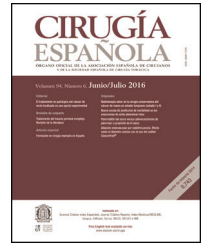




# CIRUGÍA ESPAÑOLA

[www.elsevier.es/cirugia](http://www.elsevier.es/cirugia)



## Artículo especial

# Telecirugía y telementorización



Carmen Cagigas Fernandez<sup>a,b,\*</sup> y Marcos Gómez Ruiz<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Servicio cirugía general, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España

<sup>b</sup> Grupo de Investigación e Innovación en Cirugía, IDIVAL, Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido el 27 de julio de 2023

Aceptado el 22 de enero de 2024

On-line el 27 de marzo de 2024

### Palabras clave:

Telemedicina

Cibercirugía

Cirugía mínimamente invasiva

Cirugía robótica

Formación

## RESUMEN

La telemedicina está revolucionando el campo de la cirugía. La telemonitorización y la telecirugía son dos de sus aplicaciones más prometedoras. Ambas son revolucionarias y pueden cambiar la forma de ver el manejo perioperatorio y la propia cirugía. Pueden permitir a los cirujanos realizar operaciones ayudando o supervisando a otros mediante la telementorización, favoreciendo la seguridad del paciente.

A pesar de los beneficios potenciales, quedan retos por superar antes de que se utilice de forma generalizada. La latencia en la transmisión de datos puede ser un problema, ya que un pequeño retraso en la transmisión puede afectar a la precisión de la intervención. Además, la telemedicina necesita una infraestructura tecnológica sofisticada y costosa, lo que puede limitar su implantación en algunos entornos. Aunque debemos trabajar en su desarrollo tanto tecnológico como de aspectos éticos o médico-legales, es una herramienta prometedora.

© 2024 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Telesurgery and Telementoring

### ABSTRACT

Telemedicine has revolutionized the field of surgery, with telemonitoring and telesurgery being 2 of its most promising applications. Telesurgery and telemonitoring are revolutionary applications that have the potential to change the way surgical operations are performed. These applications can allow surgeons to perform operations, enable surgeons to perform operations by assisting or supervising others through mentoring from a different location (telementoring).

Despite the potential benefits of telemedicine and telementoring, there are still challenges that must be overcome before they can be widely used in clinical practice. For example, latency in data transmission can be a problem in telemedicine, as even a small delay in data transmission can affect the accuracy of the operation. Additionally, a sophisticated and expensive technological infrastructure is required, which can limit their use in some clinical settings. Although we need to work on its development technologically, ethically and legally, it is a promising tool.

© 2024 AEC. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

### Keywords:

Telemedicine

Cybersurgery

Minimal invasive surgery

Robotic surgery

Teaching

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [cagigasfernandez@gmail.com](mailto:cagigasfernandez@gmail.com) (C. Cagigas Fernandez).

<https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2024.01.014>

0009-739X/© 2024 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Telecirugía y telementorización

En los últimos años, se han experimentado grandes avances tecnológicos en el campo de la medicina, dando lugar a la aparición de innovaciones en la atención médica, en gran parte favorecidos por los requerimientos derivados de la pandemia SARS-CoV-2. Estos avances, tales como la telecirugía y la telemonitorización, están revolucionando la forma en que se brinda atención médica, permitiendo una atención más eficiente y precisa, sin las limitaciones geográficas tradicionales. Ambos se agrupan dentro de un grupo más grande conocido como telemedicina.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define telemedicina como «La prestación de servicios de salud, donde la distancia es un factor crítico, por parte de cualquier profesional de la salud, utilizando tecnologías de la información y la comunicación para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, investigación y evaluación, y para la educación continua de los proveedores de atención médica, todo en aras de mejorar la salud de las personas y sus comunidades»<sup>1</sup>.

A pesar de que la pandemia favoreció el desarrollo de la telemedicina, aún no es una herramienta muy arraigada en nuestro territorio y se ha abierto la discusión sobre sus implicaciones legales, éticas por la falta de regulaciones bien definidas y los problemas relacionados con la protección de los datos de los pacientes y el consentimiento informado<sup>2</sup>.

## Telecirugía

La telecirugía es un sistema quirúrgico que utiliza redes inalámbricas y tecnología robótica para conectar a distancia a cirujanos y pacientes. Se puede dividir en tres componentes principales: telecirugía, teletutoría o telementorización y teleconsulta<sup>3</sup>.

El concepto distancia entre el cirujano y su paciente no es una idea nueva, ya fue explorado en 1970 por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), la cual tenía un interés particular en el tratamiento de los astronautas en el espacio, basándose en el concepto de cirugía remota o telecirugía<sup>4</sup>. Las primeras aplicaciones fueron en el campo de batalla y en los barcos de la marina estadounidense en los años 90. Muchas cirugías laparoscópicas fueron realizadas por robots controlados por un cirujano desde el Hospital Militar de Landstuhl (a 4.000 km de distancia). El primer caso de cirugía robótica se realizó en Milán en 1995 por el urólogo Enrico Pisani, que realizó una biopsia de próstata en un paciente localizado en el hospital a 5 km de distancia del cirujano, que operaba desde el edificio Politécnico<sup>5</sup>.

La aparición de la cirugía robótica hizo posible para el cirujano intervenir con una mayor destreza, precisión y accesibilidad<sup>6</sup>. Los avances en telecomunicaciones y cirugía robótica que se dieron durante las décadas de los 80 y 90 llevaron a la telecirugía a ser considerada una opción práctica. De esta manera en 2001, en Estrasburgo, Francia, el profesor Jacques Marescaux realizó la primera telecirugía en cirugía general, conocida como «Lindbergh operation». Fue una colecistectomía laparoscópica, comandando desde Nueva York los brazos mecánicos de un robot cirujano ubicado a más de 6.000 km de distancia. Un servicio de fibra óptica de alta velocidad proporcionó el enlace entre el sistema robótico y el cirujano. Duró 54 minutos y el paciente no presentó complicaciones<sup>7</sup>. Esto supuso un hito simbólico en cirugía, que condujo a los cimientos de la globalización de los procedimientos quirúrgicos.

Son múltiples los beneficios que la telecirugía puede aportarnos (tabla 1). Viajar para recibir o proveer atención médica no es una opción factible para muchos (tanto pacientes como cirujanos) debido a limitaciones financieras, riesgos para la salud relacionados con los viajes, restricciones de viaje o retrasos en el tiempo, que en algunos casos pueden ser contraproducentes. La telecirugía es una excelente solución para obtener atención médica sin que los pacientes tengan que viajar más allá de sus hospitales locales a través de los cuales la experiencia quirúrgica podría brindar atención quirúrgica a pacientes en cualquier parte del mundo, especialmente en áreas remotas, campos de batalla y áreas inaccesibles como naves espaciales<sup>8</sup>.

La evolución en la ingeniería y la robótica aplicadas al ámbito sanitario han permitido incluir mejoras en la tecnología, como cámaras de alta definición con visión tridimensional, sistemas robóticos que permiten al cirujano acceso con estabilidad y destreza a áreas complejas. Estos sistemas añaden además cancelación de temblor fisiológico, todo ello en su conjunto permite una precisión quirúrgica mejorada, reduciéndose así algunos de los riesgos derivados de la cirugía (pérdida de sangre, infección quirúrgica, dolor, etc.)<sup>9,10</sup>.

Asimismo, mediante la evolución de la telecirugía se pueden facilitar las colaboraciones entre centros, cirujanos y especialidades, pudiendo estas ocurrir en tiempo real. Un paciente puede beneficiarse de la experiencia de más de un especialista simultáneamente, y los propios cirujanos pueden beneficiarse de la docencia de estos especialistas, como se ha indicado anteriormente.

En un momento en el que parece haber una escasez de especialistas (cirujanos, anestesiólogos, etc.) en determinadas áreas geográficas, la telecirugía también podría ser una solución potencial<sup>11</sup>.

La enfermedad por coronavirus (COVID-19) causada por el SARS-CoV-2 fue declarada pandemia mundial el 11 de marzo

**Tabla 1 – Beneficios y limitaciones de la telecirugía**

Beneficios	Limitaciones
Cirugía de alta calidad en lugares médicamente desatendidos	Precisa de una red de trabajo global
Eliminar la necesidad de viajes de larga distancia, pacientes/médicos	La adquisición y mantenimiento de equipos
Permite la colaboración quirúrgica entre cirujanos de diferentes centros médicos en tiempo real	Infraestructuras que den soporte al uso paralelo de la tecnología necesaria
Docencia continuada mediante la telementorización o teletutorización	Aspectos ético-legales

de 2020 por la OMS. Durante este tiempo, las intervenciones quirúrgicas se vieron disminuidas a lo mínimo imprescindible (solo para pacientes críticos) debido al riesgo de transmisión viral. El desarrollo de la telecirugía y su consolidación hacen de ella una alternativa viable para la protección tanto del cirujano como del paciente.

A pesar de los beneficios actualmente presentes, y los venideros, de la combinación de la inteligencia artificial (IA) y la telecirugía, ebemos tener en cuenta una serie de limitaciones, sobre las que se debe actuar antes de que pueda implementarse ampliamente en entornos clínicos. Algunas de estas son:

- Formación: falta calidad de programas de capacitación y entrenamiento completamente desarrollados. La telecirugía requiere capacitación y protocolos especializados para el mantenimiento del equipo, que aún no están completamente desarrollados<sup>12</sup>.
- Limitaciones técnicas: existen varias limitaciones técnicas para la telecirugía, como la necesidad de conexiones a internet de alta velocidad y el riesgo derivado de retrasos o interrupciones en la comunicación sobre el paciente. Para solventar esta limitación son necesarias conexiones de red de alta velocidad, así como optimizar el *hardware* y el *software* del sistema de telecirugía<sup>13</sup>. La velocidad máxima teórica en el momento actual del 5 G es de hasta 10 Gbps, lo que significa que es cien veces más rápido que el 4 G cuya velocidad máxima teórica es de 100 Mbps. La incorporación de internet 5 G de alta velocidad con telecirugía reducirá el periodo de latencia actual de 0,27 a 0,01 segundos. Esta mejora en la latencia puede resolver los problemas de retrasos de tiempo de reacción que genera dudas sobre la telecirugía. Además, una red de quinta generación (5 G) también permite que una aplicación háptica cobre vida. Todas estas mejoras hacen que pueda ser una tecnología crucial para la telecirugía<sup>11-14</sup>.
- Limitaciones ético-legales: la telecirugía está aún en desarrollo, así como la legislación y las consideraciones éticas que la rodean. Requiere redes de comunicación seguras para proteger la privacidad del paciente y evitar ciberataques, así como los desafíos regulatorios relacionados con la concesión de licencias, o las responsabilidades derivadas de su uso<sup>15</sup>.
- Costes: el precio de obtención y mantenimiento de los equipos de telecirugía es actualmente alto, lo que limita en gran medida su accesibilidad para muchos proveedores de atención médica y pacientes, sobre todo en localizaciones geográficas menos favorecidas económicamente<sup>12</sup>.

La rápida evolución de la tecnología nos permite poner sobre la mesa nuevas aplicaciones en el campo de la telecirugía. Dos de las cercanas en su aplicación parecen ser la presencia del *feedback* háptico y la inclusión del internet de las cosas (IoT) en el ámbito quirúrgico:

**Feedback háptico y robots táctiles:** los sistemas de telecirugía ya disponen de cámara de visión 3D de 360° de alta resolución. Los sistemas robotizados actuales solo permiten hoy en día sensaciones visuales, pero no táctiles. El desarrollo de esta tecnología permitirá tener mejor control sobre los instrumentos e incrementar aún más las destrezas quirúrgi-

cas. La tecnología háptica permite que la transmisión de información táctil llegue al operador. La invención de la IA junto con los nuevos programas de entrenamiento de cirugía de realidad aumentada y virtual se podrían usar para mejorar aún más el brazo robótico<sup>16</sup> y hacerlo más preciso con la integración de sensores táctiles avanzados. Un ejemplo claro de cómo ha avanzado la IA en el campo de la cirugía mínimamente invasiva (CMI) es el publicado recientemente por Madani et al.<sup>17</sup>. En esta publicación detallan el uso de un sistema de IA durante la colecistectomía laparoscópica. Este sistema es capaz de reconocer la anatomía, fases del procedimiento, situaciones críticas e incluso dar soporte al cirujano durante la realización del mismo<sup>17</sup>.

**IoT: Internet of Things** es la nueva revolución tecnológica que aspira a conectar todos los objetos físicos cotidianos a internet, creando una red global de cosas únicas que pueden compartir información entre sí y completar tareas programadas. El uso del IoT en cirugía nos permitirá visualizar y estandarizar procedimientos, con el objetivo de mejorar los resultados. También se espera que su desarrollo traiga múltiples avances en la medicina, como en la cirugía<sup>18</sup>. Qué mejor ejemplo del IoT que la telecirugía o la telementorización en la cual son necesarios distintos dispositivos: cámaras, micrófonos o computadoras que transmiten información a través de internet. Otro buen ejemplo es la cirugía con navegación estereotáctica o con superposición de imágenes, donde el cirujano es asistido por dispositivos remotos durante la realización del procedimiento.

Otro campo de desarrollo impresionante es el de las aplicaciones. Diversas empresas del sector tecnológico están poniendo en marcha aplicaciones que nos permiten conocer en tiempo real el número de procedimientos realizados con sus dispositivos, cómo utilizamos los mismos, así como cuál es el flujo de trabajo durante nuestros procedimientos mínimamente invasivos, que a la vez, quedan registrados en forma de video en la aplicación, como es el caso de *My Intuitive®* (Intuitive Surgical, CA, EE. UU.) o *Touch Surgery®* (Medtronic, CT, EE. UU.).

## Telemonitorización

Al igual que la telecirugía, es parte de la telemedicina, y viene a complementar el seguimiento del paciente.

Conocemos la telemonitorización como el proceso de monitorización continua o no continua que permite a un profesional sanitario interpretar de forma remota los datos necesarios para el seguimiento médico de un paciente y, en caso necesario, tomar decisiones sobre el estado de salud del paciente (p. ej., en el caso de la monitorización remota de un paciente cardíaco con desfibrilador).

La telemonitorización ha ganado una gran aceptación, especialmente en la atención a pacientes posoperatorios. Al permitir la monitorización y el manejo remoto de los signos vitales básicos, síntomas y progreso de recuperación de los pacientes, haciendo que disminuyan los ingresos hospitalarios y aumentando la satisfacción del paciente.

Aunque representa mucho más que una simple comunicación de datos de salud a través de una «conexión remota». En el pasado, mediante dispositivos a menudo voluminosos y

costosos, se registraban simples observaciones de las variables clínicas de los pacientes y posteriormente se enviaban a la consulta del médico especialista. Un paso posterior necesario era la recopilación y el almacenamiento de estos datos en un sistema en la nube que el médico, en cualquier momento posterior, podía consultar de forma remota y posiblemente modificar las recomendaciones de tratamiento en función de los resultados.

La rápida evolución de los sistemas de monitorización hace que los nuevos sistemas puedan estar dotados de IA y sean capaces de adquirir datos y elaborar informes tanto para el paciente como para el especialista de la necesidad de modificación terapéutica, hospitalización o acceso a urgencias. Junto con este proceso de maduración de la tecnología, el mercado de dispositivos también ha experimentado cambios significativos<sup>19</sup>, que ha llevado al empleo incluso de dispositivos *wearables* convencionales en el sector sanitario.

Hace unos años, los sistemas eran demasiado caros y su difusión generalizada era bastante difícil. Cada sistema estaba vinculado a su propia plataforma y no podía interoperar con otros sistemas en uso por el médico o el hospital. Los dispositivos eran imposibles de personalizar para satisfacer las necesidades del usuario. Además, estos dispositivos fueron concebidos para funcionar solo en entornos seleccionados, con un rango de acciones muy limitado. La oferta actual de telemonitorización ha cambiado el enfoque, tratando de trabajar hacia un sistema que sea ubicuo, eficiente y sostenible.

Hoy en día, ya en los dispositivos móviles que utilizamos en nuestra vida diaria (*smartphones*, *smartwatch*, aplicaciones, etc.) la cantidad de dispositivos médicos que tienen conexión a internet se ha duplicado en los últimos cinco años y actualmente está creciendo al doble de esta velocidad. Muchos sensores/dispositivos de última generación son capaces de detectar, registrar y sugerir las acciones que se deben realizar en relación con el estado físico del paciente<sup>20</sup> esto también abre las puertas a nuevas formas de telemonitorización.

Son también muchas las aplicaciones de las que disponen los distintos sistemas de salud a nivel tanto nacional como internacional que permiten al paciente consultar su historial clínico, interactuar con el profesional que le sigue y sobre las que se pueden integrar sistemas de telemonitorización.

El abordaje quirúrgico mínimamente invasivo, particularmente la cirugía robótica, ha contribuido significativamente a la disminución de la estancia posoperatoria en el hospital y a mejorar la recuperación funcional. Estos resultados fueron

mejorados aún más por el manejo perioperatorio de las guías de recuperación temprana (*Enhanced Recovery After Surgery* [ERAS], vía clínica de recuperación intensificada en cirugía del adulto [RICA], etc.) que ayudan a minimizar aún más el estrés quirúrgico, disminuyendo la morbilidad derivada de los procedimientos de cirugía y, por ende, acortando la estancia hospitalaria<sup>21,22</sup>.

Con el objetivo de disminuir aún más la hospitalización, la telemonitorización ofrece la oportunidad de monitorizar la recuperación de los pacientes después de una cirugía, en su domicilio.

La telemonitorización durante el posoperatorio presenta diferentes ventajas, tales como permitir a los pacientes un contacto directo con el equipo quirúrgico o la atención personalizada desde la comodidad de su domicilio. Facilita la comunicación médico-paciente mediante videoconferencia, mejora los resultados del paciente en cuanto a satisfacción, y todo ello permite mejorar los resultados y los costes en salud. Sin embargo, también tiene algunas limitaciones, como fallos técnicos, problemas de conectividad, aislamiento del paciente, precisa de redes de comunicación seguras dado el elevado contenido en datos confidenciales, así como falta de adecuación de estos programas para algunos pacientes (tabla 2).

La evidencia científica actual pone de manifiesto excelentes resultados al incluir la telemedicina en el entorno posoperatorio, siendo los resultados clínicos comparables a los resultados en el marco del seguimiento clínico tradicional<sup>23</sup>.

Varios estudios han descrito la utilidad de la telemonitorización durante el periodo posquirúrgico en pacientes sometidos a cirugía tales como la cardíaca o la traumatología, pero recientemente se ha visto un interés en el campo de la cirugía abdominal, aunque queda por realizarse estudios prospectivos que lo avalen, prácticamente todos ellos concluyen que la telemonitorización es segura, con una alta tasa de detección de eventos y el tratamiento de estos. Lo que concluye en una alta satisfacción del paciente y los profesionales a su cargo<sup>21,24-27</sup>.

Telemonitorización

Los retos de formación en cirugía robótica han incrementado generando incluso nuevas herramientas docentes como:

Tabla 2 – Ventajas y limitaciones de la telemonitorización posoperatoria	
Ventajas de la telemonitorización	Desventajas de la telemonitorización
Permite conexión hospital/paciente, y que reciban atención personalizada desde su domicilio	Fallos de tecnología (tanto de redes como de sistemas físicos) que pueden ocasionar falta de identificación de complicaciones
Facilita el contacto entre el paciente y el médico a través del uso de tecnología de monitorización remota	Los pacientes pueden sentirse aislados o desconectados por la falta de interacción física
Puede mejorar los resultados del paciente al detectar complicaciones tempranas y permitir intervenciones oportunas	La telemonitorización requiere sistemas de comunicación estables y seguros
Puede reducir el coste derivado de atención médica al minimizar las readmisiones hospitalarias y las visitas a urgencias, así como el gasto de hospitalización	Gastos derivados de la puesta en marcha del programa (aplicaciones, sistemas físicos de monitorización, etc.)
Puede brindar a los pacientes una mayor comodidad y flexibilidad en el manejo de su atención posoperatoria	Puede no ser adecuado para todos los pacientes, como para aquellos con condiciones médicas complejas o limitaciones para aprendizaje de la tecnología

- Programas de observación de casos.
- Talleres, utilizando simulación quirúrgica física o virtual.
- E-learning con material didáctico multimedia: videos, presentaciones en PDF, diapositivas, etc.
- Seminarios en línea (*webinars*).
- Transmisión de cirugías en directo a través de video streaming.
- Programas presenciales.
- Programas de *fellowship* de diferente duración.

La creciente evolución en la tecnología aplicada a la cirugía hace que la adaptación y aprendizaje de los cirujanos sea una prioridad. Aunque la capacitación en estas técnicas durante la educación quirúrgica de posgrado es ahora un requisito estandarizado, existe una gran población de cirujanos en ejercicio que no han sido expuestos a la educación estandarizada requerida para realizar estos procedimientos de manera segura y fluida.

La gran mayoría de los cirujanos formados y los que se encuentran en formación necesitan estar capacitados y obtener las habilidades necesarias para mitigar los efectos adversos que la implantación de las nuevas tecnologías pudiera tener sobre el paciente al que se somete a estos procedimientos. Una revisión independiente del *Emergency Care Research Institute* (ECRI) sobre los peligros de la tecnología de la salud en 2015 identificó la capacitación insuficiente en cirugía robótica como uno de los 10 principales riesgos para los pacientes<sup>28</sup>.

En una revisión sistemática reciente sobre la experiencia de telementorización en cirugía se identificaron un total de 66 estudios para su inclusión. En total, el 48% de los estudios se realizaron en cirugía general; 22 (33%), 24 (36%) y 20 (30%) de los estudios informaron telementorización que ocurrió dentro del mismo hospital, fuera del hospital y fuera del país, respectivamente. De los estudios, 64 (98%) emplearon video y audio y 38 (58%) usaron Telestration. Compararon directamente la tutoría a distancia con la tutoría física 12 estudios separados. No mostraron diferencias en los resultados entre la tutoría a distancia y la tutoría presencial siete (58%). Ningún estudio encontró que la telementorización resultara en peores resultados posoperatorios. Los resultados de esta revisión sugieren que la telementorización tiene un perfil de seguridad y eficacia similar al de la tutoría presencial. Se requieren análisis futuros para determinar los posibles beneficios y peligros de la educación quirúrgica a través de la teletutoría para determinar el papel exacto que desempeñará en el futuro. Los avances tecnológicos para mejorar la conectividad remota también ayudarían a la adopción de la teletutoría a mayor escala<sup>29</sup>.

La CMI se ha aplicado ampliamente a la cirugía laparoscópica y robótica. Sin embargo, se estima que la curva de aprendizaje de la CMI es más larga que la de muchos otros procedimientos. Además, se ha demostrado que este proceso de aprendizaje influye en los resultados clínicos y económicos. En este contexto, la optimización de los resultados durante la curva de aprendizaje para los cirujanos menos experimentados en CMI y los residentes con una mentorización rigurosa, adquiere una mayor importancia. Los *fellowship* en CMI proporcionan una experiencia suficiente para superar estos obstáculos, pero puede que no todos los alumnos dispongan de oportunidades de formación similares. Esto es aún más

frecuente en el caso de los cirujanos que no se encuentran en hospitales con acceso a la tecnología, donde el acceso a una formación adecuada en CMI avanzada es limitado. Esto puede ser un problema importante, incluso en el mundo desarrollado, en países con grandes áreas geográficas con baja densidad de población, como Estados Unidos o Australia.

Los avances tecnológicos han abierto nuevas vías de comunicación a larga distancia a través de la telemedicina, lo que podría dar respuesta a la necesidad insatisfecha de una mentorización adecuada en CMI. Gracias a esta tecnología, un cirujano experto puede observar y supervisar activamente una intervención realizada por un cirujano en formación en otra institución. Las redes móviles 5 G lanzadas recientemente ofrecen esta posibilidad de una forma que hasta ahora no era posible.

La telementorización puede clasificarse en cuatro niveles de avance: guía verbal, guía con telestración, guía con teleasistencia y telecirugía. Aunque la telementorización quirúrgica y la telecirugía adoptan diversas formas, pueden estratificarse según el nivel creciente de interacción entre el tutor y el alumno. La instrucción por parte del tutor puede ser tan simple como una guía verbal mientras el tutor ve un video en tiempo real de la operación. En las interacciones más avanzadas, la telementorización puede implicar progresivamente la indicación de zonas objetivo en la pantalla del monitor local (telestración), asumir el papel de asistente controlando la cámara operatoria o un instrumento mediante brazos robóticos (cirugía teleasistida), o realizar realmente la cirugía a distancia (telecirugía)<sup>30</sup>.

La teleasistencia y la telecirugía en CMI son cada vez más prácticas y rentables económicamente para facilitar la docencia de técnicas quirúrgicas avanzadas en todo el mundo y la prestación de asistencia quirúrgica en zonas desatendidas. Sin embargo, aún quedan muchos retos por superar. La madurez de estas modalidades depende de incentivos económicos, una legislación favorable y la colaboración con expertos en ciberseguridad para garantizar la seguridad y la rentabilidad.

En la actualidad, los procedimientos quirúrgicos digitalizados permiten la interacción a distancia. Existen experiencias exitosas de telecirugía con el sistema quirúrgico da Vinci (*Intuitive Surgical Inc.*, Sunnyvale, CA, EE. UU.) como ya hemos comentado.

Este escenario permite profundizar en un programa de teleasistencia por parte de cirujanos expertos que ayuden a otros a adquirir este nivel de experiencia para obtener un beneficio para los pacientes, proporcionándoles una cirugía potencialmente más segura y dándoles acceso a las posibilidades que ofrecen los avances quirúrgicos de la CMI. Debido a razones tecnológicas y a la falta de experiencia de los cirujanos/equipos, probablemente sea pronto para explorar a mayor escala la cirugía teleasistida y la telecirugía, pero no cabe duda de que, en el futuro cercano, serán empleadas de forma cotidiana.

## Conclusión

La telemedicina se ha convertido en uno de los componentes del sistema sanitario con más rápida expansión. En los últimos



años, su papel dentro de los cuidados perioperatorios a intraoperatorios ha cobrado mucha importancia, mostrando excelentes resultados clínicos, un alto grado de satisfacción de los pacientes, pudiendo disminuir las estancias hospitalarias y los tiempos de espera, conllevando un ahorro de costes tanto para el paciente como para los sistemas sanitarios. Asimismo, ha permitido la evolución y la implantación de sistemas que le permiten al profesional afianzar y desarrollar nuevos conocimientos con seguridad permitiendo la implantación más rápida y segura de nuevas tecnologías.

Las perspectivas del futuro han de centrarse en la confidencialidad del paciente y en la difusión e implantación generalizadas de la telemedicina en sus distintas formas. En cuanto a los profesionales, se deben permitir programas estandarizados y avalados de telementorización que vengan a complementar los actuales sistemas formativos presenciales.

## Financiación

Este trabajo no ha recibido ningún tipo de financiación.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## BIBLIOGRAFÍA

- WHO. (1997). A Health Telematics Policy in Support of WHO's Health-For-All Strategy for Global Health Development: Report of the WHO Group Consultation on Health Telematics. [consultado 24 Oct 2021]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/63857/WHO\\_DGO\\_98.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/63857/WHO_DGO_98.1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nittari G, Khuman R, Baldoni S, Pallotta G, Battineni G, Sirignano A, et al. Telemedicine practice: Review of the current ethical and legal challenges. *Telemed J E Health*. 2020;26:1427–37. <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2020.0345>.
- Raison N, Khan MS, Challacombe B. Telemedicine in surgery: what are the opportunities and hurdles to realizing the potential? *Curr Urol Rep*. 2015;16:43.
- Johnson B, Somu G. Robotic telesurgery: benefits beyond barriers. *BMJ Med J*. 2016;3:51–4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2015.03.107>.
- Bailo P, Gibelli F, Blandino A, Piccinini A, Ricci G, Sirignano A, Zoja R. Telemedicine Applications in the Era of COVID-19: Telesurgery Issues. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;19:323. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19010323>.
- Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, Meyers WC. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg*. 2004;239:14–21. <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000103020.19595.7d>.
- Marescaux J. [Code name: «Lindbergh operation»]. *Ann Chir*. 2002;127:2–4.
- Shenai MB, Tubbs RS, Guthrie BL, Cohen-Gadol AA. Virtual interactive presence for real-time, long-distance surgical collaboration during complex microsurgical procedures. *J Neurosurg*. 2014;121:277–84. <http://dx.doi.org/10.3171/2014.4.JNS131805>.
- Choi PJ, Oskouian RJ, Tubbs RS. Telesurgery: past, present, and future. *Cureus*. 2018;10:e2716. <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.2716>.
- Memos VA, Minopoulos G, Psannis K. The Impact of IoT and 5 G Technology in Telesurgery: Benefits & Limitations. *IEEE*; 2019.
- Mohan A, Wara UU, Arshad Shaikh MT, Rahman RM, Zaidi ZA. Telesurgery and Robotics: An Improved and Efficient Era. *Cureus*. 2021;13:e14124. <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.14124>.
- Malik MH, Brinjikji W. Feasibility of telesurgery in the modern era. *Neuroradiol J*. 2022;35:423–6. <http://dx.doi.org/10.1177/19714009221083141>.
- Korte C, Nair SS, Nistor V, Low TP, Doarn CR, Schaffner G. Determining the threshold of time-delay for teleoperation accuracy and efficiency in relation to telesurgery. *Telemed J E Health*. 2014;20:1078–86. <http://dx.doi.org/10.1089/tmj.2013.0367>.
- de Lacy, A. 5 G opens the future of telesurgery. *HealthManagement*, 18; 2018 [consultado 21 Ago 2018]. Disponible en: <https://healthmanagement.org/c/healthmanagement/issuearticle/5g-opens-the-future-of-telesurgery>
- Sa'ceanu SM, Angelescu C, Valeriu S, Patrascu A. Telesurgery and robotic surgery: ethical and legal aspect. *J Community Med Health Educ*. 2015;5:355. <http://dx.doi.org/10.4172/2161-0711.1000355>.
- Antony J, Lingeswaran R, Balakumar N. Tele-robotic surgical arm system with efficient tactile sensors in the manipulators. *Asian J Appl Sci Technol*. 2017;1:99–102 [consultado 1 Feb 2017]. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=2941106>
- Madani A, Namazi B, Altieri MS, Hashimoto DA, Rivera AM, Pucher PH, et al. Artificial Intelligence for Intraoperative Guidance: Using Semantic Segmentation to Identify Surgical Anatomy During Laparoscopic Cholecystectomy. *Ann Surg*. 2022;276:363–9. <http://dx.doi.org/10.1097/SLA.0000000000004594>.
- Ushimaru Y, Takahashi T, Souma Y, Yanagimoto Y, Nagase H, Tanaka K, et al. Innovation in surgery/operating room driven by Internet of Things on medical devices. *Surg Endosc*. 2019;33:3469–77. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-018-06651-4>.
- Volterrani M, Sposato B. Remote monitoring and telemedicine. *Eur Heart J Suppl*. 2019;21 Suppl M:M54–6. <http://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/suz266>.
- Robaldo A, Rousas N, Pane B, Spinella G, Palombo D. Telemedicine in vascular surgery: clinical experience in a single centre. *J Telemed Telecare*. 2010;16:374–7. <http://dx.doi.org/10.1258/jtt.2010.091011>.
- Mancini R, Bartolo M, Pattaro G, Ioni L, Picconi T, Pernazza G, et al. The role of telemedicine in the postoperative home monitoring after robotic colo-rectal cancer surgery: a preliminary single center experience. *Updates Surg*. 2022;74:171–8. <http://dx.doi.org/10.1007/s13304-021-01132-1>.
- Gustafsson UO, Scott MJ, Hubner M, Nygren J, Demartines N, Francis N, et al. Guidelines for perioperative care in elective colorectal surgery: enhanced recovery after surgery (ERAS) society recommendations: 2018. *World J Surg*. 2019;43:659–95. <http://dx.doi.org/10.1007/s00268-018-4844-y>.
- Gunter RL, Chouinard S, Fernandes-Taylor S, Wiseman JT, Clarkson S, Bennett K, et al. Current use of telemedicine for post-discharge surgical care: a systematic review. *J Am Coll Surg*. 2016;222:915–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamcollsurg.2015.12.026>.
- Pickens R, Cochran A, Tezber K, Berry R, Bhattacharya E, Koo D, et al. Using a mobile application for real-time collection of patient-reported outcomes in hepatopancreatobiliary surgery within an ERAS pathway. *Am Surg*. 2019;85:909–17. <http://dx.doi.org/10.1177/000313481908500847>.
- Sun V, Dumitra S, Ruel N, Lee B, Melstrom L, Melstrom K, et al. Wireless monitoring program of patient-centered

- outcomes and recovery before and after major abdominal cancer surgery. *JAMA Surg.* 2017;152:852–9. <http://dx.doi.org/10.1001/jamasurg.2017.1519>.
26. Paul JE, Chong MA, Buckley N, Harsha P, Shanthanna H, Tidy A, et al. Vital sign monitoring with continuous pulse oximetry and wireless clinical notification after surgery (the VIGILANCE pilot study)-A randomized controlled pilot trial. *Pilot Feasibility Stud.* 2019;5:36. <http://dx.doi.org/10.1186/s40814-019-0415-8>.
  27. Dorrell RD, Vermillion SA, Clark CJ. Feasibility of real time location systems in monitoring recovery after major abdominal surgery. *Surg Endosc.* 2017;31:5457–62. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-017-5625-7>.
  28. Chen IA, Ghazi A, Sridhar A, Stoyanov D, Slack M, Kelly JD, et al. Evolving robotic surgery training and improving patient safety, with the integration of novel technologies. *World J Urol.* 2021;39:2883–93. <http://dx.doi.org/10.1007/s00345-020-03467-7>.
  29. Augestad KM, Han H, Paige J, Ponsky T, Schlachta CM, Dunkin B, et al. Educational implications for surgical telementoring: a current review with recommendations for future practice, policy, and research. *Surg Endosc.* 2017;31:3836–46. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-017-5690-y>.
  30. Bilgic E, Turkdogan S, Watanabe Y, Madani A, Landry T, Lavigne D, et al. Effectiveness of Telementoring in Surgery Compared With On-site Mentoring: A Systematic Review. *Surg innov.* 2017;24:379–85. <http://dx.doi.org/10.1177/1553350617708725>.