

Aplicabilidad biosanitaria de la impresión en tres dimensiones (3D)

Sánchez López, J.D.* , Pérez de Perceval Tara, M.** , Moreno Martín, M.L.***

RESUMEN

La impresión de objetos tridimensionales con diversos materiales (plásticos, resinas, titanio, otros metales etc...) abre un abanico inmenso de aplicaciones. En el ámbito sanitario, supone la individualización de tratamientos, y disponer de productos personalizados para cada paciente, empleando materiales biocompatibles y a un precio más reducido.

INTRODUCCIÓN

La impresión en 3 dimensiones (3D) se remonta a 1976, cuando se ideó la impresora de inyección de tinta, posteriormente en 1984, algunas adaptaciones y avances sobre dicho concepto transformaron la tecnología de impresión con tinta a impresión con materiales

El nacimiento de las **Impresoras 3D** se debe a un proyecto de investigación del MIT (Massachusetts Investigation Technology), para materializar de forma rápida partes, prototipos, modelos y piezas previamente digitalizadas en tres dimensiones con software de modelado, que son capaces de crear partes o piezas de cualquier forma o geometría con distintos materiales como: cerámica, metal y polímeros..., controlando su microestructura y textura.

Por **impresión 3D** entendemos un grupo de tecnologías de fabricación por adición, que permiten la creación de un modelo

tridimensional a través de la sucesiva superposición de capas de un determinado material (1). Las impresoras 3D, desarrolladas desde 2003 han experimentado un gran crecimiento a la vez que se han reducido los costes de fabricación, y son más rápidas, económicas y fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación. Además presentan la capacidad de imprimir diversos elementos tridimensionalmente, fabricados en diferentes materiales con propiedades físicas y mecánicas distintas, a través de un simple proceso de montaje, permitiendo de este modo la elaboración de prototipos de un determinado producto. Los agentes obtenidos se pueden considerar como una nueva modalidad de **Productos Sanitarios personalizados** y a medida de las necesidades del paciente.

ASPECTOS GENERALES

Esta tecnología se fundamenta en el empleo de una impresora especial y material de fabricación adecuado. La impresora 3D podría definirse como un dispositivo capaz de generar un objeto sólido tridimensional

mediante la adición de material (de ahí la diferencia con los métodos tradicionales, los cuales podrían denominarse como sustractivos, esto es, generan formas a partir de la eliminación de exceso de material. Las impresoras 3D se basan en modelos 3D para definir qué se va a imprimir. De este modo un modelo sería la representación digital de aquel objeto que se va a imprimir a través de un software específico de modelado.

El material utilizado se lleva a planos virtuales a través de un diseño asistido por ordenador (CAD) obteniéndose secciones digitales que permiten a la impresora actuar como una guía para la impresión. En función del dispositivo empleado, el material de estratificación o aglutinante se deposita sobre un lecho de construcción ó plataforma hasta la impresión del modelo en 3D. Los más habituales son:

- Acido poliláctico (**PLA**).
- Laywoo-3D, compuesto madera/polímero similar al PLA.
- Acrilonitrino butadieno estireno (**ABS**).
- Poliestireno de alto impacto (**HIPS**).
- Tereftalato de polietileno (**PET**).
- Elastómero termoplástico (**TPE**).
- Nylon, (actualmente el más empleado).

Para la impresión 3D se dispone en la actualidad de un gran número de tecnologías, diferenciándose fundamentalmente por la forma en la que las diferentes

* Cirujano Oral y Maxilofacial. Complejo Universitario de Granada.

** Cirujano Oral y Maxilofacial. Complejo Universitario de Granada

*** Diplomada en Enfermería. Complejo Universitario de Granada.

capas son procesadas para la elaboración de los modelos. Algunos procedimientos emplean el método de fundido del material para la obtención de capas, como el **“sinterizado de láser selectivo” (SLS)** ó el **“modelado por deposición fundida” (FDM)**, mientras que otros sistemas se fundamentan en el depósito de materiales líquidos, que después son procesados siguiendo diversas tecnologías. En el caso de la manufacturación de objetos laminados, delgadas capas sufren un proceso de corte para su posterior moldeado y unión.

Cada procedimiento tiene sus ventajas e inconvenientes, de ahí que las distintas compañías oferten elegir entre polvos y polímeros dependiendo de las distintas necesidades. Por regla general hay que valorar distintos aspectos tales como coste del prototipo a imprimir, coste de la impresora 3D, elección y coste de materiales y la capacidad para elegir el color.

En el ámbito biosanitario los dos procedimientos más habituales son:

- **Impresión por inyección**, mediante el cual la impresora elabora el modelo de capa en capa, repitiendo el proceso hasta que todas las capas han sido impresas. Esta tecnología es la única que permite la impresión de prototipos en color incluyendo adicionalmente la elaboración de cualquier detalle de interés práctico.
- **Modelado por deposición de fundente o estereolitografía**, desarrollado por la casa comercial **Stratasys®**, caracterizada por la realización de prototipos a gran velocidad, desarrollados a través de tecnología láser.

A destacar que la impresión por inyección presenta como ventaja respecto de la estereolitografía

mayor velocidad, menor coste, facilidad de empleo al no precisar materiales químicos tóxicos y mínimo trabajo post-impresión en el acabado. También otros procedimientos a destacar serían:

- **Fotopolimerización**, basado en el empleo de resinas líquidas fotopoliméricas las cuales se solidifican a través de un láser ultravioleta o por absorción de fotones (2).
- **Impresión con hielo**, que actúan a través de un enfriamiento controlado de agua previamente tratada, actualmente en fase de experimentación (3).

Las aplicaciones de la impresión 3D es múltiple: alimentación, arqueología, arte, diseño industrial... y biotecnología que es el ámbito que nos ocupa.

IMPRESIÓN 3D EN EL AMBITO BIOSANITARIO

Su empleo está cada vez más extendido en este campo, tanto

desde un punto de vista docente como clínico, proporcionando desde prótesis ortopédicas y faciales, hasta la elaboración de formas farmacéuticas, y bioimpresión de órganos y tejidos. A continuación se muestran algunos de los ejemplos más representativos y novedosos del empleo biotecnológico de dicha técnica.

PRÓTESIS PERSONALIZADAS

Las prótesis “clásicas” son extremadamente caras y, aunque están patentados numerosos modelos con gran variedad de tamaños, una similitud total con el paciente es prácticamente imposible. Además, las piezas obtenidas por impresión tienen un **precio menor**, ya que se crean según necesidades y no dependen del proceso de fabricación industrial. El abaratamiento de costes tiene especial importancia en niños: estos irán creciendo y deberemos recambiar las prótesis cuando se queden pequeñas. Precios más asequibles nos permiten la sustitución periódica por la más adecuada



Figura 1. Prótesis de mano CyborgBeast (Ref. <http://www.cyborgbeast.org/>).

a sus características fisiológicas. Se exponen dos modalidades

■ Prótesis ortopédica de manos

Existen numerosos diseños de prótesis de manos ortopédicas (4). Uno de ellos, **CyboregBeast** es un prototipo personalizado, de bajo coste, fabricado con dos materiales termoplásticos, ácido poliláctico (PLA) y acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS). Utiliza cuerdas elásticas situadas en el interior de la cara dorsal de los dedos, para proporcionar extensión pasiva, y cables no elásticos, en la superficie palmar para proporcionar la flexión (Fig. 1).

También hay otros proyectos sobre diseño de una prótesis para la extremidad superior con agarre funcional, que permita la realización de actividades manuales, y prótesis para niños con carencia de parte del antebrazo o ausencia de movilidad

■ Prótesis Faciales

Esta modalidad de prótesis se utiliza en la reconstrucción facial de pacientes afectados de enfermedades tumorales o traumatismos. Mediante modelos

obtenidos a través de pruebas de imagen, principalmente Tomografía Axial Computarizada (TAC), se crean piezas que encajan al 100 % con la anatomía única de la persona a tratar. En la Fig. 2 se expone un modelo de prótesis utilizado en la reconstrucción facial.

PRODUCTOS DE ORTODONCIA

En ocasiones los clásicos “brackets” pueden ser reempla-

zados por alineadores/retenedores de materiales plásticos. Estos son **más estéticos** que los brackets convencionales ya que se fabrican transparentes y además son **más cómodos** debido a que se pueden retirar para comer (Fig. 3).

Su precio solía ser elevado, pero la llegada de las impresoras 3D ha permitido una rebaja de los mismos, siendo incluso posible para el ortodoncista disponer de impresora 3D profesional propia (con precios a partir de



Figura 3. Alineador-retenedor, con diseño tridimensional.



Figura 2. Epíttesis personalizada hemifacial.

4500-5000 euros), permitiendo rebajar el precio y ofrecer un tratamiento más preciso e individualizado.

IMPRESIÓN DE TEJIDOS Y ÓRGANOS

La impresión 3D de tejidos vivos supone una alternativa a corto-medio plazo. El proceso, conocido como bioimpresión o “bioprinting”, se realiza mediante la aplicación de capas de células vivas depositadas en un medio gelatinoso y a través de un mecanismo de superposición, la creación de estructuras tridimensionales (5). Se utiliza el nuevo diseño de impresora 3D,

ITOP (The Integrated Tissue and Organ Printing System) (6)

Todavía el número de tejidos disponibles es extremadamente limitado (principalmente tejido hepático), Se está investigando el diseño de tejidos con vasos sanguíneos y nefronas, para posteriormente conseguir riñones. Probablemente en un futuro inmediato sea posible la formación de un organismo con todos sus órganos en los que experimentar, aunque esto dará lugar a otro debate ético diferente.

Estos tejidos y órganos obtenidos por bioimpresión tendrían gran utilidad en los ensayos clínicos clásicos para suplir la fase en animales. El uso del fármaco en humanos siempre se precede de la utilización de modelos animales. Cada vez se genera más controversia, reclamando las asociaciones de defensa de los animales algún método para evitar la experimentación animal. En la Fig. 4 se expone un modelo experimental de pabellón auditivo tridimensional obtenido por bioimpresión 3D (7).

FORMAS FARMACÉUTICAS EN 3D

Las impresoras 3D permiten la elaboración de **formas farmacéuticas sólidas administración oral personalizadas**,

en las que se combinan varios tipos de principios activos, permitiendo evitar las sucesivas tomas en polimedicación y un mayor cumplimiento por parte del paciente. Su utilidad sería igualmente aplicable en niños (especialmente en patologías crónicas) al minimizar su rol de enfermo, a través de la creación de preparados con formas divertidas.

El problema que ha tenido esta técnica ha sido que las impresoras 3D trabajan mediante **moldeado por calor**, siendo incompatibles con los principios activos debido a que estos perdían sus características farmacológicas por las altas temperaturas. Este inconveniente se ha solucionado con el uso de la

técnica estereolitográfica, en la que los materiales utilizados como vehículo de los principios activos son fotopolimerizables, y aplicando luz ultravioleta, se consigue que el material solidifique, manteniendo sus propiedades. Curiosamente esta técnica es la más antigua en la realización de piezas 3D, pero no había sido usada antes para este propósito.

La utilización generalizada de las impresoras en este campo es aún lejano ya que todavía no han sido aprobadas para uso médico, y las pruebas con medicamentos se han realizado en un número muy reducido de los mismos, por lo que son necesarios estudios clínicos más amplios.



Figura 4. Modelo experimental de pabellón auditivo.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Chua CK; Leong KF, Lim C. Rapid Prototyping: Principles and Application. 3rd Edition. World Scientific. Publishing Co. Pte Ltd, USA, UK, 2010, pág. 124.
- Colin Johnson R. Cheeper avenue to 65 nm?“. New&Análisis, 2007
- Wright PK. 21st Century manufacturing. Prentice-Hall Inc., New Jersey 2001
- Gonzáles G, González C. Desarrollo de mano ortopédica mediante impresora 3D. *Proyectos institucionales y de investigación. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Universidad Nuevo León, México, Año 2, n° 4, 4-8 (2014)*
- Easton TA. The 3D Trainwreck: How 3D Printing Will Shake Up Manufacturing. *Analog*. 2008; 128(11): 50-63.
- Kang HW, Lee SJ, Ko IK, Kengla C, Yoo JJ, Atala A. A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity. *Nature Biotechnology*. 2016; 34: 312–9.
- Lott DG, Guiloft E. La revolución del código 3D: la arremetida de la Bioimpresión. *Portafolio Salud*, marzo 2015, pág. 17.