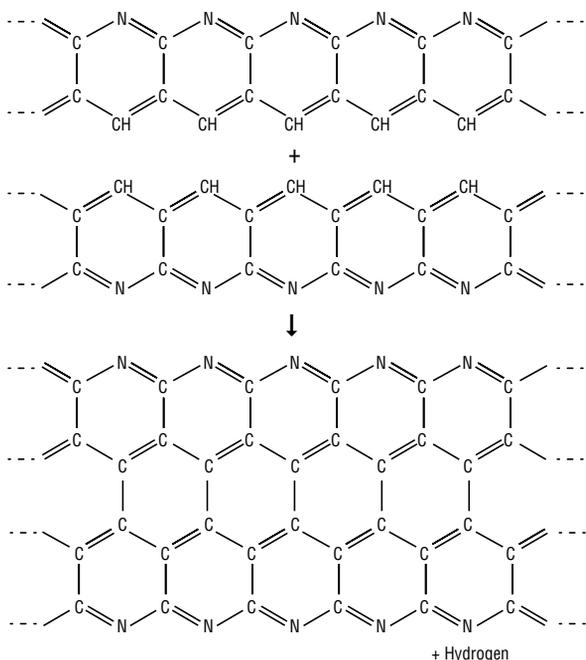


Figura 6. Mediante la aplicación de calor lentamente entre 400 °C y 600 °C, cadenas adyacentes de poliacrilonitrilo se unen para formar una lámina de estructuras de carbono hexagonales.

“Empecé a jugar deportes a una edad temprana y nunca dejé que nada me detuviera.”

Chandler Smith

Luego, aplicando lentamente calor entre 400 °C y 600 °C, los polímeros adyacentes se unen, (Fig. 6). Repitiendo este proceso, se produce una lámina de grafito (con moléculas de nitrógeno en sus lados).

Varios miles de fibras de carbono son retorcidos juntos para formar un hilo, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en una tela. El hilo o tejido se combina con una sustancia llamada epoxi y son moldeados para formar un material ligero pero fuerte llamado un compuesto reforzado con fibra de carbono—el material utilizado en la prótesis de pierna de Chandler.

Las nuevas tecnologías en proceso de desarrollo

Las prótesis han mejorado constantemente a lo largo de los años para hacerlas más cómodas y flexibles para el usuario y hacer que duren más tiempo. Una técnica que está ganando tracción como un tratamiento protésico de corriente principal es la “osteointegración”, que se refiere a la conexión directa entre el hueso vivo y la superficie de

un implante artificial. La palabra se deriva del griego osteon, hueso, y del latín integrare, para hacer todo.

Esta técnica es el resultado de un descubrimiento casual hecho hace más de 50 años por el profesor sueco Per-Ingvar Brånemark. Brånemark estaba experimentando con los implantes de titanio en el hueso de conejo cuando se dio cuenta de que el hueso estaba completamente integrado con el implante. Él y su equipo encontraron que los oculares de titanio, colocados en los huesos de las patas inferiores de los conejos no podían ser removidos de los huesos después de un periodo de curación.

Con la osteointegración, la prótesis de pierna está unida directamente al hueso mediante la inserción de un implante de titanio roscado— que se refiere a un tornillo o accesorio— en la médula ósea en el extremo amputado de la extremidad residual (Fig. 7). Unos meses después de que el tornillo es insertado en la médula ósea, el aparato se integra en el hueso— un proceso natural que estimula el crecimiento de nuevo hueso y vasos sanguíneos. Una vez que el tornillo es integrado, un conector de titanio (llamado un tope) está unido al tornillo y hace que pase a través del tejido blando y la piel.

Figura 7. El sistema de implante OPRA es un ejemplo de una prótesis de pierna osteointegrada que está unida directamente al hueso mediante la inserción de un implante de titanio roscado en la médula ósea en el extremo amputado de la extremidad residual.

La prótesis de pierna se puede conectar fácilmente y se retira directamente del tope sin tener que encajar en una pieza de encaje. Esto elimina el dolor causado por la extremidad residual creciendo o la contracción dentro de la pieza de encaje o por la fricción y la irritación, si la prótesis de la extremidad, la pieza de encaje, y el revestimiento no se mantienen limpios y secos.

Una prótesis de pierna osteointegrada ofrece muchos beneficios, incluyendo mayor amplitud de movimiento, la eliminación de la presión, úlceras y dolor causado por la pieza de encaje, una mejor retroalimentación sensorial de la piel y el músculo, y una mejor capacidad de caminar. Una prótesis de pierna osteointegrada no era apropiada para Chandler u otros atletas, porque el titanio es más de dos veces tan rígido como el hueso, por lo que el hueso en el que está implantado el tornillo de titanio roscado se puede fracturar por



Figura 7. El sistema de implante OPRA es un ejemplo de una prótesis de pierna osteointegrada que está unida directamente al hueso mediante la inserción de un implante de titanio roscado en la médula ósea en el extremo amputado de la extremidad residual.

unidades de CH_2CHCN (Fig. 5). Las moléculas de poliacrilonitrilo son luego calentadas en aire a aproximadamente 300 °C por lo que los grupos laterales ciano ($-\text{CN}$) forman anillos cíclicos entre sí. El calentamiento adicional hace que los anillos pierdan hidrógeno de los átomos de carbono.

las altas fuerzas de una actividad deportiva. Además, el tornillo puede aflojarse a partir de una actividad deportiva, por lo que correr o saltar no se recomiendan, e incluso son prohibidos, en algunos casos.

Las prótesis han tenido un efecto tremendamente positivo en Chandler y muchos otros. Titanio, fibra de carbono, elastómeros y otros materiales pueden ser formados en una cómoda prótesis de pierna y de pie biocompatibles, lo que le permite a Chandler moverse de forma más natural y cumplir sus sueños

en el mundo emocionante y desafiante de los deportes. El éxito de estas prótesis también nos hace preguntarnos qué les puede deparar el futuro—y, en algunos casos, estas posibilidades son ya una realidad. *CM*

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Stephens, M. Beyond the X: Amputee Chandler Smith Is the Titanium of Defense. MaxPreps, Noticias de Deportes de la Escuela Secundaria, 26 de abril de 2012: <http://www.maxpreps.com/news/yE4zC9xhR2FbKXFjR3gwQ/>

beyond-the-x--amputee-chandler-smith-is-the-titanium-of-defense.htm [accedida octubre 2015].

Surowski, P. Student Plays Lacrosse with Titanium Leg. Temecula Patch, 30 de mayo de 2012: <http://patch.com/california/temecula/chaparral-lacrosse-goalie-stands-tall-on-titanium-leg> [accedida octubre 2015].

Gearhart, S. Tennessee Teen Amputee Excels in Three Sports while Wearing a Prosthetic Leg. *USA Today*, Sección de Deportes de la Escuela Secundaria, 19 de noviembre de 2014: <http://usatodayhss.com/2014/tennessee-teen-amputee-athlete-football-basketball-baseball> [accedida octubre 2015].

Stuart Mason Dambrot es un escritor de ciencia que vive en la ciudad de Nueva York. Éste es su primer artículo en *ChemMatters*.



Los Químicos Celebran el Día de la Tierra (CCED, por sus siglas en inglés) 22 de abril de 2016



"Los químicos celebran el Día de la Tierra" es un programa de la Sociedad Química de los Estados Unidos.

Plan

Descubre los recursos para Organizar un Evento CCED en tu área, Recursos Educativos gratuitos para maestros de K-12, e ideas de Eventos Comunitarios.

Participa

Anima a los estudiantes a participar en el Concurso de Poemas Ilustrados.

Involucrarse

Encuentra un coordinador CCED (<https://www.join.acs.org/ncwlookup>) en tu área para planificar ideas emocionantes para eventos comunitarios.

Más información está disponible en www.acs.org/earthday