Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Planificación quirúrgica virtual en cirugía oral y maxilofacial y traumatología: evolución, aplicaciones clínicas e integración de la inteligencia artificial.

Planificación quirúrgica virtual en cirugía oral y maxilofacial: evolución, aplicaciones clínicas e integración de la inteligencia artificial.

Planificación quirúrgica virtual en cirugía oral y maxilofacial y traumatología: evolución, aplicaciones clínicas e integración de la inteligencia artificial.

Eduardo Franco Sansevero

- Odontólogo egresado de la Universidad de Santo Amaro (1999);
- Especialista en Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología por la Universidad de São Paulo (2004-2006).
- Más de 20 años de experiencia clínica y docente, con más de 3.000 cirugías documentadas de implantes osteointegrados y reconstrucciones complejas.

Resumen

La incorporación de tecnologías digitales ha transformado radicalmente la planificación y ejecución de procedimientos en Cirugía Oral y Maxilofacial. La combinación de tomografía computarizada, planificación quirúrgica virtual, sistemas CAD/CAM, fabricación aditiva y, más recientemente, herramientas basadas en inteligencia artificial, ha ampliado la capacidad de individualizar el tratamiento y favorecido una mayor predictibilidad en los diferentes abordajes quirúrgicos. Estas tecnologías desempeñan un papel fundamental en el manejo de deformidades dentofaciales, traumatismos complejos, reconstrucciones craneofaciales y rehabilitaciones con implantes, permitiendo la integración de datos anatómicos, funcionales y protésicos en un único flujo de trabajo digital.

Si bien los avances tecnológicos son evidentes, su incorporación a la práctica clínica debe analizarse críticamente. Gran parte de la evidencia disponible demuestra beneficios relacionados con la precisión de la planificación, la reproducibilidad de los procedimientos y la reducción de los pasos intraoperatorios. Sin embargo, persisten desafíos asociados con la validación clínica de los algoritmos de inteligencia artificial, la estandarización metodológica de los estudios, los costos de implementación y la necesidad de capacitación especializada de los equipos.

Este artículo presenta una revisión narrativa de la evolución de la planificación quirúrgica virtual en Cirugía Oral y Maxilofacial, analizando los fundamentos tecnológicos que sustentan su aplicación clínica, la evidencia principal disponible en la literatura y el papel emergente de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo a la planificación quirúrgica. Asimismo, aborda las limitaciones actuales de estas tecnologías, sus aspectos éticos y regulatorios, y las perspectivas para su progresiva incorporación a la práctica clínica basada en la evidencia.

Palabras clave: Cirugía oral y maxilofacial y traumatología. Planificación quirúrgica virtual.
Inteligencia artificial. Diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM). Impresión tridimensional.

Abstracto

La incorporación de tecnologías digitales ha transformado profundamente la planificación y ejecución en Cirugía Oral y Maxilofacial. La integración de la tomografía computarizada, la planificación quirúrgica virtual, los sistemas CAD/CAM, la fabricación aditiva y, más recientemente, las herramientas basadas en inteligencia artificial, ha mejorado la individualización del tratamiento y la predictibilidad en una amplia gama de procedimientos quirúrgicos. Estas tecnologías han adquirido una relevancia creciente en el manejo de deformidades dentofaciales, traumatismos faciales complejos, reconstrucción craneofacial y rehabilitación con implantes, al integrar información anatómica, funcional y protésica en un flujo de trabajo digital unificado.

A pesar de estos avances, la adopción clínica de las tecnologías digitales requiere una evaluación crítica. La evidencia actual demuestra consistentemente mejoras en la precisión de la planificación, la reproducibilidad quirúrgica y la optimización del flujo de trabajo intraoperatorio. Sin embargo, persisten importantes desafíos en cuanto a la validación externa de algoritmos de inteligencia artificial y la heterogeneidad metodológica.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Entre los estudios publicados se encuentran los costos de implementación y la necesidad de capacitación profesional especializada.
Esta revisión narrativa analiza la evolución de la planificación quirúrgica virtual en Cirugía Oral y Maxilofacial, destacando sus fundamentos tecnológicos, aplicaciones clínicas actuales, evidencia científica y el papel emergente de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. También se abordan las limitaciones actuales, las consideraciones éticas y las perspectivas futuras para su implementación clínica basada en la evidencia.
Palabras clave: Cirugía oral y maxilofacial. Planificación quirúrgica virtual. Inteligencia artificial.
CAD/CAM. Impresión tridimensional.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital observada en las ciencias de la salud en las últimas décadas ha cambiado la forma en que...
La planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos de alta complejidad es fundamental.
Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología: esta evolución fue impulsada principalmente por
Desarrollo de métodos avanzados de adquisición de imágenes y software de reconstrucción.
sistemas de diseño asistido por ordenador (CAD) tridimensionales
Fabricación asistida por ordenador (CAM) y tecnologías
Fabricación aditiva. La integración de estos recursos ha permitido sustituir algunos métodos convencionales.
planificación digital del flujo de trabajo capaz de representar la anatomía con mayor precisión
paciente y anticipar diferentes etapas del procedimiento quirúrgico (MILORO et al., 2022; FONSECA, 2018).

Durante gran parte del siglo XX, la planificación quirúrgica en Cirugía y Traumatología
La cirugía oral y maxilofacial se basaba en radiografías bidimensionales, modelos de yeso y calcos.
Mediciones cefalométricas y evaluación clínica. Si bien estos métodos han contribuido decisivamente a la
Si bien la consolidación de la especialidad tuvo limitaciones relacionadas con la representación tridimensional, también presentó otras limitaciones.
de las estructuras craneofaciales, especialmente en casos que implican deformidades dentoesqueléticas
reconstrucciones mandibulares complejas y extensas y traumatismos faciales de alta energía (ELLIS III; GHALI; LARSEN; ESPERA, 2012; FONSECA, 2018).

La introducción de la tomografía computarizada y, posteriormente, la tomografía computarizada de
La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) representó un hito importante en este campo...
proceso evolutivo. La posibilidad de reconstrucción tridimensional de estructuras óseas favoreció
Una mayor comprensión de la anatomía individual de los pacientes sentó las bases para el desarrollo de
Planificación quirúrgica virtual (VSP), empleada actualmente en
diferentes áreas de la especialidad, incluyendo cirugía ortognática, traumatología facial, reconstrucción
Cirugía reconstructiva craneofacial, de implantología avanzada y microvascular (JOACHIM; MILORO, 2025).

En los últimos años, la incorporación de la inteligencia artificial ha ampliado las posibilidades del flujo de trabajo.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

digital. Los algoritmos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo se han utilizado para
Automatice la segmentación de imágenes, identifique estructuras anatómicas y ayude en la creación de...
Modelos tridimensionales y optimización de los pasos de planificación preoperatoria. Aunque estas aplicaciones
Aunque presentan resultados prometedores, la literatura muestra que su uso clínico aún depende
de validación científica sólida, especialmente en lo que respecta a la reproducibilidad y generalización de
algoritmos y su impacto en los resultados clínicos relevantes (DANG et al., 2025).

A diferencia de las interpretaciones que se difunden con frecuencia en las publicaciones tecnológicas,
La inteligencia artificial no representa un reemplazo para el juicio clínico. Su papel actual
Se centra en facilitar la toma de decisiones mediante la automatización de tareas repetitivas y el aumento de la eficiencia.
del procesamiento de la información. La definición de la estrategia quirúrgica, la interpretación de
Las características anatómicas y la realización del tratamiento siguen siendo responsabilidad de
cirujano, cuya experiencia sigue siendo crucial para lograr resultados predecibles y
biológicamente seguro (JOACHIM; MILORO, 2025).

En este contexto, comprender la evolución de la planificación quirúrgica virtual y analizar críticamente la
La integración de la inteligencia artificial en la cirugía oral y maxilofacial y la traumatología cobra relevancia.
no solo para mantenerse al día con los avances tecnológicos en el campo, sino también para establecer
Límites claros entre las aplicaciones establecidas, las tecnologías emergentes y las perspectivas de futuro.
respaldado por la medicina basada en la evidencia.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Evolución de la planificación quirúrgica virtual en Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología

La planificación quirúrgica es uno de los pasos clave para el éxito de los procedimientos.
en Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología. La predictibilidad del tratamiento depende de la correcta
interpretación de la anatomía craneofacial, identificación de alteraciones estructurales y definición de
La estrategia quirúrgica más apropiada para cada paciente. Históricamente, estas decisiones fueron
basado en evaluación clínica, radiografías bidimensionales, modelos de yeso y
Análisis cefalométricos, recursos que apoyaron el desarrollo de la especialidad durante
Hace décadas, pero presentaban limitaciones significativas para la representación de estructuras.
tridimensional complejo (FONSECA, 2018; MILORO et al., 2022).

La introducción de la tomografía computarizada representó uno de los principales hitos tecnológicos de
Esta especialidad permite la visualización volumétrica de las estructuras craneofaciales. Posteriormente, la
La consolidación de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se ha expandido significativamente.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

su uso en la práctica clínica, especialmente debido a la alta resolución espacial para las estructuras.
gammagrafías óseas, dosis de radiación más baja en comparación con la tomografía médica convencional en
ciertas indicaciones y mayor accesibilidad a servicios dentales especializados.

Estas características facilitaron la adquisición de imágenes tridimensionales de alta calidad, que son esenciales para el desarrollo de la planificación quirúrgica virtual (SCARFE; FARMAN, 2008).

La evolución de los sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) y
La fabricación asistida por ordenador (CAM) ha permitido...

La información obtenida a través de la tomografía podría incorporarse a entornos digitales capaces de
Reproducir, con alta fidelidad, la anatomía individual del paciente. A partir de este flujo de trabajo, se convirtió en:
Si es posible, realice simulaciones tridimensionales, defina las osteotomías y posicione los segmentos óseos.
Adaptar los sistemas de fijación y crear biomodelos anatómicos personalizados y guías quirúrgicas.
antes de que se realice el procedimiento quirúrgico (MILORO et al., 2022).

Este proceso modificó sustancialmente la planificación de diferentes procedimientos de
especialidad. En cirugía ortognática, la integración entre la tomografía computarizada,
El escaneo intraoral y la planificación virtual han reducido las limitaciones inherentes a otros métodos.
Métodos convencionales basados en articuladores y ensamblaje manual de modelos. En reconstrucción
mandibular, la posibilidad de simular previamente osteotomías fibulares, adaptando placas de
La reconstrucción y creación de guías de corte individualizadas aumentó la precisión del procedimiento y
Redujo la necesidad de ajustes intraoperatorios. De manera similar, en traumatología facial,
La reconstrucción tridimensional permitió comprender mejor las líneas de fractura y su posicionamiento.
de fragmentos óseos y la relación entre estructuras anatómicas adyacentes (JOACHIM; MILORO,
2025).

Aunque a menudo se asocia con las últimas tecnologías digitales, el concepto de planificación
La cirugía virtual debe entenderse como el resultado de una evolución progresiva del propio campo.
Cirugía oral y maxilofacial. Su consolidación no proviene exclusivamente del desarrollo de
nuevo software, pero también la integración entre métodos avanzados de diagnóstico por imágenes,
procesamiento computacional, ingeniería biomédica y conocimiento anatómico acumulado a lo largo del tiempo
décadas de evolución en la especialidad. En este contexto, el entorno digital se ha convertido en una extensión.
de planificación quirúrgica tradicional, que ofrece mayor capacidad analítica sin sustituir...
Principios biológicos y quirúrgicos que sustentan la práctica clínica.

Los avances observados en los últimos años también han favorecido la expansión de la fabricación aditiva en
Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología. Se han comenzado a utilizar biomodelos tridimensionales.
para el estudio anatómico, la formación del equipo, la planificación de la reconstrucción y la comunicación con
pacientes. Paralelamente, guías quirúrgicas e implantes personalizados específicos para cada paciente.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

(implantes específicos para el paciente – PSI) han aumentado la precisión de la transferencia de la planificación virtual a el campo operatorio, reduciendo las discrepancias entre la simulación preoperatoria y la ejecución quirúrgica (MARTELLI JÚNIOR; MARTELLI, 2011; JOACHIM; MILORO, 2025).

A pesar de estos avances, la literatura demuestra que los beneficios de la planificación quirúrgica virtual... Varían según la indicación clínica. La evidencia más sólida se centra en la cirugía. Cirugía ortognática, reconstrucción mandibular microvascularizada y procedimientos reconstructivos. complejo. En otras aplicaciones, aunque los resultados iniciales son prometedores, todavía existen... La necesidad de realizar estudios multicéntricos prospectivos que permitan la estandarización de los protocolos y la evaluación. resultados clínicos a largo plazo (JOACHIM; MILORO, 2025).

2.2 Fundamentos del flujo de trabajo digital: CAD/CAM, impresión 3D y biomodelos

La planificación quirúrgica virtual se basa en la integración de diferentes tecnologías digitales. que funcionan de forma complementaria. Entre ellos, los sistemas CAD/CAM constituyen la base de adquisición, procesamiento y conversión de imágenes médicas en modelos tridimensionales capaces de Representar, con alta precisión, la anatomía craneofacial del paciente. Desarrollado inicialmente Diseñados originalmente para aplicaciones industriales, estos sistemas comenzaron a incorporarse al campo de la atención médica a partir de... Década de 1990, tras la evolución de los métodos y capacidades de diagnóstico por imagen. Recursos computacionales disponibles para el procesamiento de archivos tridimensionales.

En el flujo de trabajo digital contemporáneo, las imágenes obtenidas mediante tomografía computarizada o CBCT son convertidos en modelos digitales usando software de segmentación específico. Este paso Permite aislar estructuras anatómicas de interés, reconstruir superficies tridimensionales y realizar otras técnicas. mediciones con un alto grado de precisión. A partir de esta información, el cirujano puede simular Osteotomías, reposicionamiento de segmentos óseos, planificación de reconstrucciones y evaluación de diferentes estrategias. procedimientos preoperatorios antes de la cirugía.

La fabricación aditiva representa el siguiente paso en este proceso. A diferencia de los métodos métodos de mecanizado convencionales, en los que se elimina progresivamente el material, la impresión El modelado tridimensional se basa en la deposición sucesiva de capas, lo que permite la producción de biomodelos. Modelos anatómicos, guías quirúrgicas y componentes personalizados directamente desde la fase de planificación. digital. Esta tecnología ha reducido significativamente el tiempo entre la planificación virtual y su implementación. aplicación clínica, lo que permite reproducir estructuras anatómicas complejas con alta fidelidad (MARTELLI JÚNIOR; MARTELLI, 2011).

Además de su aplicación directa en la planificación quirúrgica, los biomodelos tridimensionales se han convertido en... desempeñar un papel relevante en la enseñanza, en la comunicación entre equipos multidisciplinarios y en

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Orientación al paciente. Posibilidad de manipular réplicas físicas de estructuras craneofaciales.
Facilita la comprensión de la anatomía individual, promueve la planificación interdisciplinaria y contribuye
para una mayor previsibilidad en procedimientos de alta complejidad.
Aunque el desarrollo de estas tecnologías ha ampliado significativamente las posibilidades
En el ámbito de las terapias especializadas, su eficacia sigue estando directamente relacionada con la calidad de la...
Las imágenes adquiridas, la precisión de los procesos de segmentación y la correcta interpretación clínica contribuyen a ello.
realizado por el cirujano. Por lo tanto, el flujo de trabajo digital debe entenderse como una herramienta de apoyo para
planificación, cuya eficacia depende de la integración entre recursos tecnológicos y experiencia.
profesional, y no como un proceso automatizado independiente del juicio clínico.

2.3 Inteligencia artificial aplicada a la planificación quirúrgica

La incorporación de la inteligencia artificial (IA) a la planificación quirúrgica representa una evolución.
La evolución natural del flujo de trabajo digital desarrollado en las últimas décadas en Cirugía y Traumatología.
Cirugía Oral y Maxilofacial. A diferencia de la tomografía computarizada, que permite la reconstrucción tridimensional.
o sistemas CAD/CAM, que introdujeron nuevas formas de adquirir y manipular imágenes,
La IA comenzó a actuar sobre los datos ya disponibles, automatizando los procesos analíticos y reduciendo...
pasos operativos y brindar apoyo para la toma de decisiones clínicas (DANG et al., 2025).
En el contexto de la atención sanitaria, la inteligencia artificial abarca un conjunto de métodos computacionales.
capaz de realizar tareas tradicionalmente dependientes de la interpretación humana, incluyendo
reconocimiento de patrones, clasificación de imágenes, segmentación anatómica y construcción de
Modelos predictivos. Entre sus diferentes enfoques, el aprendizaje automático ...
Y, más recientemente, el aprendizaje profundo se ha convertido en una de las técnicas más populares.
empleados en investigación en cirugía oral y maxilofacial, principalmente debido a su alta capacidad para
procesar grandes volúmenes de imágenes médicas e identificar relaciones complejas entre variables.
anatómico (TOPOL, 2019).
El aprendizaje automático se basa en el entrenamiento de algoritmos utilizando conjuntos de datos.
previamente etiquetados, lo que permite al sistema identificar patrones estadísticos y realizar predicciones.
sin necesidad de programación específica para cada situación. El aprendizaje profundo, por otro lado,
Utiliza redes neuronales artificiales compuestas por múltiples capas de procesamiento, capaces de extraer...
Esto permite automáticamente el entrenamiento de las características relevantes de la imagen.
La arquitectura redujo significativamente la dependencia de la selección manual de atributos y amplió la
rendimiento de algoritmos en tareas relacionadas con el diagnóstico de imágenes (GOODFELLOW;
(BENGIO; COURVILLE, 2016).

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

En Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología, las aplicaciones más estudiadas se centran en:
Segmentación automática de estructuras anatómicas en tomografías computarizadas y
Tomografía computarizada de haz cónico. Identificación precisa de la mandíbula, el maxilar y el conducto radicular.
El examen de la mandíbula, los cóndilos, las órbitas, los dientes impactados y las estructuras dentales representa un paso fundamental.
para la planificación quirúrgica virtual, especialmente en procedimientos reconstructivos, cirugía
Odontología ortognática e implantológica. Tradicionalmente, esta segmentación se realizaba manualmente o mediante
Métodos semiautomatizados que requieren mucho tiempo por parte del profesional y dan como resultado una alta variabilidad.
entre los observadores. Los modelos basados en aprendizaje profundo han comenzado a demostrar su rendimiento.
Consiste en automatizar estas tareas, reduciendo el tiempo necesario para procesarlas.
imágenes y aumentando la estandarización del flujo de trabajo digital (DANG et al., 2025).
Otra aplicación cada vez más frecuente se relaciona con el apoyo al diagnóstico y la clasificación de alteraciones.
Fracturas craneofaciales. Estudios recientes describen el uso de algoritmos capaces de identificar fracturas.
estructuras mandibulares, localizar terceros molares impactados, detectar lesiones óseas y reconocer alteraciones en...
El diagnóstico de la articulación temporomandibular se basa en exámenes radiográficos y tomográficos. Aunque estos
Si bien los resultados pueden ser prometedores, la mayoría de las investigaciones se limitan a estudios.
Los estudios retrospectivos realizados en bases de datos específicas aún muestran una falta de validación.
estudios prospectivos multicéntricos que permiten confirmar su aplicabilidad clínica en diferentes
poblaciones (DANG et al., 2025).
La inteligencia artificial también se está utilizando en la propia planificación quirúrgica.
para automatizar pasos tradicionalmente realizados por el cirujano. Los sistemas experimentales son
capaz de sugerir líneas de osteotomía, ayudando en el reposicionamiento virtual de segmentos óseos,
Estimar los volúmenes de reconstrucción y optimizar la colocación de implantes en función de los parámetros.
características anatómicas previamente establecidas. A pesar de los avances tecnológicos observados en estos modelos,
La evidencia disponible sugiere que dichas herramientas deben interpretarse como sistemas de apoyo.
para la planificación y no como mecanismos autónomos para la toma de decisiones terapéuticas. La definición de la técnica
El análisis quirúrgico y funcional, así como el juicio clínico, siguen dependiendo de la experiencia del
especialista, especialmente ante situaciones anatómicas complejas o condiciones sistémicas que
escapar de los modelos computacionales actualmente disponibles (JOACHIM; MILORO, 2025).
Otro campo de investigación implica el desarrollo de modelos predictivos orientados a
Estimación de resultados clínicos. Algoritmos entrenados con datos clínicos, radiográficos y...
Se han utilizado métodos quirúrgicos para predecir la estabilidad postoperatoria y la aparición de complicaciones.
La necesidad de injertos adicionales y el comportamiento de las reconstrucciones óseas a lo largo del tiempo.
Aunque estas aplicaciones muestran potencial para contribuir a la individualización del tratamiento,
La literatura aún carece de estudios prospectivos capaces de demostrar un impacto consistente en

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Indicadores clínicos relevantes, como la reducción de complicaciones, la mejora funcional o el aumento de supervivencia de reconstrucciones complejas (DANG et al., 2025; JOACHIM; MILORO, 2025).

Por lo tanto, la principal contribución de la inteligencia artificial a la Cirugía y la Traumatología La cirugía oral y maxilofacial no pretende sustituir al cirujano, sino aumentar la eficiencia del flujo de trabajo. digital. La automatización de tareas repetitivas, la estandarización del procesamiento de imágenes y la La integración de grandes volúmenes de información permite la optimización de la planificación preoperatoria y reducir el tiempo dedicado a los pasos operativos. Sin embargo, la interpretación clínica, la definición de La estrategia terapéutica y la responsabilidad de las decisiones siguen siendo responsabilidad exclusiva del individuo. seres humanos, preservando al mismo tiempo el papel central del cirujano en el proceso de atención.

2.4 Evidencia científica actual y limitaciones

El crecimiento exponencial de las publicaciones sobre inteligencia artificial en la última década no fue acompañado de una expansión proporcional de estudios clínicos con evidencia de alto nivel. Revisiones Estudios recientes muestran que gran parte de la literatura disponible consiste en investigación. estudios retrospectivos, estudios metodológicos y validaciones computacionales realizados en entornos Estudios experimentales. Ensayos clínicos prospectivos, estudios multicéntricos y análisis comparativos. Los estudios que incluyen resultados clínicos siguen siendo relativamente escasos, lo que limita la extrapolación de... resultados para la práctica clínica (DANG et al., 2025).

Otro aspecto ampliamente discutido se refiere a la calidad de las bases de datos utilizadas para Entrenamiento de los algoritmos. Los sistemas de aprendizaje profundo dependen de miles de imágenes. previamente clasificadas, segmentadas y validadas por expertos. Cuando estas bases de datos Consisten en pruebas originadas en una sola institución, adquiridas mediante el uso de equipos específicos. Si son similares o representativos de poblaciones específicas, existe el riesgo de que su rendimiento se vea reducido. cuando el algoritmo se aplica en diferentes escenarios clínicos. Esta limitación, conocida como baja La capacidad de generalizar constituye uno de los principales desafíos para la implementación rutinaria de Inteligencia artificial en diferentes servicios de salud.

La heterogeneidad metodológica también dificulta la comparación de estudios. Diferencias relacionado con los protocolos de adquisición de imágenes, el software utilizado y las arquitecturas de Las redes neuronales, los criterios de validación y los indicadores estadísticos empleados impiden, en En muchos casos, es necesario realizar comparaciones directas entre investigaciones independientes. Por consiguiente, los resultados considerados excelentes en un estudio determinado no siempre son... Estos hallazgos pueden ser replicados por otros grupos de investigación.

Las cuestiones relacionadas con la transparencia de los algoritmos representan otro tema de creciente interés.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Científico. Muchos modelos de aprendizaje profundo funcionan como sistemas de bajo nivel.
interpretabilidad, que produce resultados sin que el usuario pueda comprender completamente qué son.
Los parámetros influyeron en una decisión computacional particular. Esta característica estimuló la
desarrollo de lo que se denomina Inteligencia Artificial Explicable (Inteligencia Artificial Explicable –
XAI), cuyo objetivo es aumentar la transparencia de los modelos y permitir una mayor comprensión de
proceso de toma de decisiones por parte de los profesionales de la salud (TOPOL, 2019).

Desde un punto de vista ético, el uso de la inteligencia artificial también plantea desafíos relacionados.
a la privacidad de los datos, la seguridad de la información clínica y la responsabilidad profesional en relación con
de decisiones respaldadas por sistemas informáticos. La anonimización adecuada de los exámenes, la
cumplimiento de las leyes de protección de datos y una definición clara de responsabilidades entre
Los desarrolladores y los profesionales de la salud son aspectos indispensables para la incorporación.
garantizar la seguridad de estas tecnologías en la práctica clínica.

Por este motivo, la literatura contemporánea converge en un concepto común: la inteligencia.
La inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta para apoyar la planificación quirúrgica, capaz de...
Para aumentar la eficiencia del flujo de trabajo digital, pero sin poder sustituir el análisis crítico ni la experiencia clínica.
y el juicio profesional del cirujano oral y maxilofacial. El avance tecnológico amplía la
posibilidades diagnósticas y terapéuticas de la especialidad, sin embargo, su uso sigue vigente
sujeto a los principios de la medicina basada en la evidencia, la ética profesional y
Individualización de la atención.

3 APLICACIONES CLÍNICAS DE LA PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA VIRTUAL Y INTELIGENCIA ARTIFICIAL

3.1 Cirugía ortognática

La cirugía ortognática fue una de las primeras áreas de la Cirugía Oral y Maxilofacial y la Traumatología en...
incorporar sistemáticamente la planificación quirúrgica virtual. Durante décadas, la planificación
Se basaba en trazados cefalométricos bidimensionales y en el montaje de modelos en articuladores.
Fabricación semi-ajustable y manual de guías oclusales. Aunque estos métodos han proporcionado
A pesar de los resultados clínicos satisfactorios, se observaron limitaciones relacionadas con la reproducción de la anatomía.
tridimensional, especialmente en deformidades faciales complejas y asimetrías esqueléticas (BELL;
BENEFICIO; WHITE, 1980; MILORO et al., 2022).
La introducción de la planificación virtual ha cambiado este escenario al permitir la integración entre
Tomografía computarizada, escaneo intraoral y modelos digitales de las arcadas dentales.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

La combinación permite la reconstrucción tridimensional del complejo craneofacial, la simulación de Osteotomías y predicción del posicionamiento final de los segmentos óseos antes del procedimiento. quirúrgico. En consecuencia, los procedimientos que antes dependían de pasos sucesivos Los procedimientos de laboratorio ahora se planifican en un entorno digital, lo que reduce las posibles fuentes de error. acumulado a lo largo del proceso (JOACHIM; MILORO, 2025).

Otro avance importante fue la sustitución progresiva de las guías hechas manualmente por Guías producidas mediante fabricación aditiva basadas en planificación virtual. Estos dispositivos permiten mayor fidelidad entre la simulación preoperatoria y la ejecución intraoperatoria, lo que contribuye a la Reproducibilidad de los movimientos planificados y menor necesidad de ajustes durante la cirugía. (MILORO et al., 2022).

Los estudios comparativos sugieren que la planificación virtual ofrece una alta precisión en la reproducción. de movimientos de la mandíbula, especialmente cuando se asocian con escaneo intraoral y Fabricación digital de guías quirúrgicas. Sin embargo, la literatura también demuestra que la magnitud El beneficio varía según la complejidad de la deformidad, la experiencia del equipo y la calidad del servicio. del flujo de trabajo digital empleado. Por lo tanto, la planificación virtual debe entenderse como una Es un instrumento para aumentar la predictibilidad quirúrgica, y no un factor aislado capaz de garantizarla. mejores resultados clínicos (JOACHIM; MILORO, 2025).

En los últimos años, se han incorporado algoritmos de inteligencia artificial en algunas etapas. de este proceso. Entre sus aplicaciones, destaca la segmentación automática de estructuras óseas, la Identificación de puntos cefalométricos y alineación entre exámenes tomográficos y modelos digitales. de las galerías comerciales. Aunque estas herramientas reducen el tiempo necesario para la planificación y preparación, Su uso sigue estando restringido principalmente al procesamiento de información, sin sustituir la definición de la estrategia quirúrgica o análisis funcional realizado por el especialista (DANG et al., 2025).

3.2 Traumatología facial

El tratamiento de las fracturas faciales requiere una restauración precisa de la anatomía esquelética y la estabilidad de la... Segmentos óseos y recuperación funcional del sistema estomatognático. En lesiones de alto riesgo. complejidad, especialmente aquellas que involucran múltiples huesos faciales, la interpretación de La anatomía puede resultar difícil de visualizar utilizando únicamente imágenes bidimensionales, lo que dificulta la planificación. La obtención de imágenes tridimensionales es un recurso de gran relevancia clínica (FONSECA, 2018).

La reconstrucción virtual permite visualizar simultáneamente todos los fragmentos óseos, simulando reducciones anatómicas y anticipación de dificultades relacionadas con el acceso quirúrgico y la adaptación de la

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

sistemas de fijación. En fracturas orbitales, por ejemplo, el uso del lado contralateral como
La referencia anatómica facilita reconstrucciones más precisas del volumen orbital. En fracturas
En la reconstrucción panfacial, la reconstrucción tridimensional ayuda a definir la secuencia de reducción y estabilización.
de los diferentes segmentos óseos, contribuyendo a la restauración del ancho, la proyección y la altura.
facial (ELLIS III; ZIDE, 2006).

La impresión tridimensional también ha llegado a desempeñar un papel importante en este contexto.
Los biomodelos obtenidos mediante tomografía computarizada permiten el premoldeo de placas de titanio antes de...
cirugía, reduciendo las manipulaciones intraoperatorias y promoviendo una adaptación más precisa a
Contornos óseos. En casos seleccionados, implantes personalizados para cada paciente.
Los implantes también se pueden fabricar utilizando planificación virtual, especialmente en
reconstrucciones orbitales complejas o defectos craneofaciales extensos (JOACHIM; MILORO, 2025).

Las aplicaciones de la inteligencia artificial en traumatología facial se centran principalmente en:
fase de diagnóstico. Los modelos de aprendizaje profundo han estado demostrando un rendimiento prometedor en
Detección automática de fracturas mandibulares, cigomáticas y orbitarias en tomografías computarizadas.
A pesar de las altas tasas de sensibilidad reportadas en estudios experimentales, la literatura aún...
Recomienda precaución con respecto a su incorporación rutinaria, ya que la mayoría de los algoritmos
sigue dependiendo de validaciones retrospectivas realizadas en bases de datos limitadas (DANG).
et al., 2025).

Desde una perspectiva clínica, la principal contribución de estas tecnologías radica en ampliar la capacidad
Las habilidades analíticas del cirujano. La interpretación de las líneas de fractura, la elección de la vía de acceso, la indicación.
El método de fijación y la conducción del tratamiento siguen siendo decisiones basadas en...
experiencia profesional, en evaluación clínica y en los principios biomecánicos consolidados de
Traumatología oral y maxilofacial (ELLIS III; GHALI; LARSEN; WAITE, 2012).

3.3 Reconstrucción mandibular

La reconstrucción mandibular es una de las aplicaciones más consolidadas de la planificación quirúrgica.
Terapia virtual en Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología. Pacientes sometidos a resección de tumores,
Un traumatismo extenso, la osteonecrosis de los maxilares o las secuelas de infecciones pueden provocar la pérdida de dientes.
fracturas óseas significativas, cuyo tratamiento requiere la restauración simultánea de la continuidad mandibular,
de oclusión, función masticatoria y estética facial (HIDALGO, 1989).

Tradicionalmente, la adaptación de injertos óseos y placas de reconstrucción se realizaba durante
el acto quirúrgico, aumentando el tiempo quirúrgico y la complejidad técnica del procedimiento.
El desarrollo de la planificación virtual ha permitido anticipar estos pasos mediante la simulación.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

osteotomías tridimensionales, definición previa del posicionamiento de los segmentos óseos y de
Fabricación de guías quirúrgicas personalizadas.
La reconstrucción con un colgajo libre de peroné representa uno de los principales ejemplos de esta evolución.
La planificación virtual le permite determinar de antemano el número de segmentos óseos necesarios, el
longitud de cada osteotomía, la posición final del injerto y la adaptación de las placas de reconstrucción,
reduciendo la necesidad de ajustes intraoperatorios y promoviendo una mayor predictibilidad anatómica.
(JOACHIM; MILORO, 2025).

Además de las guías de corte, también es común el uso de placas hechas a medida producidas mediante tecnologías CAD/CAM.
Se está incorporando progresivamente a centros especializados. Estos dispositivos cuentan con:
adaptación precisa a la anatomía previamente planificada y puede reducir las deformidades resultantes de
Contorneado manual de placas convencionales. Sin embargo, su alto costo y la necesidad de
La infraestructura tecnológica especializada sigue representando un factor limitante para su adopción generalizada.
difusión de este enfoque.
Estudios recientes demuestran que la planificación virtual ofrece beneficios constantes.
relacionado con la precisión geométrica de la reconstrucción y la estandarización del procedimiento quirúrgico.
Sin embargo, aún existen limitaciones en lo que respecta a la demostración de superioridad clínica en los resultados.
factores a largo plazo, como la recuperación funcional, la calidad de vida y la supervivencia del injerto,
resaltando la necesidad de estudios multicéntricos prospectivos capaces de reducir la
heterogeneidad metodológica observada en la literatura (JOACHIM; MILORO, 2025).

3.4 Implantología y reconstrucciones óseas

La implantología fue una de las áreas más afectadas por la incorporación del flujo de trabajo digital. La asociación
entre la tomografía computarizada de haz cónico, el escaneo intraoral y el software de
La planificación tridimensional permitió integrar información anatómica, protésica y funcional.
en un único entorno virtual, lo que permite definir la colocación del implante.
antes de la cirugía (MISCH, 2015; MILORO et al., 2022).
La planificación protésica guiada se ha convertido en uno de los principales avances en este proceso.
En lugar de considerar únicamente la disponibilidad ósea, la colocación del implante se convirtió en...
planificado de acuerdo con la futura rehabilitación protésica, respetando las estructuras anatómicas importantes,
características biomecánicas y requisitos estéticos. Como consecuencia, se observó una mayor [observación].
Previsibilidad quirúrgica y menor necesidad de correcciones durante el procedimiento.
En este contexto, la inteligencia artificial se ha aplicado principalmente a la segmentación automática.
a partir de exámenes tomográficos, identificación del canal mandibular, reconocimiento de estructuras anatómicas

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

y la organización del flujo de trabajo digital. Aunque estas aplicaciones reducen el tiempo necesario para la planificación, la evidencia disponible aún es insuficiente para afirmar que los algoritmos Promueven mejores resultados clínicos en comparación con la planificación convencional. realizado por profesionales experimentados (DANG et al., 2025).

Por lo tanto, la contribución más constante de la inteligencia artificial en la implantología dental sigue siendo... relacionado con la optimización del flujo de trabajo, sin reemplazar el juicio clínico en la definición del mismo. estrategia quirúrgica.

4. DISCUSIÓN

La evolución de la planificación quirúrgica virtual representa una de las transformaciones más significativas en... Cirugía Oral y Maxilofacial y Traumatología en las últimas décadas: La incorporación de la tomografía computarizada. La tecnología informática, los sistemas CAD/CAM y la fabricación aditiva han cambiado la forma en que... Se planifican procedimientos complejos, lo que permite una mayor individualización del tratamiento y una mejor... Integración entre diagnóstico, planificación y ejecución quirúrgica (JOACHIM; MILORO, 2025).

Aunque los beneficios relacionados con la precisión anatómica y la previsibilidad de la planificación son Descritas ampliamente, su magnitud varía según la indicación clínica. La evidencia más sólida Se especializan en cirugía ortognática y reconstrucción mandibular con colgajos. áreas microvascularizadas, donde la planificación virtual ha demostrado una alta reproducibilidad y mayor correspondencia entre la simulación preoperatoria y el resultado obtenido durante la cirugía. En otras aplicaciones, como la traumatología facial y la implantología, los resultados siguen siendo Prometedor, pero aún depende de estudios prospectivos capaces de establecer protocolos. métodos estandarizados y evaluación de resultados clínicos a largo plazo.

Una situación similar ocurre con la inteligencia artificial. A pesar del crecimiento significativo de En las publicaciones científicas, la mayoría de los estudios se centran en la automatización de la segmentación. Estudios anatómicos, clasificación de imágenes y desarrollo de modelos predictivos. Pocas investigaciones. Demostraron un impacto directo en los indicadores clínicos, como la reducción de complicaciones y la mejora. supervivencia funcional o aumentada de reconstrucciones complejas. De esta manera, los beneficios Las tendencias observadas actualmente se centran en optimizar el flujo de trabajo digital y reducir el tiempo dedicado a dicho flujo de trabajo. para la planificación, y no para reemplazar la toma de decisiones clínicas (DANG et al., 2025).

Otro aspecto que se destaca con frecuencia se refiere a la calidad metodológica de la investigación. predominio de estudios retrospectivos, tamaños de muestra pequeños, falta de validación externa y alta La heterogeneidad entre los algoritmos dificulta la comparación de resultados y limita su generalización. para diferentes poblaciones y servicios. Además, aspectos relacionados con la transparencia de los modelos.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Los problemas informáticos, la protección de datos y la responsabilidad profesional siguen siendo temas centrales.
para la incorporación segura de estas tecnologías en la práctica sanitaria.
En este contexto, la inteligencia artificial debe entenderse como una herramienta complementaria a
Planificación quirúrgica, capaz de aumentar la eficiencia operativa y de respaldar el análisis de la información.
Disponibles, pero sin sustituir el conocimiento anatómico, la experiencia clínica y el criterio profesional.
cirujano. Los avances tecnológicos están ampliando las posibilidades de la especialidad; sin embargo, su uso
Debe seguir basándose en los principios de la medicina y la evaluación basadas en la evidencia.
personalizado para cada paciente.

CONCLUSIÓN

La planificación quirúrgica virtual se ha consolidado como una de las principales innovaciones incorporadas a la cirugía.
La cirugía oral y maxilofacial y la traumatología han impulsado cambios en las últimas décadas.
Significativo en la forma en que se planifican y ejecutan los procedimientos complejos. Integración
incluyendo exámenes de imágenes tridimensionales, sistemas CAD/CAM, biomodelos, guías quirúrgicas
Las tecnologías de fabricación aditiva y personalizada han aumentado la previsibilidad operativa y han favorecido...
Una mayor precisión en la ejecución de las técnicas quirúrgicas ha contribuido a una mayor...
Tratamiento individualizado. La evidencia científica disponible demuestra sus beneficios.
consistente, especialmente en cirugía ortognática, reconstrucción mandibular, traumatología facial y
implantología, áreas en las que el flujo de trabajo digital ha llegado a desempeñar un papel importante en la reducción
Variabilidad operativa y mejora en la planificación preoperatoria.
La incorporación de la inteligencia artificial representa una nueva etapa en esta evolución tecnológica.
La principal contribución, hasta la fecha, se centra en la automatización de tareas relacionadas con
procesamiento de imágenes, segmentación anatómica, organización del flujo de trabajo digital y soporte para
planificación quirúrgica. Sin embargo, la literatura revisada muestra que estas aplicaciones aún
Presentan limitaciones importantes, especialmente en lo que respecta a la validación clínica y la estandarización.
Metodología y generalización de los algoritmos para diferentes poblaciones y entornos de atención.
Si bien los resultados iniciales son prometedores, la evidencia que permite llegar a una conclusión definitiva sigue siendo escasa.
demostrar un impacto constante en los resultados clínicos a largo plazo, reforzando la necesidad de
Estudios prospectivos, multicéntricos y metodológicamente más sólidos.
Otro aspecto que merece atención se refiere a los desafíos éticos, regulatorios y operativos.
Asociadas a la incorporación de estas tecnologías a la práctica clínica. Cuestiones relacionadas con la calidad.
desde las bases de datos utilizadas para entrenar los algoritmos, hasta la transparencia de los modelos.
tecnologías computacionales, la protección de la información del paciente y la responsabilidad profesional frente a

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Las decisiones que se toman con el apoyo de sistemas inteligentes deben ir a la par de los avances tecnológicos. especialidad. La adopción de estas herramientas requiere no solo una infraestructura adecuada, sino también formación profesional y protocolos que garanticen su uso seguro y reproducible y basado en evidencia científica.

En este contexto, se hace evidente que la inteligencia artificial no debe entenderse como No sustituye la experiencia clínica, sino que es un recurso complementario capaz de aumentar la eficiencia. planificación quirúrgica y brindar apoyo para la toma de decisiones. La interpretación de la información, La definición de la estrategia terapéutica y la conducción del tratamiento siguen dependiendo de conocimientos técnicos, la experiencia del cirujano y la evaluación individualizada de cada paciente, Principios que siguen siendo los pilares fundamentales de la Cirugía Oral y Maxilofacial y la Traumatología. contemporáneo.

Finalmente, se concluye que el futuro de la especialidad estará determinado por una integración equilibrada entre Innovación tecnológica, conocimiento científico y experiencia clínica. Desarrollo continuo de planificación quirúrgica virtual, combinada con la mejora de las aplicaciones de inteligencia artificial, Tiende a aumentar la precisión de los procedimientos y a reforzar enfoques cada vez más personalizados. Sin embargo, la consolidación de estas tecnologías dependerá de la producción de evidencia clínica de alta calidad. calidad, estandarización de protocolos digitales y la incorporación responsable de estas herramientas. a la práctica clínica, preservando la seguridad del paciente y los principios de la medicina basada en la sangre. La evidencia como base para la práctica del cirujano oral y maxilofacial.

REFERENCIAS

BELL, William H.; PROFFIT, William R.; WHITE, Raymond P. Corrección quirúrgica de deformidades dentofaciales. Filadelfia: WB Saunders, 1980. 2 v.

DANG, Rushil Rajiv et al. El panorama actual de la inteligencia artificial en cirugía oral y maxilofacial: una revisión narrativa. Cirugía Oral y Maxilofacial, 2025.

ELLIS III, Edward; ZIDE, Michael F. Abordajes quirúrgicos del esqueleto facial. 2.ª ed. Filadelfia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006.

FONSECA, Raymond J. (ed.). Cirugía oral y maxilofacial. 3.ª ed. St. Louis: Elsevier, 2018. 3 v.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Aprendizaje profundo. Cambridge: MIT Press, 2016.

HIDALGO, David A. Colgajo libre de peroné: un nuevo método de reconstrucción mandibular. Cirugía Plástica y Reconstructiva, Baltimore, vol. 84, n.º 1, págs. 71-79, 1989.

MARTELLI JÚNIOR, Hercílio; MARTELLI, Danielle Reis. Impresión tridimensional en cirugía oral y maxilofacial: una revisión de la literatura. Annals of Maxillofacial Surgery, vol. 1, n.º 1, págs. 67-71, 2011.

MILORO, Michael; GHALI, Gamal E.; LARSEN, Per E.; WAITE, Peter D. Principios de cirugía oral y maxilofacial de Peterson. 4.ª ed. Cham: Springer, 2022.

MISCH, Carl E. Prótesis de implantes dentales. 2.ª ed. St. Louis: Elsevier, 2015.

SCARFE, William C.; FARMAN, Allan G. ¿Qué es la tomografía computarizada de haz cónico y cómo funciona? Dental Clinics of North America, vol. 52, n.º 4, págs. 707-730, 2008.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VI, vol. 2, 2025 | Recepción: 09/12/2025 | Aceptación: 12/12/2025 | Publicación: 15/12/2025

Topol, Eric. Medicina profunda: cómo la inteligencia artificial puede humanizar la atención médica. Nueva York: Basic Books, 2019.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.