



Universidad
Zaragoza



Universidad de Zaragoza
Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Terapia Ocupacional

Curso Académico 2014/ 2015

TRABAJO FIN DE GRADO

**TERAPIA OCUPACIONAL EN PACIENTES TRATADOS
CON ÓRTESIS 3D EN EXTREMIDAD SUPERIOR**

Autor/a: ANDREA PUÉRTOLAS BROSED

Directora: ISABEL VILLARREAL SALCEDO

Cotutor: RAÚL FERRERA HERNÁNDEZ

Índice**Páginas****1. Resumen - Abstract****1 – 2****2. Introducción****3 – 7****3. Objetivos****8****4. Metodología****9****5. Desarrollo****10 – 16****5. 1. Resultados****10 – 15****5.2. Discusión****15 – 16****6. Conclusión****17****7. Bibliografía****18 – 20**

1. Resumen

El empleo de las órtesis 3D en Terapia Ocupacional es un campo de creciente interés científico y técnico, sobre todo, las órtesis para extremidad superior.

Este trabajo se realiza para el análisis, estudio y desarrollo de las ventajas y desventajas de las órtesis 3D realizadas con esta impresora.

Tras recopilar y valorar 13 artículos se observa que estas órtesis muestran una serie de ventajas: robustez, impermeabilidad al agua, es cómoda de poner y quitar, reutilizable, hipoalergénica y ligera.

Presentan, sin embargo, una serie de desventajas como un alto coste en recursos físicos y humanos.

La conclusión a la que se llega tras esta revisión es que se debe realizar una mayor investigación sobre el tema. Esta tecnología se encuentra en fase de desarrollo y es susceptible de evolucionar en un corto periodo de tiempo. Además algunos de los estudios encontrados sobre la utilidad, efectividad, eficiencia y eficacia de órtesis diseñadas por tecnología 3D aplicadas a Terapia Ocupacional, no son metodológicamente correctos. Éstos se han centrado más en el proceso de fabricación y procedimientos técnicos.

Palabras claves:

Órtesis – Impresora 3D – Terapia Ocupacional - miembro superior –
efectividad – estudio – eficiencia - eficacia

Abstract

The use of the orthosis in occupational therapy is a field of growing scientific and technical interest above all, the orthosis for upper extremity.

This work is for the analysis, study and development of the advantages and disadvantages of the orthosis made with 3D printer.

After collect and ranting 13 articles shown these orthosis are a number of advantages: robustness, impermeability to water, is comfortable donning and doffing, reusable, hypo-allergenic and light.

They have, however, disadvantages as a high cost in human and physical resources.

The conclusion that can be reached after this review is more research on the subject is to be performed. This technology is under development and is likely to evolve in a short period of time.

In addition some of the studies found on the usefulness, effectiveness, and efficiency of the orthosis designed by 3D technology applied to Occupational Therapy are methodologically incorrect. These have focused more on the process of manufacturing and technical procedures.

Key words:

Orthosis - printer 3D – Occupational Therapy - upper extremity - effectiveness – study – efficiency

2. Introducción

La Medicina y la Ingeniería trabajan de la mano para mejorar los productos que actualmente se encuentran a disposición del personal médico. Uno de los más recientes avances que se ha dado, fruto de este constante desarrollo, es la fabricación de diferentes herramientas de aplicación médica mediante impresión 3D. Las impresoras 3D han estado presentes desde la década de los 80, pero es ahora cuando comienza su auge. Un ejemplo de estos avances es la construcción de piezas dentales o construcción de piezas esqueléticas de columna vertebral (figura 1), así como la construcción y la fabricación de órtesis para miembro superior. (1) (Figura 2)

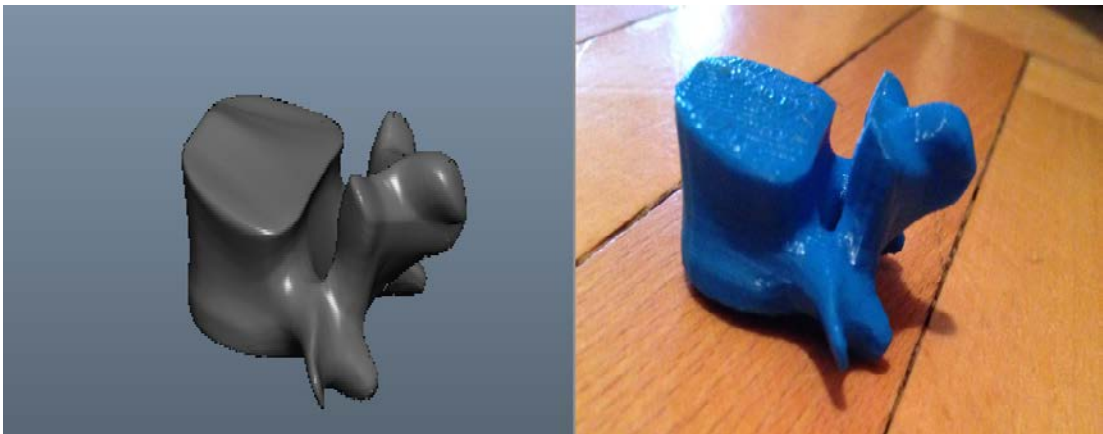


Figura 1: Pieza esquelética de la columna vertebral fabricada por una impresora 3D

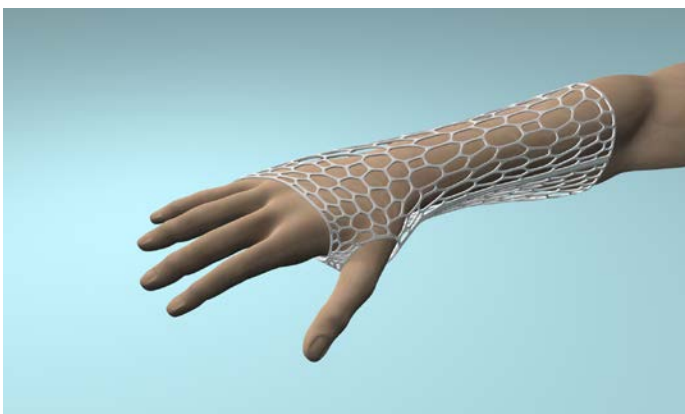


Figura 2: Órtesis 3D de antebrazo.

El empleo de las órtesis 3D en Terapia Ocupacional es un campo de creciente interés científico, sobre todo, las órtesis para extremidad superior, dada la reciente aplicación de esta tecnología. Estos nuevos productos necesitan ser comparados y contrastados con los ya existentes.

La Terapia Ocupacional se define como el uso terapéutico de las actividades de autocuidado, juego y trabajo para aumentar el uso de adaptaciones en las tareas o en el ambiente para alcanzar el grado máximo de independencia y disminuir el grado de discapacidad, así como mejorar la calidad de vida. (2)

Las órtesis se definen como “Cualquier dispositivo aplicado externamente a una porción del cuerpo para mejorar su función.”

Las metas comunes para los dispositivos ortopédicos son: estabilizar segmentos o articulaciones débiles o paralizadas, servir de soporte de segmentos o articulaciones dañadas o lesionadas, limitar o aumentar los movimientos en las articulaciones, controlar movimientos anormales o espásticos y descargar segmentos distales.

La terminología universal a la que se ha llegado por consenso mediante la ISO debería usarse siempre para describir un dispositivo básico. (3)

Algunos de los materiales utilizados para la fabricación de órtesis son:

- Termoplástico, que en los años 50 revolucionó la ortopedia. (3)

Atendiendo a su temperatura de moldeo:

- Baja Temperatura: Son materiales que se aplican directamente sobre el paciente después de activarlos, pero no se pueden usar sobre heridas ni sobre la boca. (4)
- Alta Temperatura: Este material se usa para la fabricación ortopédica sobre moldes positivos de escayola o poliuretano. Generalmente polietileno y polipropileno.

- Textiles, que se clasifican según su origen:
 - o Origen natural: animal/proteicas (lanas, pelos, seda), vegetal/celulósicas (fruto, tallo, hoja). Minerales.
 - o Origen artificial:
 - Proteicas: caseína, lanital
 - Celulósicas: rayón viscosas y tencel, rayón acetato
 - Minerales: fibra de vidrio, hilo metálico
 - o Origen sintético:
 - Monocomponentes: poliamida, poliacrílico
 - Bicomponentes: acrílicas, olefínicas
 - Microfibras: poliamídicas, poliéster, acrílicas (Lycra)

Estos tipos de fibras se utilizan para una gran variedad de dispositivos como fajas, rodilleras, tobilleras, muñequeras, así como en la fabricación de elementos y componentes. (3,5)

- Fibra de carbono, que es un material compuesto, no metálico, de tipo polimérico. Normalmente son de color negro, aunque recientemente en el mercado se encuentra de fibras coloreadas. (3) Se calientan a altas temperaturas y se aplican sobre moldes positivos.

Los materiales que se utilizan en Terapia Ocupacional para la fabricación de órtesis de miembro superior, son los termoplásticos de baja temperatura por su accesibilidad, facilidad de manejo, inmediatez de aplicación y por su bajo coste.

Las funciones del Terapeuta Ocupacional en las órtesis son el diseño, elaboración y adaptación de estos dispositivos con diferentes fines, que son los siguientes: mantener una posición determinada que impida movimientos no deseados, crear un elemento funcional para la facilitación al realizar una actividad o movimiento articular y mantener alineado un miembro lesionado.(6)

La tecnología de la impresión 3D “es una forma de tecnología de fabricación aditiva donde un objeto tridimensional es creado mediante sucesivas capas de material. También se conoce como creación rápida de un prototipo. Es un proceso mecanizado mediante el cual los objetos se hacen rápidamente en una máquina de tamaño razonable conectada a un ordenador que contiene los puntos trazados del objeto”. (7) (figura 3)

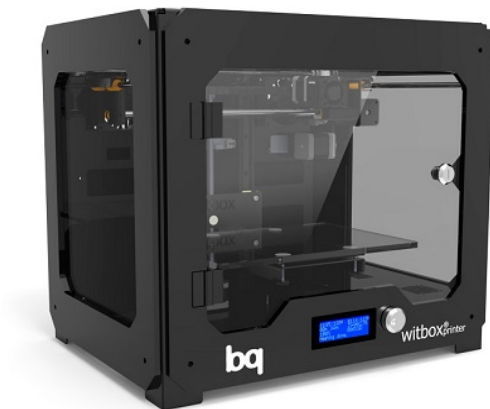


Figura 3: Impresora 3D

Hoy en día gracias a esta nueva tecnología se han podido fabricar a nivel mundial órtesis de tronco (corsés), de extremidades inferiores, de miembro superior (antebraquiales, antebraquiopalmares, digitales...), etc.

Es por esto que este innovador trabajo plantea el análisis de oportunidades, junto a la posibilidad de añadir esta técnica productiva al campo de la Terapia Ocupacional para un paciente con una lesión en el miembro superior.

La revisión bibliográfica como método de análisis permite, mediante la valoración de diversas publicaciones de distintos autores, obtener conclusiones generales y conocer la situación actual de nuestro tema a estudio.

Este análisis y revisión bibliográfica es necesario para la ampliación del conocimiento sobre estos dispositivos ortésicos en el ámbito médico y en el campo de la Terapia Ocupacional. En un estudio realizado en la Universidad de Ss. Cyril and Methodius University en Skopje (Macedonia), se explica que las órtesis, fabricadas con esta tecnología, representan un mayor beneficio

debido al potencial que tienen para superar las características de las órtesis fabricadas con materiales anteriores (1). Además, este recurso aporta una serie de ventajas en las órtesis de miembro superior, las cuales se enumerarán en el apartado Discusión.

En el estudio desarrollado por la Loughborough Design School y la Loughborough University en Leicestershire (Inglaterra), se sometieron a ensayo y valoración distintos productos fabricados con la tecnología 3D, así como las técnicas de diseño empleadas, consultándose a 10 profesionales ingleses cuyo trabajo está relacionado con las órtesis. En concreto a 8 terapeutas ocupacionales y 2 fisioterapeutas. Ocho de los participantes remarcaron que: “la integración de los múltiples materiales en una sola férula fue una novedosa y emocionante caja de herramientas a disposición de los terapeutas”.

Estos profesionales demostraron estar interesados en esta nueva tecnología. Al combinar estos materiales, cada uno con sus propiedades singulares, se obtienen órtesis con numerosas ventajas, como por ejemplo el incremento de la protección y amortiguación ósea. (8)

3. Objetivos

En este apartado se plantean un objetivo principal y tres objetivos secundarios.

- Objetivo principal

- Presentar los resultados de la búsqueda bibliográfica sobre la efectividad de las órtesis fabricadas por la impresora 3D en el campo de tratamiento de las lesiones de extremidad superior en la Terapia Ocupacional.

- Objetivos secundarios

- Ampliar el conocimiento acerca de la durabilidad del producto frente a órtesis utilizadas anteriormente en el tratamiento de lesiones de extremidad superior. Llevar a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva en relación a la adecuación del producto
- Plantear el posible beneficio de las órtesis 3D frente a las que se han venido realizando hasta el momento
- Pretendemos estudiar si los costes de esta nueva tecnología son asumibles para los pacientes con una determinada lesión en extremidad superior.

4. Metodología

Para demostrar los objetivos expuestos anteriormente, se ha hecho una búsqueda bibliográfica por las distintas bases de datos como Science Direct, Reahbdata, Abledata, y Pubmed, Biomed. Otras fuentes de información que se han consultado son las distintas revistas científicas de terapia ocupacional como Australian Occupational Therapy Journal, American Journal Occupational Therapy, Canadian Journal Occupational Therapy y British Journal Occupational Therapy.

Al no encontrar mucha bibliografía al respecto, se ha tenido que recurrir a fuentes secundarias como Google Scholar, que aunque no es una base de datos contiene mucha bibliografía en un gran número disciplinas y fuentes como, por ejemplo, estudios revisados por especialistas, tesis, libros, resúmenes y artículos de fuentes como editoriales académicas, sociedades profesionales, depósitos de impresiones preliminares, universidades y otras organizaciones académicas.

También nos hemos centrado en la búsqueda de trabajos sobre impresión 3D aplicada a la medicina.

Para acotar la búsqueda de la bibliografía se han empleado los siguientes términos relacionados con “orthoses”, “tree-dimensional”, “3dprinting”, “upper extremity”, “splint” y “Occupational Therapy”.

Se ha contactado con la empresa ”EXOVITE”. En la reunión mantenida con esta empresa se han tratado los siguientes temas:

- Cómo funciona la tecnología de la impresora 3D
- Cómo se aplica a la construcción de órtesis 3D para el prototipo que ellos han fabricado. (pasos de fabricación)
- Ventajas del producto

También se ha contado con el asesoramiento de un técnico ortopeda, el cual nos ha orientado sobre las órtesis fabricadas con los materiales anteriores a la aparición de esta nueva tecnología.

5. Desarrollo

Resultados

Siguiendo la estrategia de búsqueda, la bibliografía encontrada ha sido:

Dentro de las bases de datos empleando como palabras claves "orthosis" y "3D-printing": Science Direct: se han encontrado utilizando los términos claves un total de 23 artículos, Reahdata, se han encontrado un total de 13 artículos, Pubmed, se han encontrado un total de 5 artículos y Biomed, se han encontraron un total 2 artículos.

De las revistas científicas consultadas se han encontrado artículos relacionados con las órtesis 3D y con la Terapia Ocupacional en la revista "Australian Occupational Therapy Journal", encontrándose 90 referencias bibliográficas relacionadas con el tema a estudio.

Se realizó una segunda búsqueda por Google Scholar, donde al introducir los términos clave, se encontraron 49 resultados.

Al recopilar todos los resultados obtenidos en estos tres métodos de búsqueda se obtuvieron 177 artículos, de los cuales, se consideraron aptos para la elaboración del trabajo un total de 13 artículos.

Resultados obtenidos para el Objetivo Principal

Para demostrar el objetivo principal hemos analizado los siguientes 5 artículos.

Comenzamos por el artículo "Diseño de dispositivo auxiliar de rehabilitación de la mano", escrito por Jorge A. Díez, et al., donde se explica cómo el aprovechamiento de la tecnología de la impresión 3D presenta un gran potencial como alternativa sencilla y eficaz en las terapias de rehabilitación de extremidad superior. Además tiene por objetivo facilitar y acelerar la recuperación de la movilidad de los pacientes y así mejorar la calidad de vida.

(9)

También se ha tenido en cuenta la publicación “Efforts in using 3D printing and scanning in medicine”, escrito en la Universidad de Ss. Cyril and Methodius University en Skopje (Macedonia) y por los autores Aleksandar Stojmenski et al, explica los avances sobre las órtesis inmovilizadoras en ciertos traumatismos físicos o algunos tipos de discapacidades. Expone que las órtesis 3D son bastante más cómodas que los yesos y férulas de otros materiales estándar para el paciente durante el tratamiento. (1)

El trabajo publicado el año pasado, (2014) “Feasibility of using 3D printing in the manufacture of orthotics componentry”, escrito por Taraneh Meidanshaky, explica que la técnica de digitalización en 3D, es más conveniente cuando se busca digitalizar la geometría de un objeto complejo. También muestra cómo los datos generados mediante escáner 3D tienen una mayor exactitud, resultando éstos mucho más fiables. En el texto el autor concluye que la utilización de las tecnologías digitales para la fabricación de órtesis, abre un abanico de nuevas oportunidades funcionales y estructurales para las nuevas órtesis, fruto de las modificaciones que produce esta tecnología en la técnica de fabricación. (10)

Además hemos valorado el artículo “Rapid Prototyping for Biomedical Engineering: Current Capabilities and Challenges”, escrito por Andrés Díaz Lantanda y Pilar Lafont Morgado, donde nos explica que el desarrollo de esta nueva tecnología incluye la evolución de dispositivos ortésicos, generando diseños más ergonómicos. Esta técnica empleada en el proceso de fabricación puede simplificar y reducir el coste del proceso de diseño. (11)

Finalmente el artículo “Digitisation of the splinting process: exploration and evaluation of a computer aided design approach to support additive manufacture”, realizado en la Universidad Loughborough en Reino Unido y escrito por A.M. Paterson, explica por qué la fabricación por impresión 3D se ha demostrado más eficaz en un determinado número de subprocesos relativos al diseño de dispositivos de asistencia. Éste es un buen método para la fabricación de órtesis de extremidad superior, ya que según el autor este

método de fabricación permite generar férulas con un mayor ajuste al miembro superior, aunque con una menor vida útil del producto.

Esta deficiencia detectada se ha visto subsanada por la introducción de diferentes materiales en el proceso de fabricación por impresora 3D. La introducción de distintos materiales en una sola férula ha hecho necesario el desarrollo de nuevos modelos de impresoras 3D aditivas, capaces de manejar estos materiales a la vez.

Para concluir el autor analiza la necesidad de bordes redondeados en las órtesis de miembro superior, para así evitar las lesiones en la piel de los mismos. (12)

Resultados obtenidos para el objetivo secundario nº 1:

Para demostrar el objetivo secundario nº1 hemos analizado los siguientes 4 artículos.

En primer lugar el artículo “3D Digitalization of the Human Body for Use in Orthotics and Prosthetics”, escrito por D. Koutny, et al., en el que se explica cómo lograr una adecuada digitalización 3D de las distintas partes del cuerpo humano aplicado al campo de la fabricación de prótesis y órtesis a fin de lograr un mejor ajuste de las mismas.

En este estudio se concluye que de los distintos tipos de escáner valorados los más idóneos son los escáneres de mano. Más concretamente el autor recomienda el modelo ArtecMH.

Todo lo anterior acaba repercutiendo en un mejor ajuste de la ortesis producida mediante esta técnica dado que este sistema de escaneado genera unos resultados precisos y funcionales con la ventaja adicional de ser directamente integrados en el sistema CAD de diseño. (13)

El reciente artículo publicado en 2014, “Efforts in using 3D printing and scanning in medicine”, escrito por Aleksandar Stojmenski, et al., consiste en la comparativa entre las técnicas de inmovilización con escayola y las obtenidas con esta nueva tecnología.

Este artículo mantiene que el material obtenido por la impresión 3D presenta como ventajas: su robustez, su resistencia al agua, su peso más liviano, su

menor grosor, que el producto final presenta un “mejor aspecto” que los modelos de escayola y comenta como valor adicional que el material es hipoalergénico. (1)

En el estudio “Pilot study of the wrist orthosis design process”, escrito por Davi Paulosek, et al., se explica de forma completa y detallada una de las posibles metodologías a emplear en la fabricación de órtesis con impresoras 3D. Se defiende que los productos que se obtienen mediante esta tecnología aplicada a la fabricación de órtesis satisfacen los requisitos cada vez más exigentes del paciente en el diseño estético y que podría suponer una alternativa viable al método estándar de diseño y fabricación “convencionales”. (14)

Por último, en este apartado, el artículo “Evaluation of a digitised splinting approach with multiple-material functionality using Additive Manufacturing technologies”, escrito por A. M. Paterson, et al., realizado por la University of Loughborough, mantiene que el uso de la fabricación aditiva mediante impresora 3D, es el método idóneo y más eficiente para el diseño y fabricación de las órtesis.

En este estudio se contó con la participación de 3 terapeutas, los cuales destacaron la resistencia mecánica y el equilibrio resistencia-durabilidad de las órtesis 3D resultantes. Estos profesionales también expresaban sus reservas sobre la competitividad de los mismos en cuanto al tiempo de fabricación y el coste de dicho producto. (8)

Resultados obtenidos para el objetivo secundario nº 2:

Para demostrar el objetivo secundario nº2 hemos analizado los siguientes 3 artículos.

El trabajo “The use of 3D scanning and rapid prototyping in medical engineering”, escrito por Professor Ph.D. Octavian Ciobanu, et al, expone que este estudio se realizó con el fin de fabricar prótesis y órtesis mediante la impresión 3D. En las conclusiones del mismo los autores mantienen que el uso de esta tecnología es mucho más rápida para el técnico ortopeda para la fabricación de órtesis y prótesis. (15)

También hemos valorado el artículo “3D printed Tooling for Thermoforming of Medical Devices”, escrito por Jairo Chimento, et al, con el objetivo de evaluar el rendimiento de los materiales fabricados mediante la impresora 3D. Se compararon las características del producto (permeabilidad, resistencia a la flexión y el desgaste) con respecto a materiales de yeso utilizados tradicionalmente. Tras el estudio se llegó a la conclusión de que la impresión 3D es más útil en la fabricación de las órtesis, prótesis y dispositivos ortopédicos ya que proporciona cierta flexibilidad. (16)

Finalmente otro trabajo reciente publicado en 2014, “Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitaci3n”, escrito por Panagiotis Polygerinos et al, explica el procedimiento de fabricaci3n de una 3rtesis activa, dise1ada para movilizar los dedos del paciente de forma autom1tica. Los accionadores hidr1ulicos empleados en esta 3rtesis han sido fabricados empleando distintos materiales mediante impresora 3D.

La finalidad de esta 3rtesis es la rehabilitaci3n del paciente en las AVDs. Como conclusi3n de este trabajo se ha comprobado su correcta funcionalidad permitiendo la presi3n digital. As3 mismo se ha concluido su utilidad para la rehabilitaci3n de m3ltiples patolog3as y expone la necesidad de llevar a cabo pruebas de fatiga de los materiales. (17)

Resultados obtenidos para el objetivo secundario n3 3:

Para demostrar el objetivo secundario n3 3 hemos analizado los siguientes 2 art3culos.

La publicaci3n “Orthopaedic Prototypes Obtained by 3D Printing Technology”, escrito por Taniela Tarnita et al, explica el proceso de fabricaci3n y testeo de 3rtesis, endopr3tesis y huesos para la simulaci3n mec1nica de las 3rtesis y pr3tesis. Lo novedoso de este art3culo consiste en la fabricaci3n de las piezas mediante impresoras 3D en polvo lo que permite trabajar con muchos tipos diferentes de materiales con una sola impresora. El autor mantiene que este m3todo de fabricaci3n no solo es viable para la creaci3n de prototipos sino

que es lo suficientemente rápido y económico como para imponerse como sistema de fabricación industrial en masa. (18)

Finalmente el estudio “Fabricación aditiva, aplicación a órtesis de la extremidad inferior”, hecho por una alumna de la Universidad de Zaragoza en su trabajo final de Carrera, explica que este método de fabricación es más rentable que el método de fabricación utilizado actualmente con un coste de fabricación por órtesis de 222,43€ o 159,21€ según técnica empleada.

Además la autora sostiene que la impresión 3D tiene una mayor productividad debido a que se pueden hacer varias piezas a la vez siempre y cuando se tengan los recursos necesarios. (19)

Discusión

Tras analizar las 13 publicaciones se ha llegado a la conclusión de que las órtesis fabricadas con esta tecnología presentan una serie de ventajas y una serie de limitaciones.

Las ventajas que hemos encontrado son la mayor robustez, la impermeabilidad al agua, que es reutilizable, hipoalergénica, ligera. Otra ventaja es su diseño estético. Para concluir es más cómoda de poner y quitar para los pacientes.

Las limitaciones que se encuentran en estas órtesis son: la importancia de estar formado adecuadamente (conocimientos técnicos sobre la materia) y el material requerido para la fabricación (software, impresora 3D, escáner y ordenador).

La fortaleza de esta tecnología es que tiene una gran potencialidad y la posibilidad de ofrecer una alternativa económicamente viable. En las terapias de rehabilitación de extremidad superior, su objetivo es mejorar la movilidad de los pacientes y mejorar la calidad de vida de éstos (9). Además de ser más cómodo (1), la disponibilidad de distintos materiales aplicables a esta

tecnología ha ampliado mucho las opciones de desarrollo y fabricación en este campo.

Otro elemento a considerar es el tiempo de fabricación y los costes. En el trabajo de la ingeniera Ana Belén Guillarte Gómez la viabilidad económica tanto de las órtesis como de la propia empresa está justificada. (19)

El producto final es robusto e impermeable (como lo son los termoplásticos). Como ventaja tiene un menor grosor y un “mejor aspecto” (1), con respecto a las escayolas o yesos.

Los estudios realizados sobre el material destacan que es hipoalergénico y permite la integración de distintos materiales en una misma férula. (12)

Otra ventaja de este producto es que la fabricación de órtesis con esta tecnología resulta más rápida (15), ya que se puede realizar la fabricación simultánea de varias férulas a la vez, dependiendo de los recursos disponibles.

Lo publicado en la página Web del fabricante de EXOVITE sobre las ventajas de este producto son: se adapta perfectamente al cuerpo del paciente, se coloca rápidamente, es ligera (350 gramos) y más resistente, la piel está aireada, por lo que evita picores y alergias, se pueden realizar cómodamente las curas y hay un ahorro en los costes (20)

Según mi opinión, se tendrían que realizar más estudios, dado que se encuentra en fase de desarrollo.

Son, por tanto, necesarios más estudios, metodológicamente correctos, sobre la utilidad, efectividad, eficiencia y eficacia de órtesis diseñadas por tecnología 3D.

6. Conclusiones

APORTACIONES:

Tras este análisis se puede demostrar que las órtesis realizadas por impresión 3D tienen una serie de ventajas en cuanto a comodidad del paciente a la hora de poner, quitar y llevar (bajo peso, diseño...), dureza y adaptación. En cuanto a los costes de las órtesis fabricadas por esta tecnología son adecuados, pero hay que tener el equipo necesario para que salga rentable.

Por último es necesario invertir tiempo y recursos en estudiar más esta tecnología en constante evolución.

LAS LIMITACIONES:

La única limitación que se ha encontrado a la hora de realizar este trabajo final de grado es la escasa bibliografía encontrada.

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS:

Según todo lo reflejado en el apartado de resultados se han podido demostrar tanto el objetivo principal (las órtesis son efectivas en el tratamiento de lesiones de extremidad superior) como los tres objetivos secundarios planteados. Estos son: durabilidad y adecuación de las órtesis 3D, resultan beneficiosas con respecto a las que se fabricaban anteriormente y, por último, parece demostrado en la literatura consultada que los costes son adecuados.

7. Bibliografía

- (1) Stojmeski A, Joksimoski B, Chorbev I, Mihajov D. Efforts in using 3D printing and scanning in medicine. ICT Innovations 2014 Web Proceedings. 2014
- (2) Polonio López B, Durante Molina P, Noya Arnaiz B. Conceptos básicos de la Terapia Ocupacional. 1º edición. España: Editorial Médica Paramamericana. 2003. 17
- (3) Zambudio Periago R. Prótesis, órtesis y ayudas técnicas. 1º edición. Barcelona: Editorial Elsevier. 2009
- (4) Ortoiberica. Materiales [sede Web]*. España: ortoiberica.es; 2015 [acceso 20 de abril de 2015]. Disponible en: http://www.ortoiberica.es/ortopedia-protésica-exógena-ortésica/catalogo/materiales_37_1_ap.html
- (5) DM Orthotics Ltd. Product and Materials [sede Web]*. Reino Unido: dmorthotics.com; 2013. [acceso el 20 de abril de 2015]. Disponible en: <https://www.dmorthotics.com/products>
- (6) Asociación Profesional de Terapeutas Ocupacionales de Canarias. Funciones del Terapeuta Ocupacional en las órtesis [sede Web]*. España: aptoca.org; 2015. [acceso el 25 de abril de 2015]. Disponible en: <http://aptoca.org/terapia-ocupacional/funciones/ortesis/>
- (7) Olivares AE. Un mundo de Posibilidades. Impresión 3D y creación de maquetas a escala. Revista del Ministerio de Fomento. 2013. Volumen 634: 44-47
- (8) Patterson AM, Bibb RJ, Campbell. RI. Evaluation of a digitised splinting approach with multiple-material functionality using Additive Manufacturing technologies. En: Twenty-Third Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium. Texas (E.E.U.U). Thompson Conference Center (TCC), University of Texas at Austin. 2012
- (9) Díez JA, Badesa FJ, Morales R, Lledó LD, Sater JM, García-Aracil N. Diseño de dispositivo auxiliar de rehabilitación de mano. En: XXXV Valencia. Jornadas de Automática. Valencia (España). Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. 2014

- (10) Meidanshahy T. Feasibility of using 3D printing in the manufacture of orthotics Componentry [tesis doctoral]*. Australia: School of Computer Science, Engineering, and Mathematics in the Faculty of Science and Engineering in partial fulfilment of the requirements for the degree of Biomedical Engineering at Flinders University. 2014
- (11) Díaz Lantanda A. Lafont Morgado P. Rapid Prototyping for Biomedical Engineering: Current Capabilities and Challenges. Annual Reviews of biomedical Engineering [revista en internet]*. 2012 [acceso el 5 de mayo de 2015]. Disponible en: http://www.researchgate.net/profile/Andres_Diaz_Lantada/publication/224823081_Rapid_prototyping_for_biomedical_engineering_current_capabilities_and_challenges/links/02e7e516d62193f384000000.pdf
- (12) Paterson AM. Digitisation of the splinting process: exploration and evaluation of a computer aided design approach to support additive manufacture [tesis doctoral]*. Reino Unido: Loughborough University. 2013
- (13) Koutny D. Paulousek D. Koutecky T, Zatocilova A. Rosicky J. Janda M. 3D digitization of the Human Body for Use in Orthotics and Prosthetics. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2012. Volumen 16: 12-21
- (14) Paulousek D, Rosicky J, Koutny D, Stoklásek P, Navrat T. Pilot study of the wrist orthosis design process. Rapid Prototyping Journal. 2014. Volumen 20: 27-32
- (15) Ciobanu O, Ciobanu G. The use of 3D scanning and rapid prototyping in medical engineering. Fiabil Durab. 2013. Volumen 1: 241-247
- (16) Chimento J, Jason Highsmith M, Crane N. 3D printed tooling for thermoforming of medical devices. Rapid Prototyping Journal. 2011. Volumen 17: 387 – 392
- (17) Polygerinos P, Wang Z, Galloway KC, Wood RJ, Walsh CJ. Soft robotic gloves for combined assistance and at-home rehabilitation. Robotics and Autonomous Systems. 2014.

- (18) Tarnita D, Tarnita DN, Boborelu C, Catana M. Orthopaedic prototypes obtained by 3D printing technology. Academic Journal of Manufacturing Engineering. 2013. Volumen 11: 119-124
- (19) Repositorio Institucional de Documentos de la Universidad de Zaragoza. Fabricación aditiva, aplicación a órtesis de la extremidad inferior [sede Web]*. España: zaguan.unizar.es; [acceso el 20 de abril de 2015]. Disponible en: <http://zaguan.unizar.es/record/12872?ln=es>
- (20) EXOVITE. Ventajas del producto [sede Web]*. España: exovite.com; [acceso el 20 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.exovite.com/ventajas/>