

PRÓTESIS DE MIEMBRO INFERIOR DEPORTIVA MEDIANTE EL USO DE IMPRESIÓN 3D POR FDM Y MATERIALES COMPUESTOS.

N. Candiano, J. Fisch, D. Suarez
INTI Tecnologías para la Salud y Discapacidad
candiano@inti.gov.ar

Introducción

Una prótesis ortopédica es aquella que reemplaza un miembro del cuerpo, que ha sido amputado, con el objetivo de cumplir la función natural del miembro faltante. Asimismo, pueden cumplir funciones estéticas.

Actualmente las prótesis tanto de miembro superior como inferior de altas prestaciones son muy costosas, superando cifras de 30mil dólares, ya que se deben personalizar y calibrar varios elementos para que se adecuen a la patología de cada paciente.

La impresión 3D por FDM (Modelado por deposición fundida) es una tecnología emergente que se está popularizando, ya que permite realizar modelos personalizados de manera rápida y económica en contraste a los métodos tradicionales de prototipado u otros métodos de impresión 3D más costosos.

En el ambiente de la salud y la discapacidad, esta tecnología tiene mucho potencial ya que se pueden realizar pequeñas escalas de producción, personalizadas para cada paciente, a un costo mucho menor que por otras tecnologías tradicionales y se pueden obtener morfologías complejas a partir de escaneos 3D del paciente y modelado CAD avanzado.

La impresión por FDM tiene limitaciones ya que las piezas que logra poseen menor calidad en su terminación superficial y resistencia.

Últimamente se están investigando nuevos materiales y nuevas maneras de imprimir por FDM que permiten obtener piezas funcionales.

El asesor en prótesis del Centro Tecnologías para la Salud y Discapacidad, el Dr. Daniel Suarez, protesista-ortésista y las autoridades del INTI plantearon la problemática de prótesis de miembro inferior de altas prestaciones deportivas a un costo más económico. Este tipo de prótesis son muy costosas porque se realizan en una fibra de carbono especial Hexcel 282 y resina Wilpox APV apta para carbono y deben pasar por un proceso de fabricación también costoso utilizando bolsas de vacío y curado en autoclave.

Objetivo

Generación de 2 diseños funcionales:

- a) Modelo 1; Prótesis deportiva con talón enteramente impresa en ABS por FDM.

- b) Modelo 2; Prótesis deportiva de miembro inferior con talón fabricada combinando 2 tecnologías en su fabricación. Por un lado, realizar una matriz impresa por FDM según la necesidad del paciente y utilizar fibra de vidrio unidireccional para laminar la prótesis en la matriz impresa.



Figura 1: Prótesis impresas por FDM en ABS y fibra de vidrio

Descripción

Junto con la experiencia previa en la materia, se realizó un relevamiento del estado del arte en prótesis deportivas a nivel mundial. Se evaluaron materiales, tipologías y procesos constructivos y se llegó a la conclusión de que se debían realizar 2 modelos de prótesis de competición con talón desmontable: uno realizado totalmente en impresión 3D por FDM y el otro en fibra de vidrio utilizando matricería por FDM como se menciona en el punto anterior.

Para la realización de ambos modelos se utilizaron los parámetros estructurales estándar de prótesis de competición en su morfología y ángulos, ya que son fundamentales para la correcta marcha del paciente.

El modelo 1 (realizado enteramente por i3D FDM) es el de mayor complejidad ya que una pieza plástica impresa posee poca resistencia a largo plazo para ser utilizada tan intensamente como una prótesis deportiva. El diseño fue realizado en un software CAD donde se simulaban las propiedades del material según diferentes ángulos de impresión y diferentes proporciones y tipos de infill (patrón y densidad

del volumen interno de la pieza). También se simuló y perfeccionaron las propiedades del diseño mediante un software que analiza y mejora la estructura en función a parámetros de cargas de fuerza, lo que llevó a mejores resultados de resistencia de la pieza y para imprimirlo se utilizó un software que permite mejor control variable del infill, los espesores y los soportes.

El modelo 2 (realizado con matriz en i3D FDM y fibra de vidrio) se encaró de la misma manera que el modelo 1 realizando el diseño de la matriz en CAD, la cual consiste en matriz y contra matriz y se simuló las propiedades de la laminación de la fibra de vidrio unidireccional embebida en resina epoxi. Se realizaron simulaciones de fatiga de compresión según cantidad de capas de fibra y método de embebido de la resina.

El objetivo de realizar la matriz y contra matriz a presión fue poder realizar la laminación de la fibra de vidrio a temperatura ambiente, sin la necesidad de curado en autoclave, obteniendo lo más aproximado posible las propiedades de la fibra de carbono. El proceso a utilizar en la laminación se determinó junto al asesoramiento del G.E.M.A. (Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados).

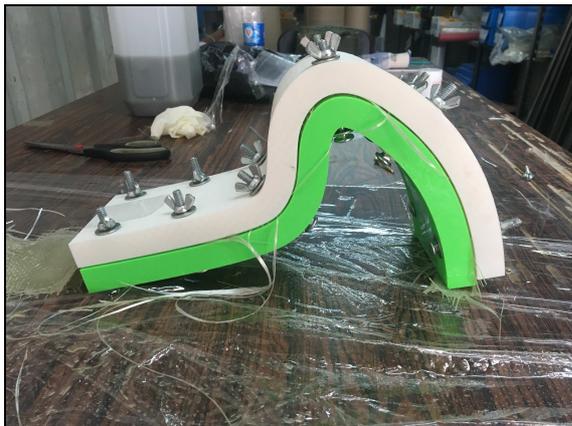


Figura 2: Matriz realizada por impresión 3D en plástico ABS para realizar prótesis deportivas laminadas en fibra de vidrio a temperatura ambiente

Resultados

La prótesis de fibra de vidrio (modelo 2) pasó satisfactoriamente las pruebas mecánicas y de usabilidad con el primer paciente, Gastón, un niño de 10 años, a quien le fue colocado por Dr. Daniel Suárez, y fue monitoreada por médicos durante 2 meses, mientras Gastón realizaba todo tipo de actividades como saltar, correr y jugar a la pelota.

Esta prótesis de 12 capas de fibra de vidrio de 0,22mm, ofrece una resistencia dinámica de 230Kg, más del triple de lo necesitado por el paciente que pesa 28Kg, y una carga dinámica de hasta 72kg según una baropodometría dinámica realizada para determinar la dureza de la prótesis y poder proceder con seguridad.

Después del período de prueba, la prótesis fue examinada y se observó un poco de desgaste en la curva principal de la prótesis, la cual absorbe el peso y realiza el impulso inercial de despegue de marcha. Debido a esto se modificó el ángulo y el espesor de la prótesis ya que era demasiado flexible y por eso se produjo el desgaste. Nuevamente fue probada y esta vez sin presentar desgaste.

El modelo 1, realizado enteramente en impresión 3D posee una vida útil más corta y presentó una leve fractura en la curva principal, lo que llevó a que se retire la prótesis al paciente por cuestiones de seguridad. Nos encontramos en proceso de reconfigurar la morfología y la manera de imprimirla para ofrecer mayor resistencia y durabilidad a lo largo del tiempo.

Conclusiones

Luego de estas pruebas iniciales pudimos comprobar que la utilización de la impresión por FDM puede ser utilizada correctamente para realizar productos funcionales y accesibles de alto rendimiento, tanto utilizándolos para matricería, como combinando materiales y técnicas tradicionales con piezas impresas.

El modelo 2 funcionó exitosamente y mejoró la calidad de vida del usuario a un costo mínimo comparado con el costo de una prótesis de competición comercial en fibra de carbono. Permitió que Gastón realizara actividades físicas con total naturalidad y aceptación hacia el diseño, el cual fue calificado como estético y funcional. Actualmente agregamos empeine adaptado para que el usuario pueda utilizar calzado con la prótesis y morfologías innovadoras para el cono de enchufe del muñón que permite una mejor aireación y encastre del mismo.

El modelo 1 mucho más ambicioso continúa en vías de desarrollo, pero nuevas pruebas morfológicas y de materiales más resistentes nos están acercando a la posibilidad de poder tener una prótesis funcional de miembro inferior completamente impresa por FDM.

Este proyecto es un ejemplo prometedor de las posibilidades que ofrece la tecnología. La combinación de técnicas tradicionales como la laminación de fibra de vidrio y la realización de la matriz mediante i3D son un ejemplo de éxito en la utilización de la misma.

Este es solamente el comienzo que abre un panorama que estamos explorando y trabajando continuamente de oportunidades para que esta tecnología pueda ser utilizada correctamente en el área de la Salud y la Discapacidad.