

Ventajas, desventajas y perspectiva estudiantil de la tecnología del CAD/CAM en el proceso enseñanza-aprendizaje de la educación dental

Advantages, disadvantages and student perspective of CAD/CAM technology in the teaching-learning process of dental education

Ivo Luna Mazzola^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-7075-3986>

Yuri Castro-Rodríguez² <https://orcid.org/0000-0002-9587-520X>

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Sociedad Científica de Estudiantes de Odontología. Lima. Perú.

²Universidad Científica del Sur, Escuela de Estomatología. Lima, Perú.

*Autor para la correspondencia: yuricastro_16@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: La calidad del aprendizaje en odontología depende en gran medida del tipo y tiempo de práctica que se dedique con estos fines. El diseño y fabricación asistidos por computadora (CAD/CAM) que al ofrecer significativas mejoras en diversos aspectos dentro del modelado dental, advierten con reemplazar al método tradicional del modelado en yeso.

Objetivo: Resumir información referente al uso de la tecnología CAD/CAM dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de la educación dental.

Métodos: Se consultaron las bases de datos MEDLINE y SciELO a través de los términos “diseño asistido por computadora”, “CAD/CAM”, “enseñanza”, “educación dental” y “educación en odontología”. Fueron seleccionados 36 documentos publicados a partir del año 2015. Se analizaron las categorías: definición y usos, viabilidad en la educación dental, perspectiva estudiantil, ventajas y desventajas.

Análisis e integración de la información: El diseño y manufactura asistidos por computadora es un sistema tecnológico de prototipado rápido que es capaz de

materializar modelos digitales diseñados en una interfaz externa, a partir de la información del escaneo realizado. Su incorporación a la educación dental se ha dado de forma dispareja y no sincronizada, debido al gasto económico requerido tanto para la compra del equipo y adaptación de las instalaciones como para la capacitación del personal pertinente.

Conclusión: La aplicación del diseño y manufactura asistidos por computadora permite la creación de modelos dentales con grandes beneficios para el entrenamiento práctico. Asimismo, favorece el acercamiento hacia la estandarización de la enseñanza y la objetividad al momento de calificar el trabajo de los estudiantes realizado sobre estos modelos. La barrera económica sigue siendo una fuerte limitante para la implementación del diseño y manufactura asistidos por computadora en la educación dental, pese a ello, los estudiantes suelen presentar aceptación y una gran predisposición para su uso y aplicación.

Palabras clave: diseño asistido por computadora; CAD-CAM; enseñanza; educación en odontología.

ABSTRACT

Introduction: The quality of learning in dentistry depends to a great extent on the type and time of practice devoted to these purposes. Computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM) that, by offering significant improvements in various aspects within dental modeling, warns of replacing the traditional method of modeling in plaster.

Objective: Summarize information regarding the use of CAD/CAM technology within the teaching-learning process of dental education.

Methods: A search was conducted in the databases MEDLINE and SciELO using the descriptors “computer-aided design”, “CAD/CAM”, “teaching” and “dental education”. A total 36 documents were selected, published as of the year 2015. The variables considered were definition and uses, viability in dental education, student perspective, advantages and disadvantages.

Data analysis and integration: Computer-aided design and manufacturing is a rapid prototyping technological system capable of materializing digital models designed in an external interface based on scanned information. Its incorporation into dental education has been uneven and unsynchronized, due to the expenses required by the purchase of equipment, adaptation of existing facilities and training of the relevant personnel.

Conclusion: Computer-aided design and manufacturing makes it possible to create dental models which are very beneficial to practical training. It is also a step forward on the road to standardization of teaching and objectivity when grading the work done by students on these models. Economic limitations continue to strongly handicap the

implementation of computer-aided design and manufacturing in dental education. Despite this, students recognize its usefulness and have shown their willingness to apply it.

Key words: computer-aided design; CAD-CAM; teaching; dental education.

Recibido: 25/10/2020

Aceptado: 25/12/2020

Introducción

La calidad del aprendizaje en odontología, al ser esta una carrera que requiere de destrezas psicomotoras específicas, depende en gran medida del tipo y tiempo de práctica que se dedique a tales fines. La capacitación práctica resulta fundamental al momento de la enseñanza de procesos clínicos y, para ello, el uso de modelos de práctica ha sido establecido y utilizado durante años.⁽¹⁾

La fabricación de modelos dentales, tradicionalmente hechos en yeso, representa un gran beneficio para la enseñanza y aprendizaje dental, pese a ello, el continuo avance de la tecnología y su incorporación a la enseñanza dental han permitido detectar las falencias y posibilidades de mejora que conlleva el modelo tradicional de fabricación de moldes: insuficiente precisión, reproductibilidad y efectividad. Es aquí donde toman protagonismo el diseño y fabricación asistidos por computadora que, al ofrecer significativas mejoras en diversos aspectos dentro del modelado dental, advierten con reemplazar al método tradicional de modelado en yeso.

Las siglas CAD/CAM hacen referencia a los términos *Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing*, que en español significan “diseño y manufactura asistidos o dirigidos por computadora”. Esta tecnología permite diseñar moldes de productos mediante el uso de programas digitales con el fin de que luego puedan ser materializados por una máquina de impresión 3D. De esta manera, los sistemas CAD/CAM son fábricas automáticas cómputo-integradas que funcionan con instrucciones proveídas desde una base informática. Además, al ser sistemas de prototipado rápido, superan los métodos de mecanizado tradicionales que utilizan la manufactura aditiva⁽²⁾ y, por tanto, enlentecen el proceso de materialización de los moldes diseñados previamente en la interfaz.

El CAD/CAM fue desarrollado e inicialmente utilizado en el campo de la ingeniería, pero no tardó en comenzar a emplearse en otros ámbitos, como el de las ciencias aplicadas.

La odontología tomó parte de esta revolución digital en los años 80 del siglo pasado al implementarla en el diagnóstico y tratamiento prostodóntico,⁽³⁾ sin embargo, dicha incursión tomó una direccionalidad más experimental y teórica que realmente clínica.⁽⁴⁾ En la última década, luego de haber alcanzado un alto grado de aceptación y uso clínico, esta tecnología ha ido ocupando un lugar importante en la educación dental, siendo empleada principalmente para la fabricación de modelos dentales en 3D, aunque también para el desarrollo de simuladores hápticos y sistemas de calificación automatizados con el fin de reducir la subjetividad al momento de evaluar a los estudiantes.

El uso de la tecnología CAD/CAM en el proceso enseñanza-aprendizaje de pre- y posgrado se ha visto relacionado con un incremento en su calidad,⁽⁵⁾ la gran precisión en el diseño de modelos dentales y el aumento de la objetividad obtenido en las calificaciones son claros ejemplos de ello; no es extraño que en la actualidad los centros superiores de educación en odontología busquen adquirirla. Sin embargo, aspectos como el fuerte gasto económico que implica la adquisición de la maquinaria, la capacitación de la plana docente y del personal requerido para su cuidado, así como la adaptación de las instalaciones para que se pueda dar un uso adecuado del CAD/CAM, llevan a que, al día de hoy, algunas universidades opten por no emplear esta tecnología en la educación dental.

No es reciente la incorporación de tecnologías a la educación dental, la constante actualización de conocimientos demanda cambios en la enseñanza con el fin de que la innovación mantenga su rumbo; lo considerado como nuevo en la actualidad se tornará cotidiano en el futuro. La odontología, como toda profesión en salud, tiene base en el refinamiento del conocimiento y la mejora de las prácticas y protocolos laborales con el objetivo de que el servicio a brindar logre, con cada renovación, una satisfacción más integral de las necesidades del paciente. Es por ello que la introducción de tecnologías actuales e innovadoras a la enseñanza dental adquiere suma importancia, es una inversión para que la salud y la tecnología vean acompañada su innovación, que generen beneficios recíprocos y se contribuya con la preparación de los estudiantes dentales en el manejo óptimo de las tecnologías que brinda la actualidad para la atención en salud oral.

La presente investigación tuvo como objetivo resumir información referente al uso de la tecnología diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM) dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de la educación dental

Métodos

Se realizó una búsqueda sistematizada a fin de recolectar información publicada en relación al uso de la tecnología de diseño y fabricación asistida por computadora (CAD/CAM), para la enseñanza en la educación dental. La indagación de fuentes se

realizó entre los meses de mayo y junio del 2020 e implicó las bases de datos MEDLINE y SciELO así como el buscador Google Académico. La temporalidad de las fuentes de información fue limitada a los últimos cinco años (periodo 2015-2020) a fin de obtener información actualizada. Las palabras o términos clave tomados en cuenta fueron: “diseño asistido por computadora”, “CAD/CAM” “enseñanza”, “educación dental” y “educación en odontología”. Los términos en inglés fueron: “Computer-Aided Design”, “CAD-CAM”, “teaching” y “dental education”. La conjugación de términos priorizó la permanencia de los términos “CAD/CAM” y “Computer-Aided Design” a fin de no desviar la información obtenida por los motores de búsqueda.

La exploración y selección de fuentes se realizó mediante el análisis de sus títulos y resúmenes, para ello se tuvo en cuenta que dichas fuentes de información cubrieran algunos de los siguientes aspectos: definición y usos, viabilidad en la educación dental, perspectiva estudiantil, ventajas y desventajas; también se tomó en cuenta que, dentro los criterios mencionados, se realizaran comparaciones respecto a la metodología tradicional de enseñanza dental. De esta manera, fueron seleccionadas únicamente 36 publicaciones de los más de 400 resultados obtenidos inicialmente. La primera revisión involucró la lectura y análisis de los títulos y resúmenes para categorizarlas dependiendo del tipo de información que sería extraída de ellas. Posteriormente, se realizó la lectura de la totalidad de los documentos y la extracción de información considerada valiosa.

Análisis e integración de la información

Ventajas de implementar el CAD/CAM en la educación dental

La creación de modelos dentales mediante el uso de la tecnología CAD/CAM se diferencia de los métodos convencionales, tanto en la toma de impresiones como en la fabricación de los modelos, ya que, al utilizar escáneres extra- o intraorales y maquinaria de impresión 3D, no se precisa la toma manual de la impresión con el uso de materiales como el alginato o la silicona ni depende de la destreza manual de quien vaya a fabricar el modelo. Considerando lo mencionado, los sistemas de impresión digital en 3D, como otorgan una gran precisión al momento de fabricar el modelo dental,⁽³⁾ hacen de la tecnología CAD/CAM una herramienta idónea para la enseñanza en odontología restauradora y, según *Ruan* y otros,⁽⁶⁾ el paso necesario para superar las desventajas de los métodos tradicionales.

La impresión en 3D mediada por tecnología CAD/CAM significa una revolución en la creación y, por ende, disposición de materiales para la fabricación de modelos dentales más exactos,⁽⁷⁾ además, debido a la gran precisión que esta presenta, ha demostrado contar con favorables parámetros de reproductividad.^(8,9) En consecuencia, la tecnología CAD/CAM ha logrado mejorar significativamente la representación diferenciada de tejidos en los modelos de práctica dental en comparación con los modelos hechos en yeso,⁽¹⁰⁾ y ha generado avances respecto a la estandarización de modelos anatómicos

basados en casos clínicos específicos que, según menciona *Reymus* y otros,⁽¹¹⁾ es una de las grandes carencias que implica realizar prácticas clínicas con pacientes reales. Poder replicar casos clínicos permite que el estudiante se enfrente a situaciones poco comunes o que exigirían la atención inmediata de un profesional, de esta manera logra enriquecer su destreza y rango de conocimientos clínicos; ejemplo de ello es presentado en un artículo publicado por *Reymus* y otros,⁽¹¹⁾ en el que se aborda el uso de modelos dentales 3D basados en casos clínicos para el entrenamiento manual.

Es necesario mencionar que el empleo de la tecnología CAD/CAM para el modelado de réplicas dentales permite un aprendizaje simple, intuitivo⁽¹²⁾ y, por ende, más veloz. En un estudio realizado por *Zitzmann* y otros⁽¹³⁾ se obtuvo que el tiempo que le toma a los estudiantes para aprender cómo usar escáneres intraorales (EI) en la toma de impresiones dentales es menor en comparación con el que les toma para llegar al mismo nivel de habilidad con el uso de técnicas convencionales de impresión. Esto indica que el aprendizaje de los estudiantes se ve potenciado por el uso de esas tecnologías, que su uso promueve el pensamiento crítico y, a la par, facilita la labor docente. Además, al tratarse de archivos digitales, los modelos realizados en programas CAD/CAM pueden ser almacenados y transferidos,⁽¹⁴⁾ lo que significa una gran oportunidad para el intercambio de diseños entre centros educativos y un paso más hacia la estandarización de la educación dental.

La tecnología CAD/CAM permite que, en cierta medida se pueda automatizar el proceso de calificación de los modelados mediante el uso de *software* computarizados que destacan por su precisión⁽¹⁵⁾ y objetividad;⁽¹⁶⁾ ya que, al ser un programa el encargado de estimar en una escala numérica las diferencias existentes entre el modelo presentado por el estudiante y el establecido como referencia mediante el escaneo digital, se logran eliminar disparidades entre opiniones tanto de docentes como de estudiantes. *McPherson* y otros⁽¹⁵⁾ demostraron que el uso de *software* computarizados para la evaluación de encerados dentales hechos por estudiantes de odontología es repetible y más preciso que la calificación manual.

Asimismo, esta tecnología puede ser utilizada para la simulación de prácticas destinadas al autoaprendizaje,⁽¹⁷⁾ mediante el uso de tecnologías que emplean la simulación de estímulos hápticos de manera virtual y, por consiguiente, promueven la adquisición y desarrollo de habilidades psicomotoras en el estudiante.⁽¹⁴⁾ Los simuladores hápticos permiten que el estudiante evalúe y rectifique su accionar en función del análisis y forma de interpretación de los estímulos que la máquina le brinde. La promoción del acto análisis-respuesta durante el proceso perioperatorio resulta beneficioso para el desarrollo de cualidades útiles en cirugía, como la disminución del tiempo de reacción frente a complicaciones y el aumento de la coordinación oculomotora.

Desventajas de implementar el CAD/CAM en la educación dental

En la actualidad, la tecnología CAD/CAM aún se encuentra en una fase de incorporación a la educación dental, ello supone que las metodologías pedagógicas diseñadas con el

fin de incorporarla al currículo educativo aún no han llegado a generar estándares aceptados para dicho fin, en consecuencia, no se logra un aprovechamiento óptimo del CAD/CAM en la educación dental. A ello se suma el hecho de que, como menciona *Karl* y otros,⁽¹⁸⁾ no es del todo sencillo encontrar recursos humanos capacitados para la enseñanza mediada por tecnología CAD/CAM, a la par que los recursos financieros requeridos para la adquisición de dicha tecnología suponen un gran gasto para las instituciones. Ello generó, y sigue en cierta medida generando, la lenta incorporación de la tecnología CAD/CAM al currículo estudiantil de muchas universidades.

La incorporación de modelos dentales diseñados e impresos con el uso de tecnología CAD/CAM destinadas a la enseñanza, sumada a la falta de personal capacitado que lleve a cabo el proceso de diseño e impresión de los de modelos 3D o, en su defecto, de la maquinaria necesitada para ello, lleva a que se genere cierta dependencia para con el proveedor de estos modelos; el tiempo de entrega variable o retrasos pueden significar una gran limitante. Este punto se justifica en que la mayor parte del dinero requerido para incorporar dichos modelos se destina a la compra de la maquinaria y a la capacitación de la plana docente.

También se debe tener en cuenta que la cantidad de estudiantes que pueda practicar simultáneamente con el uso de una maquinaria CAD/CAM es limitada y, por tanto, pese a utilizar la rotación por turnos, los grupos deben ser pequeños con el fin de que todos los estudiantes puedan tener un tiempo adecuado para la práctica dentro del horario académico. Además, el trabajar con grupos pequeños asegura que cada uno de los integrantes de este pueda cumplir una determinada función y no se limite a la mera observación. Todo ello conlleva a que la cantidad de maquinaria y docentes requeridos para que una clase práctica promedio pueda desarrollarse efectivamente sea mayor y, por tanto, haya requerido mayor inversión y genere mayores costos.

El mencionado gasto económico no solo representa una gran barrera para la institución que pretende incluir la tecnología CAD/CAM en su currículo, sino que también significa una limitante para el odontólogo graduado que quiera incorporarla en la práctica profesional. Es por tal motivo que el aprendizaje en el uso del CAD/CAM puede, en ciertos casos, tornarse ajeno a la labor odontológica y entrar en la categoría de conocimiento inerte: los saberes adquiridos durante la formación profesional presentan excesivas limitaciones o no pueden ser ejercidos en la práctica laboral.

Uso del CAD/CAM en la educación dental

En un principio la tecnología CAD/CAM vio limitada su aplicación en la educación dental por factores predominantemente económicos. El uso de modelos dentales en 3D como reemplazo de dientes reales en la prácticas clínica resultó ser costoso y a medida que este costo de producción disminuía, la precisión del modelado y tallado lo hacían de manera proporcional.⁽¹⁹⁾ Esto hizo que las facultades que no contaran con un sólido plan de financiamiento vieran restringido su acceso a estas modalidades de enseñanza o, en todo caso, la introducción de las mismas en su currículo no favoreciera en medidas

significativas al aprendizaje de los estudiantes, lo que generó que dicha integración careciese de carácter costo-efectivo.

El conjunto de estudios referentes al CAD/CAM ha significado un paso hacia la aplicación de escáneres intraorales más avanzados, como la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), que ha permitido fabricar réplicas dentales de casos clínicos reales. En 2015, *Bilgin* y otros⁽²⁰⁾ pronosticaron el uso de la TCHC en reemplazo de los El convencionales cuando se llegue a un manejo completo de la técnica. En la actualidad, la TCHC es un método de escaneo digital que ha comprobado su viabilidad y es ampliamente usado mediante tecnologías CAD/CAM en las fases iniciales del modelado dental.

Con el pasar de los años, el costo de inversión, inicialmente considerado una gran desventaja, se ha visto inmerso en un continuo declive, llevando así a una merma significativa de ese gran obstáculo para su aplicación.⁽¹¹⁾ De esta manera, la costo-efectividad del uso de tecnologías CAD/CAM en la enseñanza de los diferentes ámbitos de la odontología clínica restauradora ha aumentado. El criterio de costo-efectividad ha ratificado la valía en diferentes estudios, demostrando que las tecnologías CAD/CAM pueden ser utilizadas para la enseñanza en fabricación de prótesis definitivas,⁽²¹⁾ a fin de potenciar el entendimiento de estudiantes en etapa preclínica⁽¹³⁾ sobre los preparados dentales mediante ejercicios clínicos,⁽²²⁾ para la creación de modelos de práctica educativos,⁽²³⁾ en procesos endodónticos^(11,14) y quirúrgicos,⁽²⁴⁾ recrear tratamientos de traumas craneofaciales de casos basados en pacientes reales⁽²⁵⁾ y en cirugía oromaxilofacial,⁽⁶⁾ entre otros.

A fin de ejemplificar cómo la tecnología CAD/CAM se ha integrado y evolucionado en la educación dental, se sintetizan algunos casos específicos en los que se ha implementado exitosamente dicha forma de enseñanza ([Tabla 1](#)).^(26,27,28,29,30,31)

Perspectiva estudiantil del uso del CAD/CAM en la educación dental

Es plausible afirmar que el éxito o fracaso que tenga la incorporación de una nueva técnica de enseñanza dentro de un marco pedagógico dependerá considerablemente del grado de aceptación que muestren los estudiantes frente a ella. Por consiguiente, la perspectiva de los estudiantes de odontología respecto a qué tan favorable es el uso de las tecnologías CAD/CAM para su aprendizaje será angular al momento de tomar una decisión referente al uso de estas. La [tabla 2](#) ofrece una breve mención de los resultados de estudios que han recolectado perspectivas estudiantiles respecto a la tecnología CAD/CAM luego de haberla implementado.^(32,33,34,35,36)

Conclusiones

El CAD/CAM ayuda a que la calificación que se otorga a los estudiantes adquiera un mayor grado de objetividad, por cuanto se basa en la comparación del trabajo presentado con uno previamente diseñado y almacenado en la base de datos del sistema. Su implementación se ha visto fuertemente limitada en un inicio por el alto costo de la maquinaria y adaptación de las instalaciones necesarias para su funcionamiento, así como por el gasto que se requiere. Los estudiantes parecen presentar una gran aceptación frente al empleo de la tecnología CAD/CAM en su aprendizaje, debido a que la perciben como fácil de usar y esto, a su vez, supone ahorrar tiempo. Además, suelen presentar altas expectativas para el uso futuro del CAD/CAM en su etapa laboral o de posgrado, según corresponda.

Referencias bibliográficas

1. Reymus M, Fotiadou C, Hickel R, Diegritz C. 3D-printed model for hands-on training in dental traumatology. *Int Endod J*. 2018;51(11):1313-9. PMID: [29729097](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29729097/)
2. Matta AK, Ranga Raju D, Suman KNS. The Integration of CAD/CAM and Rapid Prototyping in Product Development: A Review. *Mater Today Proc*. 2015;2(4-5):3438-45. DOI: [10.1016/j.matpr.2015.07.319](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2015.07.319)
3. Medina-Sotomayor P, Ordóñez P, Ortega G. Accuracy of Intraoral Digital Impression Systems in Restorative Dentistry: A Review of the Literature. *Odovtos - Int J Dent Sci*. 2020 [acceso: 09/06/2020]; 23(1). Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/Odontos/article/view/41442/41891>
4. López MM. Desarrollo de un tutorial interactivo en línea para la aplicación de software libre a los procesos CAD - CAM para la educación superior. Departamento de Investigación y Postgrados. 2015. [acceso: 09/06/2020]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1565>
5. Pérez-Rodríguez R, Simeón-Monet RE. La gestión de la innovación en el centro de estudios CAD/CAM / Innovation management at the CAD/CAM study center. 2019 [acceso: 09/06/2020]; 25(4):22-35. Disponible en: <http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/view/1152/1259>
6. Ruan M, Ji T, Zhang C-P. Applications of 3D Printing Technology in Teaching of Oromaxillofacial. *Head and Neck Surgical Oncology*. 2016;25(6):762-5. PMID: [28275808](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28275808/)

7. Mainjot AK, Dupont NM, Oudkerk JC, Dewael TY, Sadoun MJ. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J Dent Res.* 2016;95(5):487-95. PMID: [26933136](#)
8. Goodacre BJ, Goodacre CJ, Baba NZ, Kattadiyil MT. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques. *J Prosthet Dent.* 2016;116(2):249-56. DOI: [10.1016/j.prosdent.2016.02.017](#)
9. Matamoros-Carranza MH. Impresión 3D para registro de modelos como alternativa a la técnica convencional. 2019. [acceso: 09/06/2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40342>
10. Hohne C, Schwarzbauer R, Schmitter M. 3D Printed Teeth with Enamel and Dentin Layer for Educating Dental Students in Crown Preparation. *J Dent Educ.* 2019;83. PMID: [31451556](#)
11. Reymus M, Fotiadou C, Kessler A, Heck K, Hickel R, Diegritz C. 3D printed replicas for endodontic education. *Int Endod J.* 2019;52(1):123-30. PMID: [29900562](#)
12. Macías F. La tecnología CAD/CAM en la consulta dental. *Rev Oper Dent y Biomater.* 2015 [acceso: 09/06/2020]; 4(1):1-13. Disponible en: <https://www.odontologos.mx/publicaciones/publicaciones/3-vol-3-N3-CAD-CAM.pdf>
13. Zitzmann N, Kovaltschuk I, Lenherr P, Dedem P, Joda T. Dental Students' Perceptions of Digital and Conventional Impression Techniques: A Randomized Controlled Trial. *J Dent Educ.* 2017;81(10):1227-32. PMID: [28966188](#)
14. Shah P, Chong BS. 3D imaging, 3D printing and 3D virtual planning in endodontics. *Clin Oral Investig.* 2018;22(2):641-54. PMID: [29330656](#)
15. McPherson KR, Mennito AS, Vuthiganon J, Kritzas YG, McKinney RA, Wolf BJ, *et al.* Utilizing self-assessment software to evaluate student wax-ups in dental morphology. *J Dent Educ.* 2015;79(6):697-704. PMID: [26034035](#)
16. Sly M, Barros J, Streckfus C, Arriaga D, Patel S. Grading Class I Preparations in Preclinical Dental Education: E4D Compare Software vs. the Traditional Standard. *J Dent Educ.* 2017;81(12):1457-62. PMID: [29196334](#)
17. Park C, Sheinbaum J, Tamada Y, Chandiramani R, Lian L, Lee C, *et al.* Dental Students' Perceptions of Digital Assessment Software for Preclinical Tooth Preparation Exercises. *J Dent Educ.* 2017 [acceso: 09/06/2020]; 81(5):597-603. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.21815/JDE.016.015>
18. Karl M, Franz M, Grobecker-Karl T, Scheib M. Pilot study on the effectiveness and students' attitude towards undergraduate training provided by industry. *Eur J Dent Educ.* 2018;22(3):174-8. PMID: [29131460](#)

19. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation. *J Prosthodont Res.* 2016;60(2):72-84. DOI: [10.1016/j.jpor.2016.01.003](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2016.01.003)
20. Bilgin MS, Erdem A, Aglarci OS, Dilber E. Fabricating Complete Dentures with CAD/CAM and RP Technologies. *J Prosthodont.* 2015;24(7):576-9. PMID: [26032438](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26032438/)
21. Lin WS, Chou JC, Metz MJ, Harris BT, Morton D. Use of intraoral digital scanning for a CAD/CAM-fabricated milled bar and superstructure framework for an implant-supported, removable complete dental prosthesis. *J Prosthet Dent.* 2015;113(6):509-15. DOI: [10.1016/j.prosdent.2015.01.014](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.01.014)
22. Boonsiriphant P, Al-Salihi Z, Holloway JA, Schneider GB. The Use of 3D Printed Tooth Preparation to Assist in Teaching and Learning in Preclinical Fixed Prosthodontics Courses. *J Prosthodont.* 2018 [acceso: 09/06/2020]; 28(2):e545-7. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.12918>
23. Lichtenberger JP, Tatum PS, Gada S, Wyn M, Ho VB, Liacouras P. Using 3D Printing (Additive Manufacturing) to Produce Low-Cost Simulation Models for Medical Training. *Mil Med.* 2018;183(April):73-7. PMID: [29635555](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29635555/)
24. Hanisch M, Kroeger E, Dekiff M, Timme M, Kleinheinz J, Dirksen D. 3D-Printed Surgical Training Model Based on Real Patient Situations for Dental Education. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 [acceso: 09/06/2020]; 17(8):1-11. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/8/2901>
25. Kröger E, Dekiff M, Dirksen D. 3D printed simulation models based on real patient situations for hands-on practice. *Eur J Dent Educ.* 2016;21(4):e119-25. PMID: [27470072](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27470072/)
26. Schweyen R, Beuer F, Bochsankl M, Hey J. Implementing a new curriculum for computer-assisted restorations in prosthetic dentistry. *Eur J Dent Educ.* 2017;22(2):e237-47. PMID: [28653464](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28653464/)
27. Afshari F, Sukotjo C, Alfaro M, McCombs J, Campbell S, Knoernschild K, *et al.* Integration of Digital Dentistry into a Predoctoral Implant Program: Program Description, Rationale, and Utilization Trends. *J Dent Educ.* 2017;81(08):986-94. PMID: [28765443](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28765443/)
28. Werz SM, Zeichner SJ, Berg BI, Zeilhofer HF, Thieringer F. 3D Printed Surgical Simulation Models as educational tool by maxillofacial surgeons. *Eur J Dent Educ.* 2018 [acceso: 09/06/2020]; 22(3):e500-5. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eje.12332>
29. Prager MC, Liss H. Assessment of Digital Workflow in Predoctoral Education and Patient Care in North American Dental Schools. *J Dent Educ.* 2019;84(3):350-7. PMID: [32176346](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32176346/)

30. Höhne C, Schmitter M. 3D Printed Teeth for the Preclinical Education of Dental Students. *J Dent Educ.* 2019;83(9):1100-6. PMID: [31133619](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31133619/)
31. Höhne C, Dickhaut N, Schmitter M. Introduction of a new teaching concept for dentin post preparation with 3D printed teeth. *Eur J Dent Educ.* 2020 [acceso: 09/06/2020]; 24(3):499-506. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eje.12528>
32. Marti AM, Harris BT, Metz MJ, Morton D, Scarfe WC, Metz CJ, *et al.* Comparison of digital scanning and polyvinyl siloxane impression techniques by dental students: instructional efficiency and attitudes towards technology. *Eur J Dent Educ.* 2016 [acceso: 09/06/2020]; 21(3):200-5. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/eje.12201>
33. El-Kerdani T. Preclinical Course in Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing (CAD/CAM) Digital Dentistry: Introduction, Technology and Systems Evaluation, and Exercise. *MedEdPORTAL.* 2016 [acceso: 09/06/2020]; 12(1):1-7. Disponible en: https://www.mededportal.org/doi/pdf/10.15766/mep_2374-8265.10487
34. Zimmermann M, Mörmann W, Mehl A, Hickel R. Teaching dental undergraduate students restorative CAD/CAM technology: evaluation of a new concept. *Int J Comput Dent.* 2019;22(3):263-71. PMID: [31463490](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31463490/)
35. Ahmed KE, Wang T, Li KY, Luk WK, Burrow MF. Performance and perception of dental students using three intraoral CAD/CAM scanners for full-arch scanning. *J Prosthodont Res.* 2019;63(2):167-72. DOI: [10.1016/j.jpor.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.jpor.2018.11.003)
36. Schlenz MA, Michel K, Wegner K, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. Undergraduate dental students' perspective on the implementation of digital dentistry in the preclinical curriculum: a questionnaire survey. *BMC Oral Health.* 2020 [acceso: 09/06/2020]; 20(1):1-10. Disponible en: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-020-01071-0>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Ivo Luna Mazzola: Conceptualización de la idea, desarrollo del diseño, administró el trabajo, obtuvo los recursos informáticos, preparó la visualización del manuscrito, creó y redactó el manuscrito, revisó y editó el manuscrito final

Yuri Castro-Rodríguez: Conceptualización de la idea, desarrollo del diseño, administró el trabajo, obtuvo los recursos informáticos, preparó la visualización del manuscrito, creó y redactó el manuscrito, revisó y editó el manuscrito final.