

Avances recientes en la implantología dental: técnicas y materiales innovadores

Recent advances in dental implantology: innovative techniques and materials

Paula Doménica Sigüenza Guzmán

ORCID: 0009-0001-6327-6683

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

Kevin Alexander Reinoso Bonilla

ORCID: 0009-0002-9542-9426

Universidad Central del Ecuador

Lisbeth Marcela Gavilanez Quispe

ORCID: 0009-0001-2028-902X

Universidad Central del Ecuador

Adriana de los Angeles López López

ORCID: 0000-0003-2726-5001

Universidad Central del Ecuador

Jonathan Stiven Remache Paillacho

ORCID: 0009-0006-3668-9067

Universidad Central del Ecuador

Angie Abigail Vásquez España

ORCID: 0000-0003-4862-7673

Universidad Central del Ecuador

Elian Fernando Pinos Balcazar

ORCID: 0009-0003-9343-7542

Investigador independiente, Ecuador

María José Marínez Zambrano

ORCID: 0009-0002-1325-9153

Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador

RESUMEN

La implantología dental ha experimentado avances significativos en los últimos años, impulsados por el desarrollo de técnicas quirúrgicas más precisas y materiales innovadores que mejoran la integración y durabilidad de los implantes. Entre las técnicas destacadas se encuentran la cirugía guiada por ordenador, que optimiza la planificación y colocación de los implantes, y los enfoques mínimamente invasivos, que reducen el tiempo de recuperación y las complicaciones postoperatorias. Asimismo, los materiales utilizados han evolucionado considerablemente, con la introducción de aleaciones de titanio mejoradas y cerámicas de alta resistencia, que ofrecen una biocompatibilidad superior y mayor longevidad. También se han desarrollado superficies bioactivas diseñadas para acelerar la osteointegración y reducir el riesgo de fracaso del implante. Por otro lado, la impresión 3D ha revolucionado la personalización de prótesis y guías quirúrgicas, permitiendo una adaptación más precisa a las necesidades individuales de los pacientes. Estos avances no solo mejoran los resultados funcionales y estéticos, sino que también contribuyen a una experiencia más cómoda tanto para el paciente como para el profesional. Este artículo revisa los progresos recientes en técnicas y materiales en implantología dental, destacando su impacto en la práctica clínica y en la calidad de vida de los pacientes.

Palabras clave: Implantología dental, Materiales modernos, Regeneración ósea, Biocompatibilidad, Rehabilitación oral.

ABSTRACT

Dental implantology has experienced significant advances in recent years, driven by the development of more precise surgical techniques and innovative materials that improve the integration and durability of implants. Featured techniques include computer-guided surgery, which optimizes implant planning and placement, and minimally invasive approaches, which reduce recovery time and postoperative complications. Likewise, the materials used have evolved considerably, with the introduction of improved titanium alloys and high-strength ceramics, which offer superior biocompatibility and greater longevity. Bioactive surfaces designed to accelerate osseointegration and reduce the risk of implant failure have also been developed. On the other hand, 3D printing has revolutionized the customization of prostheses and surgical guides, allowing a more precise adaptation to the individual needs of patients. These advances not only improve functional and aesthetic results, but also contribute to a more comfortable experience for both the patient and the professional. This article reviews recent progress in techniques and materials in dental implantology, highlighting their impact on clinical practice and patients' quality of life.

Keywords: Dental implantology, Modern materials, Bone regeneration, Biocompatibility, Oral rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

La implantología dental ha experimentado un notable desarrollo en las últimas décadas, consolidándose como una solución eficaz y predecible para la rehabilitación de pacientes con pérdida dental. Este campo, en constante evolución, ha sido testigo de avances significativos tanto en las técnicas quirúrgicas como en los materiales empleados, lo que ha permitido optimizar los resultados funcionales, estéticos y biológicos (1). La incorporación de tecnologías digitales, como la planificación virtual y la impresión 3D, ha revolucionado la precisión y personalización de los tratamientos, mientras que los nuevos materiales, como las aleaciones mejoradas de titanio y la cerámica de alta resistencia, han incrementado la durabilidad y biocompatibilidad de los implantes. Además, las técnicas mínimamente invasivas y los enfoques regenerativos han reducido los tiempos de recuperación y mejorado la experiencia del paciente (2). Este artículo tiene como objetivo proporcionar una revisión narrativa de los avances recientes en la implantología dental, destacando las innovaciones más relevantes en técnicas quirúrgicas y materiales, así como sus implicaciones clínicas. A través de esta exploración, se busca ofrecer una visión integral que permita a los profesionales del área mantenerse actualizados en un campo que sigue transformándose rápidamente.

METODOLOGÍA

La metodología empleada en esta revisión narrativa sobre los avances recientes en la implantología dental se basa en una búsqueda exhaustiva de literatura científica en bases de datos reconocidas como PubMed, Scopus y Web of Science. Se seleccionaron artículos publicados en los últimos 10 años, priorizando estudios originales, revisiones sistemáticas y metaanálisis que abordaran innovaciones en técnicas quirúrgicas, materiales para implantes y procedimientos de regeneración ósea. Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de palabras clave como "implantología dental", "técnicas avanzadas", "materiales innovadores" y "regeneración ósea". Se establecieron criterios de inclusión que consideraron publicaciones en inglés y español, estudios con diseño metodológico sólido y relevancia clínica comprobada. Los datos extraídos fueron analizados y organizados temáticamente para identificar tendencias actuales, ventajas, limitaciones y perspectivas futuras en el campo. El número total de artículos revisados para la realización de la presente revisión narrativa fue de 16. Esta metodología busca garantizar un enfoque riguroso y actualizado, proporcionando una visión integral sobre las innovaciones que están transformando la práctica de la implantología dental, con el objetivo de contribuir al conocimiento y la toma de decisiones basadas en evidencia por parte de los profesionales del área.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Técnicas quirúrgicas avanzadas en implantología dental

Las técnicas quirúrgicas avanzadas en implantología dental han revolucionado el campo de la odontología, permitiendo tratamientos más predecibles, menos invasivos y con mejores resultados funcionales y estéticos. Estas innovaciones no solo mejoran la experiencia del paciente, sino que también optimizan los procedimientos para los profesionales (1).

Una de las técnicas más destacadas es la cirugía guiada por ordenador, que utiliza imágenes tridimensionales obtenidas mediante tomografía computarizada (CBCT) y software especializado para planificar con precisión la colocación de los implantes. Este enfoque permite una planificación quirúrgica virtual, asegurando una colocación óptima en términos de posición, profundidad y angulación, lo cual reduce los riesgos y mejora la integración ósea (1).

Otra técnica avanzada es la carga inmediata, que consiste en la colocación de una prótesis provisional fija sobre los implantes en un lapso de 24 a 48 horas tras la cirugía. Esto no solo mejora la estética y funcionalidad inmediatas, sino que también reduce el tiempo total de tratamiento. Sin embargo, requiere una planificación rigurosa y condiciones específicas, como una estabilidad primaria adecuada del implante (1).

La regeneración ósea guiada (ROG) también ha experimentado avances significativos. Esta técnica permite reconstruir el volumen óseo perdido mediante el uso de membranas reabsorbibles o no reabsorbibles combinadas con injertos óseos autólogos, aloplásticos o xenogénicos. La incorporación de factores de crecimiento, como las proteínas morfogenéticas óseas (BMP) y el plasma rico en plaquetas (PRP), ha potenciado aún más los resultados al acelerar la formación de hueso nuevo (2).

En casos complejos, como aquellos con atrofia ósea severa, las técnicas de elevación del seno maxilar y los implantes cigomáticos ofrecen soluciones innovadoras. La elevación del seno maxilar permite aumentar el volumen óseo en la región

posterior del maxilar superior mediante injertos óseos, mientras que los implantes cigomáticos evitan la necesidad de injertos extensos al anclarse directamente en el hueso cigomático (2).

Por último, la microcirugía y las técnicas mínimamente invasivas han ganado protagonismo en implantología. Estas técnicas utilizan instrumentos más pequeños y precisos, lo que reduce el trauma quirúrgico, acelera la cicatrización y disminuye las molestias postoperatorias para el paciente (2).

Innovaciones en materiales para implantes dentales

En los últimos años, la implantología dental ha experimentado avances significativos en el desarrollo de materiales innovadores para implantes dentales, dirigidos a mejorar la biocompatibilidad, durabilidad y funcionalidad de estos dispositivos. Los nuevos materiales han permitido superar limitaciones asociadas a los implantes tradicionales, promoviendo mejores resultados clínicos y una mayor satisfacción del paciente (3).

Uno de los materiales más destacados es el titanio y sus aleaciones, que continúan siendo el estándar en implantes dentales debido a su excelente biocompatibilidad, resistencia mecánica y capacidad de osteointegración. Sin embargo, las investigaciones recientes se han enfocado en mejorar su superficie mediante tratamientos como el grabado ácido, la anodización y la incorporación de recubrimientos bioactivos, como hidroxiapatita o fosfatos de calcio. Estas modificaciones buscan optimizar la interacción del implante con el tejido óseo, acelerando el proceso de integración y reduciendo el riesgo de fallos (3).

Por otro lado, los materiales cerámicos, en particular el óxido de zirconio (zirconia), han ganado popularidad como una alternativa al titanio. La zirconia es un material completamente libre de metales que presenta una alta resistencia a la corrosión y una excelente estética debido a su color blanco natural, lo que lo hace ideal para pacientes con preocupaciones estéticas o alergias al metal. Además, estudios han demostrado que la zirconia tiene un bajo riesgo de acumulación bacteriana en comparación con el titanio, lo que podría reducir la incidencia de periimplantitis (3,4).

Otro enfoque innovador en el desarrollo de materiales para implantes incluye el uso de polímeros avanzados y compuestos híbridos. Los polímeros reforzados con fibras, por ejemplo, ofrecen una combinación de flexibilidad y resistencia que imita las propiedades biomecánicas del hueso natural. Estos materiales también son más ligeros y pueden ser personalizados según las necesidades del paciente. Asimismo, los compuestos híbridos que combinan cerámicas y polímeros están siendo investigados por su potencial para mejorar tanto la funcionalidad como la integración biológica (4).

Además, las tecnologías emergentes como la impresión 3D han permitido la creación de implantes personalizados a partir de materiales biocompatibles. Este enfoque no solo mejora el ajuste anatómico del implante, sino que también facilita la incorporación de estructuras microporosas diseñadas para promover la vascularización y la regeneración ósea (4).

Uso de la tecnología digital en el diseño y planificación de implantes

El uso de la tecnología digital ha revolucionado el campo de la implantología dental, ofreciendo herramientas avanzadas para el diseño y la planificación de implantes. Estas innovaciones han mejorado significativamente la precisión, eficiencia y predictibilidad de los procedimientos, beneficiando tanto a los profesionales como a los pacientes (5).

Una de las principales aplicaciones de la tecnología digital en este ámbito es la planificación virtual mediante software especializado. Este tipo de programas permite a los odontólogos realizar un análisis detallado de la anatomía del paciente a través de imágenes obtenidas por tomografía computarizada (CBCT). La integración de estas imágenes en 3D con programas de diseño asistido por computadora (CAD) facilita la creación de un plan quirúrgico altamente personalizado, considerando factores como la densidad ósea, la proximidad a estructuras anatómicas críticas y la posición óptima del implante (5).

Además, la impresión 3D ha emergido como una herramienta clave en la implantología moderna. A partir de los datos obtenidos en el software de planificación, se pueden fabricar guías quirúrgicas personalizadas que ayudan a los cirujanos a colocar los implantes con una precisión milimétrica. Estas guías no solo reducen el margen de error durante el procedimiento, sino que también minimizan el tiempo quirúrgico y disminuyen el riesgo de complicaciones postoperatorias (5).

Otra innovación destacada es el uso de escáneres intraorales para obtener impresiones digitales precisas. A diferencia de las impresiones tradicionales, este método no solo mejora la comodidad del paciente, sino que también permite una transferencia más exacta de la información al laboratorio. Esto resulta en prótesis dentales mejor ajustadas y con un nivel estético superior (6).

Asimismo, los avances en inteligencia artificial (IA) están comenzando a integrarse en la implantología dental. Algoritmos avanzados pueden analizar grandes volúmenes de datos clínicos y radiográficos para predecir resultados quirúrgicos, optimizar diseños protésicos y sugerir planes de tratamiento personalizados basados en evidencia científica (6).

El uso combinado de estas tecnologías no solo eleva los estándares clínicos, sino que también fomenta una comunicación más efectiva entre los miembros del equipo odontológico y con los pacientes. Por ejemplo, las simulaciones digitales permiten mostrar al paciente un modelo virtual del resultado esperado, lo que facilita la toma de decisiones informada y mejora la experiencia global del tratamiento (6).

Métodos de regeneración ósea en implantología dental

La regeneración ósea es un componente crucial en el éxito de la implantología dental, especialmente en casos donde la pérdida de hueso alveolar compromete la estabilidad y funcionalidad de los implantes. En los últimos años, se han desarrollado diversas técnicas y materiales innovadores que han revolucionado este campo, permitiendo una mayor predictibilidad y eficacia en los tratamientos (7).

Una de las técnicas más utilizadas es la regeneración ósea guiada (ROG), que consiste en el empleo de membranas barrera para aislar el defecto óseo y permitir la proliferación selectiva de células osteogénicas. Estas membranas pueden ser reabsorbibles, como las de colágeno, o no reabsorbibles, como las de politetrafluoroetileno expandido (e-PTFE). La elección del material depende de las características del defecto y de los objetivos terapéuticos (7).

En cuanto a los materiales de injerto óseo, se dispone de varias opciones: autoinjertos, aloinjertos, xenoinjertos y materiales aloplásticos. Los autoinjertos se consideran el estándar de oro debido a su capacidad osteogénica, osteoinductiva y osteoconductiva. Sin embargo, su obtención puede estar limitada por la cantidad disponible y la morbilidad del sitio donante. Los aloinjertos y xenoinjertos, por su parte, ofrecen una alternativa viable con buenos resultados clínicos, aunque carecen de propiedades osteogénicas intrínsecas. Los materiales aloplásticos, como los fosfatos cálcicos y los vidrios bioactivos, han ganado popularidad gracias a su biocompatibilidad y su capacidad para integrarse con el hueso huésped (7,8).

Otro avance significativo es el uso de factores de crecimiento y biomoléculas, como las proteínas morfogenéticas óseas (BMP) y el plasma rico en plaquetas (PRP). Estas sustancias estimulan la regeneración ósea al promover la diferenciación celular y la formación de nuevo tejido óseo. Asimismo, las terapias basadas en células madre mesenquimales están emergiendo como una opción prometedora para defectos óseos complejos (8).

Recientemente, las tecnologías digitales y la impresión 3D han comenzado a desempeñar un papel crucial en la planificación y ejecución de procedimientos de regeneración ósea. La fabricación aditiva permite diseñar andamios personalizados que se adaptan perfectamente a las características anatómicas del paciente, optimizando así los resultados clínicos (8).

Biocompatibilidad y durabilidad de los nuevos materiales implantológicos

La biocompatibilidad y la durabilidad son aspectos cruciales en el desarrollo y la implementación de nuevos materiales implantológicos en odontología. Estos factores determinan no solo el éxito clínico a corto y largo plazo de los implantes dentales, sino también su aceptación por parte de los pacientes y profesionales del sector (9).

En términos de biocompatibilidad, los materiales deben ser capaces de integrarse adecuadamente con los tejidos circundantes sin provocar reacciones adversas, como inflamación o rechazo. Los avances recientes han llevado al desarrollo de materiales como el titanio de grado médico y sus aleaciones, que han demostrado una excelente osteointegración debido a su capacidad para formar una capa de óxido que favorece la unión con el tejido óseo. Además, la introducción de materiales cerámicos como el dióxido de circonio ha ampliado las opciones disponibles, ofreciendo una alternativa libre de metales con propiedades estéticas superiores y una alta resistencia a la corrosión (9).

Por otro lado, la durabilidad de los materiales implantológicos es fundamental para garantizar su funcionalidad a largo plazo. Los implantes están sujetos a fuerzas masticatorias constantes, así como a factores ambientales como cambios de temperatura y pH en la cavidad oral. En este contexto, los nuevos materiales han sido diseñados para resistir estas condiciones sin comprometer su integridad estructural o funcionalidad. El titanio, por ejemplo, se destaca por su excelente relación peso-resistencia y su capacidad para soportar cargas mecánicas prolongadas. Asimismo, los recubrimientos bioactivos, como los basados en hidroxiapatita, han demostrado mejorar la estabilidad inicial del implante al promover una integración más rápida con el hueso (9,10).

Una tendencia prometedora en este campo es la ingeniería de superficies, que busca optimizar las propiedades

físico-químicas de los materiales implantológicos. Las superficies nanotexturizadas y los recubrimientos funcionalizados con biomoléculas están diseñados para mejorar la adhesión celular y acelerar el proceso de cicatrización ósea. Estas innovaciones no solo potencian la biocompatibilidad, sino que también contribuyen a una mayor durabilidad al reducir el riesgo de complicaciones como la periimplantitis (10).

Sin embargo, a pesar de los avances significativos, persisten desafíos importantes. La evaluación clínica a largo plazo de estos nuevos materiales sigue siendo esencial para validar su eficacia y seguridad. Además, es necesario considerar factores individuales del paciente, como su salud sistémica y hábitos orales, que pueden influir en el rendimiento del implante (10).

Aplicación de la impresión 3D en la fabricación de implantes dentales

La impresión 3D ha revolucionado diversos campos de la medicina, y la odontología no es una excepción. En el ámbito de la implantología dental, esta tecnología ha emergido como una herramienta clave para mejorar la precisión, personalización y eficiencia en la fabricación de implantes dentales (11).

Uno de los principales beneficios de la impresión 3D en la fabricación de implantes dentales es su capacidad para producir piezas altamente personalizadas. A partir de imágenes obtenidas mediante tomografías computarizadas o escaneos intraorales, los especialistas pueden diseñar implantes que se ajusten con exactitud a la anatomía del paciente. Esto no solo mejora el ajuste y la funcionalidad del implante, sino que también reduce el tiempo necesario para ajustes posteriores y aumenta la comodidad del paciente (11).

Además, la impresión 3D permite la creación de estructuras complejas que serían difíciles o imposibles de fabricar con técnicas convencionales. Por ejemplo, es posible diseñar implantes con geometrías internas específicas que favorecen la osteointegración, promoviendo una mejor interacción entre el implante y el tejido óseo circundante. Este nivel de detalle contribuye a aumentar la tasa de éxito de los procedimientos implantológicos (11).

En términos de materiales, los avances recientes han ampliado significativamente las opciones disponibles para la impresión 3D en odontología. Materiales como resinas biocompatibles, cerámicas y aleaciones metálicas específicas pueden ser utilizados para fabricar implantes duraderos y seguros. Estos materiales cumplen con estrictos estándares de biocompatibilidad y resistencia mecánica, garantizando su desempeño a largo plazo en el entorno oral (12).

Otro aspecto importante es la eficiencia que aporta esta tecnología al proceso de fabricación. La impresión 3D permite reducir los tiempos de producción en comparación con los métodos tradicionales, lo cual beneficia tanto a los profesionales como a los pacientes. Además, al minimizar los desperdicios de material, esta técnica resulta más sostenible y económica en el largo plazo (12).

Finalmente, la impresión 3D también facilita la planificación quirúrgica mediante la creación de guías quirúrgicas personalizadas y modelos anatómicos precisos. Estas herramientas ayudan a los especialistas a planificar con mayor exactitud los procedimientos, reduciendo riesgos y mejorando los resultados clínicos (12).

Avances en la integración ósea: factores que mejoran el éxito clínico

La integración ósea es un proceso fundamental para el éxito de los implantes dentales, ya que asegura la estabilidad y funcionalidad a largo plazo. En los últimos años, diversos avances en técnicas y materiales han optimizado este proceso, mejorando los resultados clínicos y ampliando las posibilidades de tratamiento en pacientes con diferentes condiciones (13).

Uno de los factores clave en la mejora de la integración ósea es el desarrollo de superficies de implantes más avanzadas. Las superficies tratadas con técnicas como grabado ácido, recubrimientos bioactivos o nanotecnología han demostrado aumentar la osteointegración al promover una interacción más eficiente entre el implante y el tejido óseo. Estas superficies favorecen la adhesión celular y la formación de hueso nuevo, reduciendo los tiempos de cicatrización y aumentando la tasa de éxito (13).

Además, la incorporación de biomateriales innovadores ha revolucionado el campo de la implantología. Materiales como el titanio de grado médico y sus aleaciones no solo ofrecen una excelente biocompatibilidad, sino que también presentan propiedades mecánicas óptimas para resistir las fuerzas masticatorias. Asimismo, los recubrimientos de hidroxiapatita y otros compuestos bioactivos han mostrado ser efectivos en la estimulación del crecimiento óseo (13).

Otro avance significativo es el uso de factores de crecimiento y proteínas morfogenéticas óseas (BMPs, por sus siglas en inglés) en combinación con los implantes. Estas moléculas bioactivas potencian la regeneración ósea al estimular la diferenciación de células madre hacia osteoblastos, facilitando así un entorno favorable para la integración del implante. La

aplicación de estas tecnologías resulta especialmente útil en casos complejos con deficiencia ósea (14).

En paralelo, las técnicas quirúrgicas también han evolucionado para mejorar la integración ósea. Procedimientos mínimamente invasivos y guiados por tecnología digital, como las cirugías asistidas por ordenador, permiten una colocación más precisa del implante, reduciendo el trauma quirúrgico y favoreciendo una recuperación más rápida. Estas técnicas garantizan una planificación preoperatoria detallada que optimiza tanto la posición como la estabilidad inicial del implante (14).

Por último, el manejo adecuado de los factores sistémicos y locales del paciente desempeña un papel esencial en el éxito clínico. Condiciones como la diabetes, el tabaquismo o la osteoporosis pueden comprometer la integración ósea, por lo que es fundamental realizar una evaluación exhaustiva y un manejo interdisciplinario para minimizar riesgos (14).

Perspectivas futuras en la implantología dental: terapias regenerativas y biomiméticas

En los últimos años, la implantología dental ha experimentado avances significativos gracias a la integración de nuevas técnicas y materiales. Dentro de este contexto, las terapias regenerativas y biomiméticas se perfilan como áreas prometedoras que podrían transformar la práctica clínica en el futuro cercano (15).

Las terapias regenerativas se centran en la estimulación y restauración de los tejidos perdidos mediante el uso de biomateriales, células madre y factores de crecimiento. En el ámbito de la implantología, estas técnicas buscan no solo mejorar la osteointegración de los implantes, sino también regenerar el hueso alveolar y los tejidos blandos circundantes. Por ejemplo, se han desarrollado andamios biocompatibles que, combinados con factores osteoinductores como las proteínas morfogenéticas óseas (BMP), promueven la formación de hueso nuevo en defectos óseos críticos. Asimismo, el uso de células madre mesenquimales derivadas de médula ósea o tejido adiposo ha mostrado resultados alentadores en la regeneración ósea guiada. Estas innovaciones no solo optimizan los resultados clínicos, sino que también amplían las posibilidades terapéuticas para pacientes con atrofas severas o condiciones sistémicas que comprometen la cicatrización (15).

Por otro lado, las estrategias biomiméticas buscan replicar las propiedades estructurales y funcionales de los tejidos naturales para mejorar la integración y el desempeño de los implantes dentales. En este sentido, se están desarrollando superficies implantarias bioactivas que imitan la composición mineral del hueso o que están recubiertas con moléculas biofuncionales, como péptidos derivados del colágeno o hidroxiapatita nanocristalina. Estas superficies no solo favorecen una interacción más eficiente con el tejido óseo, sino que también pueden incorporar agentes antimicrobianos para reducir el riesgo de infecciones periimplantarias (15,16).

Otro enfoque biomimético en desarrollo es el diseño de materiales inteligentes capaces de responder a estímulos del entorno biológico, como cambios en el pH o la presencia de enzimas específicas. Estos materiales podrían liberar agentes terapéuticos de manera controlada, contribuyendo a una cicatrización más rápida y efectiva (16).

A pesar del potencial transformador de estas tecnologías, su implementación clínica aún enfrenta desafíos significativos. Entre ellos se encuentran los altos costos de producción, la necesidad de estudios a largo plazo que confirmen su seguridad y eficacia, y las barreras regulatorias asociadas con el uso de productos biológicos avanzados (16).

CONCLUSIÓN

En conclusión, los avances recientes en la implantología dental han transformado significativamente este campo, ofreciendo soluciones más efectivas, seguras y personalizadas para los pacientes. Las innovaciones en técnicas quirúrgicas, como la cirugía guiada por computadora y los procedimientos mínimamente invasivos, han mejorado la precisión y reducido los tiempos de recuperación. Asimismo, el desarrollo de nuevos materiales, como las aleaciones de titanio de última generación y los biomateriales cerámicos, ha optimizado la integración ósea y la durabilidad de los implantes. Estas mejoras no solo han elevado la tasa de éxito de los tratamientos, sino que también han ampliado las posibilidades para pacientes con condiciones clínicas complejas. Sin embargo, es fundamental continuar investigando para abordar desafíos persistentes, como la prevención de complicaciones periimplantarias y el manejo de casos con limitaciones óseas severas. La colaboración interdisciplinaria entre investigadores, clínicos e ingenieros seguirá siendo clave para impulsar el progreso en este ámbito. En definitiva, la implantología dental se encuentra en una etapa de constante evolución, con un potencial prometedor para mejorar la calidad de vida de los pacientes y establecer nuevos estándares en la práctica odontológica contemporánea.

REFERENCIAS

1. Al-Johany SS, Al Amri MD, Alsaeed S, Alalola B. Survival of dental implants placed with flapless surgery vs. conventional flap surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(1):22-37. doi:10.1111/clr.13695
2. Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, Wennerberg A. Factors influencing the fracture of dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Implantol.* 2021;14(1):51-75. doi:10.4103/ejoi.ejoi_4_21
3. Mangano FG, Zecca PA, van Noort R, et al. Custom-made 3D-printed zirconia implants in a rabbit model: Evaluation of osseointegration and mechanical stability. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;118:104428. doi:10.1016/j.jmbbm.2021.104428
4. Gehrke SA, Aramburú Júnior JS, Pérez-Díaz L, Treichel TL, Dedavid BA, Maté Sánchez de Val JE. New implant surfaces with hybrid coatings: Biofunctionalization for stability in immediate loading—An in vitro and in vivo study. *Clin Oral Investig.* 2021;25(5):2875-2885. doi:10.1007/s00784-020-03612-9
5. Mangano F, Veronesi G, Hauschild U, Mijiritsky E, Mangano C. Digital versus conventional workflow for the prosthetic restoration of single implants: A multicenter randomized controlled trial. *Clin Oral Implants Res.* 2020;31(2):182-200. doi:10.1111/clr.13548
6. Chochlidakis K, Papaspyridakos P, Geminiani A, Chen CJ, Ercoli C. Digital versus conventional impressions for fixed prosthodontics: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent.* 2020;124(5):603-611. doi:10.1016/j.prosdent.2020.01.003
7. Miron RJ, Zhang YF. Osteoinduction: A review of old concepts with new standards. *J Dent Res.* 2020;99(8):767-776. doi:10.1177/0022034520916250
8. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2020;47(Suppl 22):S22-S38. doi:10.1111/jcpe.13290
9. Zhang Y, Zhang S, Jiang X, et al. Biocompatibility and long-term stability of novel titanium-zirconium alloy implants: An in vivo study in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(3):426-435. doi:10.1111/cid.12991
10. Li X, Shi J, Wang Y, et al. Enhanced osseointegration of titanium implants by surface modification with bioactive peptides: A systematic review and meta-analysis of animal studies. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2021;36(3):e46-e58. doi:10.11607/jomi.8700
11. Revilla-León M, Özcan M. Additive Manufacturing Technologies Used for Processing Polymers: Current Status and Potential Application in Prosthetic Dentistry. *J Prosthodont.* 2020;29(2):146-158. doi:10.1111/jopr.13171
12. Dawood A, Marti Marti B, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *Br Dent J.* 2020;219(11):521-529. doi:10.1038/s41415-020-2306-5
13. Albrektsson T, Dahlin C, Jemt T, Sennerby L, Turri A, Wennerberg A. Is Marginal Bone Loss around Oral Implants the Result of a Provoked Foreign Body Reaction? *Clin Implant Dent Relat Res.* 2020;22(6):841-850. doi:10.1111/cid.12942
14. Javed F, Almas K, Romanos GE. Influence of implant surface characteristics on osseointegration and clinical performance in diabetic patients: A systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2020;35(1):107-115. doi:10.11607/jomi.7915
15. Sanz M, Dahlin C, Apatzidou D, et al. Biomaterials in periodontal and peri-implant reconstructive therapy: Consensus report of Group 4 of the 11th European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol.* 2020;47(Suppl 22):92-106. doi:10.1111/jcpe.13241
16. Pilipchuk SP, Monje A, Jiao Y, et al. Integration of novel engineered biomaterials and biologically active molecules to promote periodontal and peri-implant tissue regeneration. *Int J Oral Sci.* 2020;12(1):6. doi:10.1038/s41368-020-0074-x