



**Dr. Eduardo Anitua (DDS, MD, PhD)**

Práctica privada dedicada a la Implantología en el Instituto Eduardo Anitua, Vitoria (España).

Instituto Universitario de Medicina Regenerativa e Implantología Oral.

UIRMI (UPV/EHU-Fundación Eduardo Anitua), Vitoria (España).

BTI (Biotechnology Institute), Vitoria (España).

# CONFECCIÓN DE DISPOSITIVOS INTRAORALES DE AVANCE MANDIBULAR PARA EL TRATAMIENTO DEL SÍNDROME DE APNEA-HIPOAPNEA DEL SUEÑO

Mediante flujo digital

## INTRODUCCIÓN

El CAD/CAM (*Computer-Aided-Design/Computer-Aided-Manufacturing*) es una tecnología que nos permite realizar nuestras prótesis dentales mediante un soporte informático que nos ayuda a diseñar la estructura y un sistema posterior de mecanizado o fresado que trabaja a las órdenes del ordenador (1-9).

Los sistemas CAD/CAM ofrecen múltiples ventajas con respecto a la fabricación de prótesis convencional: homogeneidad de materiales, ahorro de tiempo, minimización de errores, ajuste marginal preciso, posibilidad en prótesis implanto-soportadas de corregir emergencias y angulaciones en los tornillos de acceso de las prótesis y aumento en el volumen de la producción del laboratorio, principalmente.

Hoy en día, el uso del CAD/CAM se encuentra muy extendido en la práctica odontológica representando un alto volumen de las rehabilitaciones realizadas, debido, principalmente, a las ventajas mencionadas anteriormente y a la resolución de casos

de Implantología, cada vez más complejos (10-12). Por ello, el uso de este tipo de tecnología se está implementando a otras áreas de la Odontología al margen de la confección de prótesis, como el diseño y la construcción de férulas de cirugía guiada para la inserción de implantes dentales y la confección de férulas oclusales (descarga, ferulización post-traumatismo y cirugía ortognática, principalmente) (13-16).

En el caso de las férulas diseñadas por CAD/CAM podemos realizarlas mediante el flujo digital completo (escaneado intraoral, diseño por ordenador de la férula y posterior confección mecanizada) o mediante una impresión convencional que es escaneada posteriormente (ella misma o el modelo de escayola resultante) siendo el flujo digital, a partir de este punto, común a ambos caminos (13).

En el caso de los materiales para la fabricación, también podemos diferenciar dos tipos de construcción para las férulas, al igual que para otros productos que genera la tecnología el flujo digital: sustrac-

ción o adición (16-18). En la tecnología de sustracción, de parte de un bloque de material del que se va retirando mediante fresas siguiendo un diseño y guía establecida informáticamente, realizándose, por lo tanto, un fresado guiado para obtener la férula. Este tipo de procedimiento suele ser más empleado para materiales de alta dureza como el metal o la cerámica, no siendo una de las mejores opciones para materiales de menor dureza como los polímeros empleados para las férulas dentales (16, 17, 19). Además, es un procedimiento en el que se desecha más material y, por lo tanto, para tratamientos con un menor coste económico no suele ser la mejor alternativa.

En la tecnología de adición (o impresión 3D) se va generando un diseño en volumen mediante la colocación de capas sucesivas de un producto guiado mediante el diseño previo tridimensional del objeto (13, 17, 20). Esta tecnología es más funcional para los materiales de menor dureza como los empleados para la confección de las férulas y, además, permite un mejor aprovechamiento del material, reduciéndose los costes por lo que sería, en principio, la mejor forma de confección de los dispositivos (13).

La primera vez que se menciona este tipo de tecnología de impresión 3D para la realización de férulas de descarga es en el año 2013 (21) y, desde entonces, se ha desarrollado la técnica para su realización mediante la impresión. Por lo general, para su impresión suelen utilizarse materiales fofopolimerizables que polimerizan, punto por punto, (estereolitografía) o superficies más amplias (*Digital Light Processing-DPL*) (13).

Los buenos resultados de ajuste, confortabilidad y eficacia en el uso para el que fueron planificados obtenidos por las férulas diseñadas y confeccionadas por CAD/CAM, nos ha llevado a la implementación de la tecnología digital en otro tipo de férulas que se trabajan en la clínica odontológica cada vez con mayor frecuencia: los dispositivos de avance mandibular para el tratamiento del síndrome de apnea-hipoapnea del sueño, particularmente el dispositivo desarrollado por nuestro grupo de estudio (22, 23). En el presente artículo mostramos la técnica de fabricación mediante flujo digital de este dispositivo, lográndose las ventajas atribuibles a la tecnología CAD/CAM mencionadas con anterioridad.

## “ LA TECNOLOGÍA CAD/CAM ESTÁ MUY PRESENTE EN LA CONSULTA EN NUESTRO DÍA A DÍA, TANTO EN LA CONFECCIÓN DE PRÓTESIS SOBRE IMPLANTES COMO EN LA CONFECCIÓN DE LA PRÓTESIS «TRADICIONAL»

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### Paso a paso de la confección de la férula

El diseño comienza con un modelo tridimensional del arco dental del paciente que puede ser adquirido mediante escaneado intraoral o escaneado de impresiones o modelos de estudio. Una vez importada la anatomía dental se comienza el trabajo de diseño tridimensional. A través de un software específico de modelado 3D se ha desarrollado un programa para la confección de los dispositivos de avance mandibular.

Una de las principales ventajas que nos aporta el software de diseño es la segmentación de las piezas de la arcada. Se ha creado un algoritmo que individualiza las piezas dentales de forma semi-automática (a órdenes el usuario), lo que nos permite orientar tridimensionalmente los dientes uno a uno, e individualizar la posición de los mismos para lograr una correcta inserción del dispositivo en boca posteriormente. Esta segmentación también nos da la posibilidad de individualizar los requerimientos biomecánicos que tiene cada pieza dental en relación con la férula y su uso (**Figuras 1 y 2**).

Una vez individualizados los dientes y los requerimientos biomecánicos se inicia el diseño de las férulas (superior e inferior). El programa nos permite generar un espesor variable y ajustable para cada zona dental dándonos una guía de espesores que varía en función de la anatomía dental del paciente y la oclusión (**Figuras 3 y 4**).

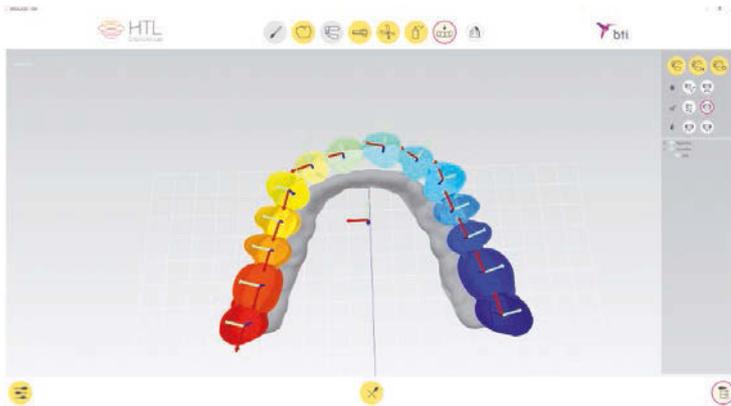


Figura 1. Individualización de los dientes en el arco dental con sus orientaciones en los tres ejes del espacio.

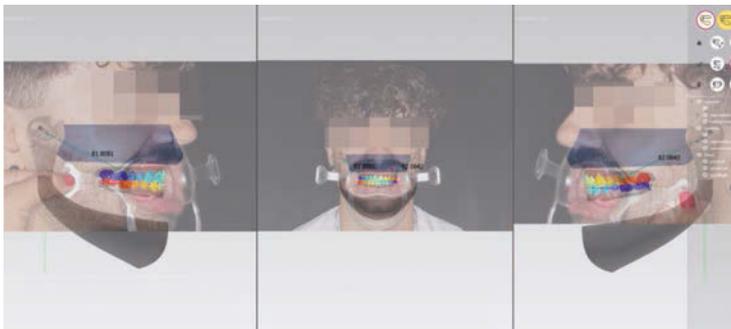


Figura 2. Posicionamiento de la tracción y requerimientos biomecánicos con la individualización dental para poder dar a la férula la resistencia adecuada en cada sector.

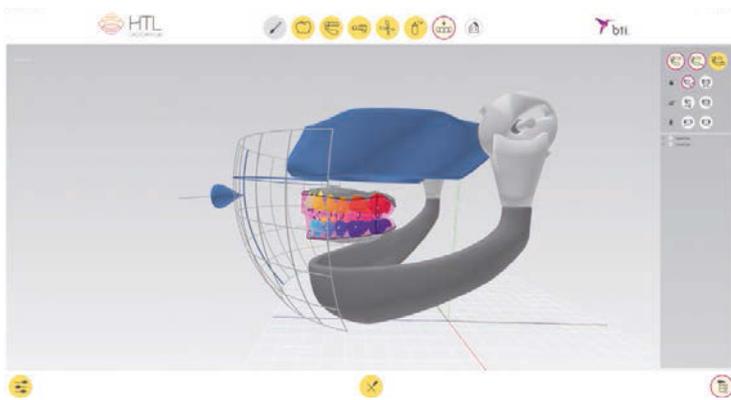


Figura 3. Diseño de la férula superior con su espesor variable en función de la anatomía del paciente.

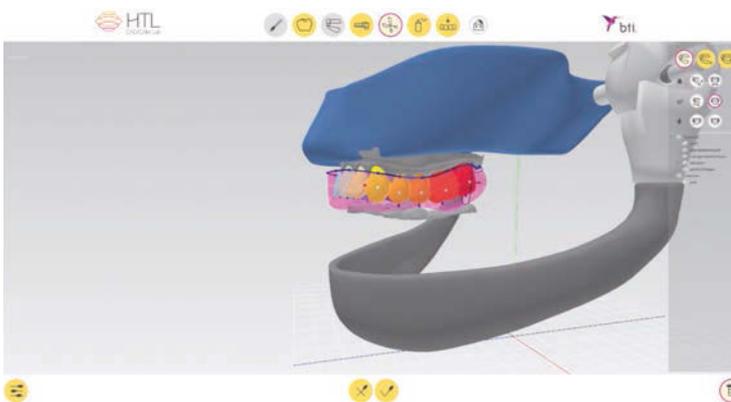


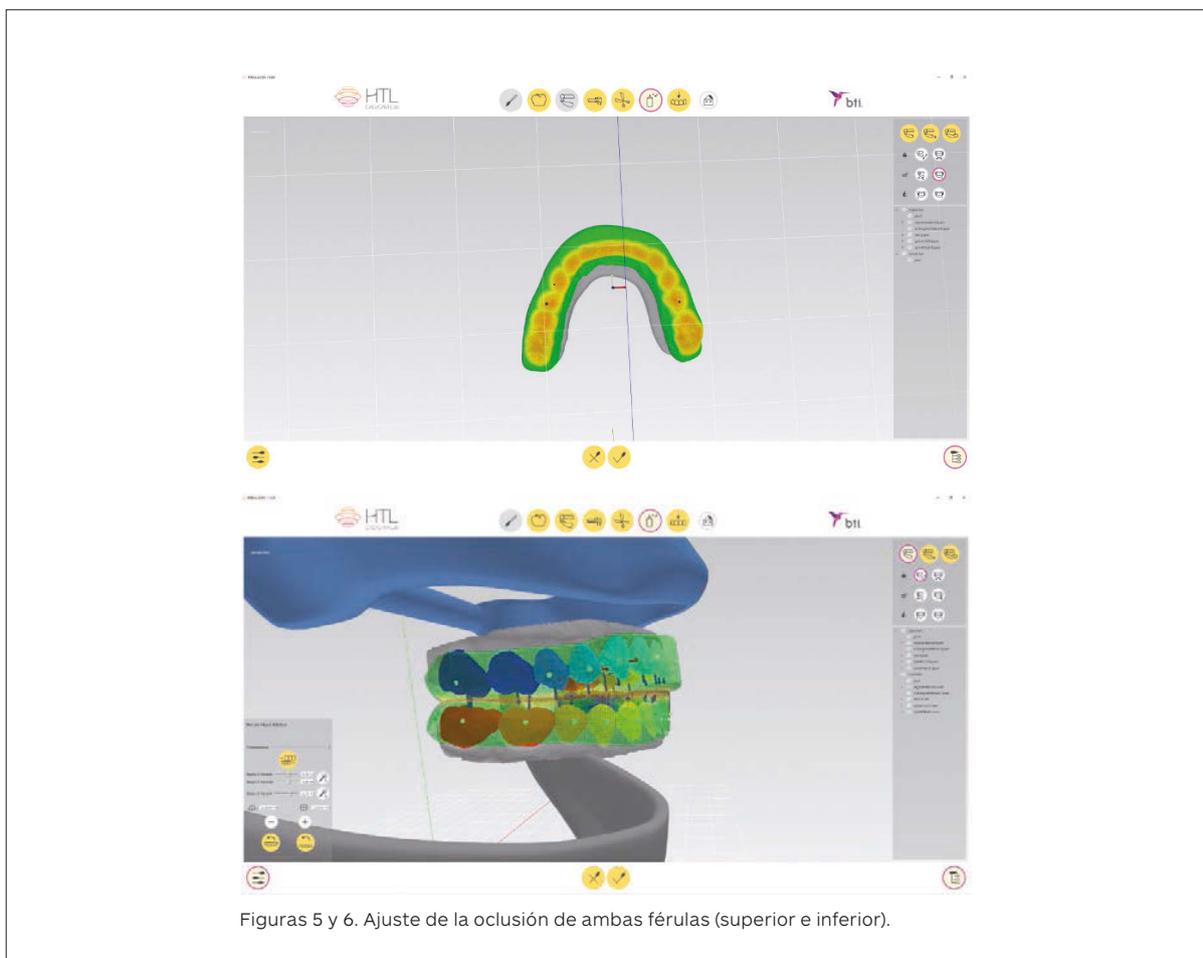
Figura 4. Ambas férulas diseñadas antes del ajuste oclusal.

Para finalizar, debemos ajustar la oclusión. Para ello, se utiliza un algoritmo semi-automático que genera unos contactos estables en todas las piezas dentales basándose en la anatomía dental y los posibles movimientos que se realizarán con la férula posicionada (lateralidad y protrusión), para asegurarnos una correcta función del dispositivo (**Figuras 5 y 6**).

Por último se realiza una simulación tridimensional de la entrada en boca del dispositivo para limitar los ajustes en clínica en su colocación y el dispositivo está listo para pasar a su impresión.

La impresión se realiza en un polímero capaz de resistir la carga a la que va a ser sometido durante su uso, además de tener una respuesta a los estímulos térmicos que va a suceder cuando esté colocado en la boca del paciente adaptándose mejor a la anatomía dental, siendo por lo tanto un material dinámico (**Figuras 7-9**).

**“ LOS AVANCES  
EN ESTE SECTOR NOS  
PERMITEN IDEAR NUEVAS  
APLICACIONES PARA  
GENERAR TRATAMIENTOS  
MÁS EFICACES, PREDECIBLES  
Y CON LOS EFECTOS  
DESEADOS PARA CADA  
PACIENTE**



Figuras 5 y 6. Ajuste de la oclusión de ambas férulas (superior e inferior).

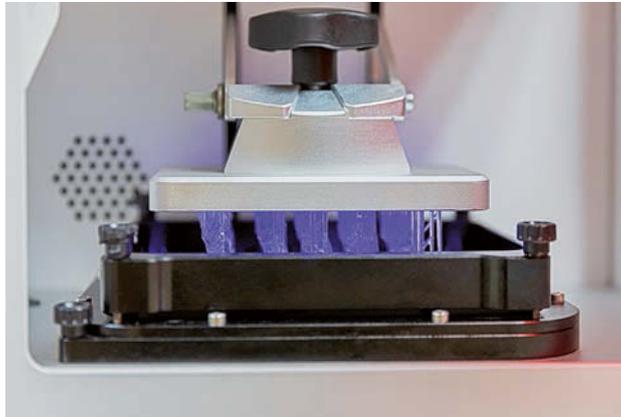


Figura 7. Impresión de los dispositivos una vez finalizada la fase de diseño.



Figuras 8 y 9. Dispositivo finalizado listo para su uso.

### DISCUSIÓN

La tecnología CAD/CAM está muy presente en la consulta en nuestro día a día, tanto en la confección de prótesis sobre implantes como en la confección de la prótesis, que podemos denominar «tradicional» (24-25). El flujo digital se encuentra, cada vez, más extendido en la práctica de clínicas y laboratorios y la tendencia al uso de las herramientas digitales cada vez es mayor (26-27).

Los avances en este sector nos permiten idear nuevas aplicaciones para generar tratamientos más eficaces, predecibles y con los efectos deseados pa-

ra cada paciente, como el caso de los dispositivos de avance mandibular para el síndrome de apnea-hipoapnea del sueño (SAHS). Estos dispositivos han demostrado su eficacia en el tratamiento del SAHS leve-moderado en diferentes publicaciones basándose su eficacia en el avance de la mandíbula evitándose el colapso de la vía aérea durante el sueño(28-30).

Existen diferentes enfoques en cuanto a la aparatología, el diseño y el avance en milímetros que deben tener estos dispositivos, siendo el patentado por nuestro grupo de estudio uno de los que permite un mayor rango de movimientos cuando se lleva pue-

to (generando menor problema a nivel de la ATM) y que consigue realizar su función con un mínimo grado de protrusión (que puede ser variado y ajustado) (22-23, 30).

Poder realizar estos dispositivos con este nuevo diseño de modelado e impresión 3D nos garantiza, además, poder adecuar y personalizar el dispositivo de forma micrométrica a las necesidades de cada paciente, siendo un tratamiento más efectivo.

Con esta confección, además, se reducen los tiempos de clínica y de laboratorio, por lo que presenta ventajas considerables a nivel de la gestión económica de ambos ámbitos que deben ser también tenidas en cuenta (31).

Hasta la fecha, no existen referencias de la confección de estos dispositivos de forma informatizada en la literatura internacional, por lo que hasta donde conocemos es el primer reporte de la técnica. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- Duret F, Preston JD. CAD/CAM imaging in dentistry. *Curr Opin Dent* 1991; 1: 150-154.
- Rekow ED. Dental CAD/CAM systems: what is the state of the art? *J Am Dent Assoc* 1991;122:43-48
- Güth JF, Silva JS, Beuer FF, Edelhoff D. Enhancing the predictability of complex rehabilitation with a removable CAD/CAM-fabricated long-term provisional prosthesis: A clinical report. *J Prosthet Dent*. 2012 Jan; 107 (1): 1-6.
- Bentz RM, Balshi SF. Complete oral rehabilitation with implants using CAD/CAM technology, stereolithography, and conoscopic holography. *Implant Dent*. 2012 Feb; 21 (1): 8-12.
- Stawarczyk B, Ender A, Trottmann A, Ozcan M, Fischer J, Hämerle CH. Load-bearing capacity of CAD/CAM milled polymeric three-unit fixed dental prostheses: Effect of aging regimens. *Clin Oral Investig*. 2012 Jan 3. [Epub ahead of print].
- Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*. 2012 Jan; 28 (1): 3-12. Epub 2011 nov 26.
- Kelly JR. Computer-aided designed/computer-assisted manufactured (CAD/CAM) all-ceramic crowns appear to perform better than all-composite resin crowns following the first 3 years of placement. *J Evid Based Dent Pract*. 2011 Dec; 11 (4): 203-5.
- Assunção Souza RO, Ozcan M, Augusto Pavanelli C, Buso L, Leão Lombardo GH, Araújo Michida SM, Melo Mesquita AM, Antonio Bottino M. Marginal and Internal Discrepancies Related to Margin Design of Ceramic Crowns Fabricated by a CAD/CAM System. *J Prosthodont*. 2011 Nov 2. doi: 10.1111/j.1532-849X.2011.00793.x. [Epub ahead of print].
- Henkel GL. A comparison of fixed prostheses generated from conventional vs digitally scanned dental impressions. *Compend Contin Educ Dent* 2007; 28 (8): 422-31.
- Harder S, Kern M. Survival and complications of computer-aided designing and computer-aided manufacturing vs. conventionally fabricated implant-supported reconstructions: a systematic review. *Clin. Oral Impl. Res.* 20 (Suppl. 4), 2009; 48-54.
- Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in Dentistry. *Dent Clin N Am* 2011; 55 :559-570.
- Creugers, N.H., Kreulen, C.M., Snoek, P.A. & de Kanter, R.J. A systematic review of singletooth restorations supported by implants. *Journal of Dentistry* 2000; 28: 209-217.
- Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig*. 2020 Dec;24 (12): 4607-4615.
- Ramanathan M, Panneerselvam E, Krishna Kumar Raja VB. 3D planning in mandibular fractures using CAD/CAM surgical splints. A prospective randomized controlled clinical trial. *J Craniomaxillofac Surg*. 2020 Apr;48 (4): 405-412.
- Palazzo G, Ronsivalle V, Oteri G, Lo Giudice A, Toro C, Campagna P, Patini R, Bocchieri S, Bianchi A, Isola G. Comparison between Additive and Subtractive CAD-CAM Technique to Produce Orthognathic Surgical Splints: A Personalized Approach. *J Pers Med*. 2020 Dec 11; 10 (4):273.
- Elnagar MH, Aronovich S, Kusnoto B. Digital Workflow for Combined Orthodontics and Orthognathic Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2020 Feb; 32 (1): 1-14.
- Lin HH, Lonic D, Lo LJ. 3D printing in orthognathic surgery - A literature review. *J Formos Med Assoc*. 2018 Jul; 117 (7): 547-558.
- Ghai S, Sharma Y, Jain N, Satpathy M, Pillai AK. Use of 3-D printing technologies in craniomaxillofacial surgery: a review. *Oral Maxillofac Surg*. 2018 Sep; 22 (3): 249-259.
- Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health*. 2020 Aug 2; 20 (1): 217.
- Murphy SV, Atala A. 3D bioprinting of tissues and organs. *Nat Biotechnol*. 2014 Aug; 32 (8): 773-85.
- Salhi M, Paloheimo KS, Tuomi J, Ingman T, Mäkitie A. A digital process for additive manufacturing of occlusal splints: a clinical pilot study. *J R Soc Interface*. 2013 Apr 24; 10 (84): 20130203.
- Durán-Cantolla J, Crovetto-Martínez R, Alkhraisat MH, Crovetto M, Municio A, Kutz R, Aizpuru F, Miranda E, Anitua E. Efficacy of mandibular advancement device in the treatment of obstructive sleep apnea syndrome: A randomized controlled crossover clinical trial. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2015 Sep 1; 20 (5): e605-15.
- Anitua E, Durán-Cantolla J, Almeida GZ, Alkhraisat MH. Minimizing the mandibular advancement in an oral appliance for the treatment of obstructive sleep apnea. *Sleep Med*. 2017 Jun; 34: 226-231.
- Alhazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016 Apr; 60 (2): 72-84.
- Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dent Mater J*. 2009 Jan; 28 (1): 44-56.
- Rekow ED. Digital dentistry: The new state of the art - Is it disruptive or destructive? *Dent Mater*. 2020 Jan; 36 (1): 9-24.
- Runkel C, Güth JF, Erdelt K, Keul C. Digital impressions in dentistry-accuracy of impression digitalisation by desktop scanners. *Clin Oral Investig*. 2020 Mar; 24 (3): 1249-1257.
- Ramar K, Dort LC, Katz SG, Lettieri CJ, Harrod CG, Thomas SM, Chervin RD. Clinical Practice Guideline for the Treatment of Obstructive Sleep Apnea and Snoring with Oral Appliance Therapy: An Update for 2015. *J Clin Sleep Med*. 2015 Jul 15; 11 (7): 773-827.
- Ng JH, Yow M. Oral Appliances in the Management of Obstructive Sleep Apnea. *Sleep Med Clin*. 2019 Mar; 14 (1): 109-118.
- Marklund M, Braem MJA, Verbraecken J. Update on oral appliance therapy. *Eur Respir Rev*. 2019 Sep 25; 28 (153): 190083.
- Dawood A, Marti Marti B, Saurat-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J*. 2015 Dec; 219 (11): 521-9.