

Cirugía abierta, laparoscópica y robótica

4

Héctor Ali Valenzuela Alpuche

INTRODUCCIÓN

El concepto de cirugía como se conoce el día de hoy data del siglo XIX y aunque las cirugías realizadas en la actualidad tienen muy poco parecido con las llevadas a cabo en ese entonces siguen obedeciendo a la necesidad de curar, tratar o paliar condiciones de salud que no pueden manejarse de forma médica pese a la necesidad de invadir con heridas y materiales el cuerpo humano. Pero no fue sino hasta después de los 1900 que las probabilidades de sobrevivir a un procedimiento quirúrgico fueron mejores a las de un desenlace fatal¹ y ello fue siempre de la mano con los nuevos descubrimientos satélites de la cirugía, como la anestesia, tratamiento y prevención de las infecciones, y la capacidad de reducir el grado de invasión necesario para lograr el objetivo quirúrgico deseado, por lo que si algo se debe aprender de la historia es que la cirugía es una ciencia en evolución constante y es justo este fenómeno el que permite que la tecnología y los avances médicos el día de hoy brinden formas más seguras, eficientes y reproducibles de enfrentar padecimientos cada vez más complejos.

En la actualidad, la tasa cruda de mortalidad posterior a intervenciones quirúrgicas va de 0.5 a 5%; las complicaciones asociadas con la cirugía ocurren en un 25% de pacientes en el mundo; cerca del 50% de los eventos adversos intrahospitalarios tienen relación con algún procedimiento quirúrgico en países industrializados y de éstos se considera que la mitad de ellos pudieron prevenirse;² por lo tanto, existe mucho terreno por ganar para que la ciencia y la tecnología permitan mejorar tales estadísticas.

CIRUGÍA ABIERTA

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Con la teoría de que existían microorganismos capaces de causar infección en las heridas y lecho quirúrgico del ser humano, Joseph Lister publica en 1865 sus primeras recomendaciones de antisepsia con su método denominado “listerismo” para la prevención de infecciones asociadas a cirugía siendo este junto con la aplicación de la anestesia de forma sistemática el mayor punto de inflexión para el inicio de la era moderna de la cirugía ya que estos avances le permitieron al cirujano realizar procedimientos más complejos con mayor precisión (**figura 4-1**).

En sus inicios, la cirugía abierta no sólo era el método para tratar la enfermedad sino que al no contar con estudios de imagen o laboratorio que brindaran un diagnóstico representaba el método de elección que permitía investigar la patología que afectaba al enfermo. En 1886, por ejemplo, con aplicación de cloroformo, John Stough Bobbs hizo una exploración abdominal, pues presumía la existencia de un quiste ovárico que afectaba el costado derecho de una paciente femenina de 30 años; para su sorpresa, la masa

Introducción

Cirugía abierta

Antecedentes históricos

Principios básicos de la cirugía abierta

Cirugía laparoscópica

Antecedentes históricos

Etapas de la cirugía laparoscópica

Neumoperitoneo

Colocación de de trócares

Acceso a la cavidad

Cirugía robótica

Antecedentes históricos

Componentes de las
plataformas robóticas

Perlas

Referencias

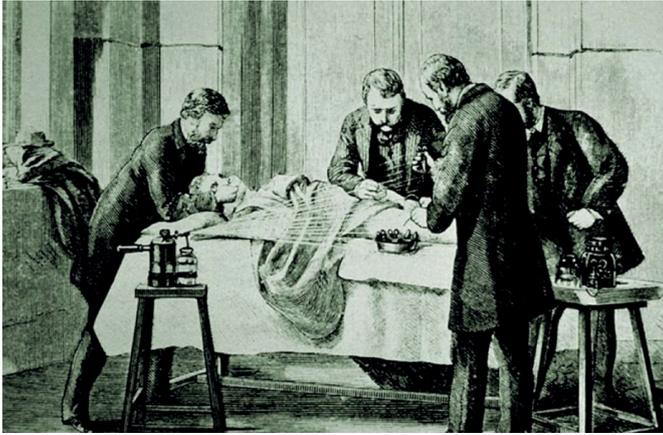


Figura 4-1. Cirugía con aplicación de ácido carboxílico en spray desde el banco junto a la camilla (todavía con ropa de calle).

quística que encontró contenía en su interior líquido amarillento y cuerpos sólidos que variaban de tamaño y coloración; así hizo de forma accidental la primer colecistectomía exitosa; en 1882, Carl Langenbuch hará la primera colecistectomía en el hospital Lazarus de Berlín;³ en lo sucesivo vinieron más procedimientos quirúrgicos todavía vigentes: apendicectomía, tiroidectomía y gastrectomía, sólo por mencionar algunos.

Casi todos los procedimientos mínimamente invasivos con los que se cuenta hoy en día tienen origen en la cirugía abierta, por lo cual se le considera la madre de todos los abordajes; también permitió profundizar los conocimientos de anatomía, eliminar conceptos erróneos fundamentados en conjeturas y teorías religiosas, y descubrir detalles del cuerpo humano que han complementado la formación de generaciones de médicos a través de la historia.

Quizás el mensaje más trascendente hoy en día es que la cirugía abierta sigue siendo una herramienta esencial para que las personas disfruten de vidas más largas con buena calidad, pues casi nadie escapa de tener un padecimiento cuyo tratamiento efectivo sea la cirugía; de hecho, en la era moderna, se presume que el ser humano promedio atravesará siete procedimientos quirúrgicos a lo largo de su vida.⁹

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA CIRUGÍA ABIERTA

Se puede definir la cirugía como una disciplina científica que utiliza las manos o instrumentos manejados por éstas para curar enfermedades y mejorar la salud. Es una ciencia que abarca el tratamiento total de un padecimiento, que incluye la intervención quirúrgica, a fin de corregir deformidades, reparar defectos y lesiones, y mitigar el sufrimiento.

Los tiempos básicos de una cirugía consisten en una serie de maniobras sistematizadas sobre el área de interés, que permite lograr el objetivo deseado; a esto se le denomina técnica quirúrgica, la cual consiste en concreto en incisión, hemostasia, exposición, disección y sutura.

La incisión es la sección metódica y controlada de los tejidos suprayacentes al órgano que se desea abordar; muchas de las incisiones que se realizan llevan el nombre del cirujano que las describió de forma inicial: Kocher, McBurney, Pfannestiel; en otros casos se les conoce por el sitio anatómico donde se realiza: media, paramedia, subcostal, transversa.⁴

La hemostasia es cuando un cirujano cohibe una hemorragia tanto de forma temporal como definitiva. La hemostasia temporal se refiere a detener el flujo sanguíneo a través del tejido mediante la presión digital, compresión directa o aplicación de pinzas, que puede ser reversible; la hemostasia definitiva es el acto de colocar una ligadura, sutura de transfijión, energía térmica o grapas metálicas para que el flujo sea cohibido de forma definitiva, lo cual permite, además, que el sistema de coagulación del cuerpo humano haga lo propio.⁵

Para lograr la exposición del órgano blanco se cuenta con diferentes procedimientos, donde destacan la separación, retracción y limpieza del campo operatorio; la exposición se va a lograr realizando dos tipos de separación: la separación activa, cuando el ayudante manipula el separador y se adapta a las necesidades del cirujano en el procedimiento; la separación pasiva, cuando un instrumento está fijo y retrae tejidos para brindar exposición.⁶

La disección es un tiempo fundamental de la técnica quirúrgica, que consiste en liberar las estructuras del tejido conectivo y de los órganos adyacentes para efectuar la reconstrucción o resección, según sea el objetivo deseado. La disección roma es manual o con un instrumento romo que ayuda a encontrar planos de clivaje y lograr diéresis de los tejidos. La disección cortante requiere un instrumento con filo o energía eléctrica con el mismo fin.⁷

Por último, la sutura consistirá en la reconstrucción, reaproximación y cierre definitivo de los tejidos manipulados. Cuando la sutura se aplica para crear una unión entre dos estructuras con un lumen común se le denomina anastomosis; puede ser intestinal y vascular, entre otras. La sutura también se emplea para cerrar las capas de tejido que se seccionaron para lograr exposición en la cirugía; a esto se le llama tiempo de cierre. Tanto el calibre y las características del hilo de sutura seleccionado como la técnica aplicada cobran un papel relevante para lograr que los cierres sean herméticos y permanentes.⁸

CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Mínimizar los accesos en procedimientos quirúrgicos es quizá tan trascendente como el descubrimiento de la anestesia en la historia de la cirugía. En décadas recientes, la laparoscopia logró que las grandes, debilitantes y mórbidas incisiones se redujeran a pequeñas incisiones de 1 y 0.5 cm, lo cual facilita que muchos procedimientos en el escenario ideal permitan a los pacientes regresar a casa más rápido, y recuperar su calidad de vida de forma más eficiente y con menos secuelas que con la cirugía abierta.

El cirujano siempre ha buscado que la invasión al enfermo sea menor cada vez e incluso así obtener el objetivo deseado. Los primeros esfuerzos para lograr tal meta datan de 1901, cuando se registró la primera exploración endoscópica de la cavidad abdominal realizada por Dimitri Von Ott en una paciente embarazada.¹⁰

La laparoscopia se convirtió sobre todo en una herramienta de diagnóstico cuando se desarrollaron sistemas ópticos a través de lentes e iluminación de fibras que conducen luz fría, e incidió en particular en el área de ginecología y, en menor medida, en cirugía general. La usan sobre todo los ginecólogos para ligadura de salpinge.

Un punto de inflexión para el advenimiento de más técnicas quirúrgicas de mínima invasión en un periodo de tiempo relativamente corto fue en 1987, cuando Philippe Mouret, ginecólogo francés, efectuó la primera colecistectomía laparoscópica con cuatro puertos. Así, durante el decenio de 1990 se reprodujeron por vía laparoscópica múltiples técnicas que antes sólo se ejecutaban de la forma tradicional. Hoy día, la laparoscopia es el abordaje de elección para un gran número de procedimientos.¹¹

Los principios de Halsted para la formación del cirujano: “ver una, hacer una y enseñar una” no aplican en cirugía laparoscópica, ya que presenta una curva de aprendizaje más prolongada asociada con la necesidad de desarrollar coordinación mano-ojo, escasa háptica, visión y maniobras de forma bidimensional, así como el incremento en la complejidad de los casos; por lo tanto, la simulación fuera de quirófano se ha convertido en la herramienta clave para el desarrollo de aptitudes y habilidad.¹²

La coordinación mano-ojo consiste en el método indirecto con el que se manipula un objeto observado de forma remota, donde la orientación de la lente que muestra la imagen y la dirección del instrumento utilizado para dicha manipulación deben estar en sincronía.¹³

La háptica es la habilidad que se tiene a través del sentido del tacto de identificar cualidades de un objeto que se manipula, como su consistencia, dimensiones y superficie. En cirugía laparoscópica, dicha sensación está disminuida, pues todo se percibe de forma indirecta a través del instrumento manipulador; ello puede dificultar la manipulación de los tejidos y volverlos susceptibles a lesiones; es uno de los retos que enfrenta el cirujano que incursiona en la mínima invasión.¹⁴

Cuando se realiza cirugía laparoscópica, se tienen monitores que permiten observar lo que ocurre a lo ancho y alto; sin embargo, se carece de percepción de profundidad; el operador debe desarrollar la habilidad de trabajar con una visión en dos dimensiones. Los avances tecnológicos han permitido que se cuente con algunos monitores en 3D que pueden dar sensación de profundidad, pero requieren del uso simultáneo de lentes para percibirla; esto lo hace poco práctico para el uso cotidiano, además de no siempre está disponible para todo el equipo quirúrgico.

Al igual que en la cirugía abierta, en la laparoscopia los principios básicos de incisión, hemostasia, exposición, disección y sutura son parte esencial de la técnica quirúrgica, pero además se tiene el reto de adoptar nuevas herramientas y tecnología que pueden facilitar ciertas maniobras; esto incremen-

ta los gastos totales del procedimiento quirúrgico y es un detrimento desde el punto de vista administrativo para la adopción de dicha intervención; sin embargo, en la actualidad se comprende que los beneficios asociados con la ausencia de morbilidad por grandes incisiones, así como las estancias hospitalarias más breves y menor índice de readmisión por complicaciones relacionadas con la cirugía, convierten a la laparoscopia en el estándar de oro para el manejo de muchas patologías en todas las especialidades quirúrgicas.¹⁵

ETAPAS DE LA CIRUGÍA LAPAROSCÓPICA

Neumoperitoneo

El neumoperitoneo es esencial en la cirugía laparoscópica, pues crea un espacio entre las vísceras y la pared abdominal que facilita la visión dentro de la cavidad y mejora la capacidad de maniobra para los instrumentos del cirujano; dicho espacio se obtiene después del acceso a la cavidad abdominal mediante gas insuflado; la adaptación de esta técnica se ha ido dando desde la experiencia.

En el decenio de 1970, el gas preferido era el óxido nitroso, pero debido a su baja solubilidad y potencial inflamable se dejó de usar.¹⁶ El argón y helio son gases inertes populares que en algún momento se utilizaron, aunque de nuevo, gracias a su baja solubilidad en sangre y alto potencial de causar embolismo venoso y enfisema subcutáneo persistente también se descartaron.¹⁷ Con base en la evidencia, el CO₂ se convirtió en el gas de elección para la creación del neumoperitoneo por su bajo costo, alta solubilidad, ausencia de combustión y rápida expresión por la respiración; sin embargo, en estudios recientes se ha demostrado que en caso aislados existen cambios metabólicos, inmunológicos y estructurales secundarios a una respuesta inflamatoria peritoneal y sistémica, lo anterior es directamente proporcional al tiempo quirúrgico y presión intrabdominal.¹⁸ Por tanto, la tendencia actual es manejar niveles de presión intraperitoneal de 12 mm Hg.

Colocación de de trócares

La meta al colocar los trócares y seleccionar su ubicación en el abdomen del paciente es tanto que la cámara tenga acceso a la anatomía meta del sitio quirúrgico como brindar espacio para que el cirujano pueda trabajar dentro de la cavidad con una postura cómoda y relajada. La mejor forma de lograr esta meta es pensando en la superficie del abdomen como si fuera un diamante de cuatro lados, ubicando la anatomía meta en una esquina y el lente en la esquina opuesta, con los instrumentos de trabajo a cada lado (**figura 4-2**).¹⁹

El sitio ergonómicamente ideal para la colocación de trócares deberá ser tal que los mangos de los instrumentos estén a la altura de los codos del cirujano, para que su espalda esté recta y los hombros relajados; esto brinda la mejor postura y mayor rango de maniobra.²⁰

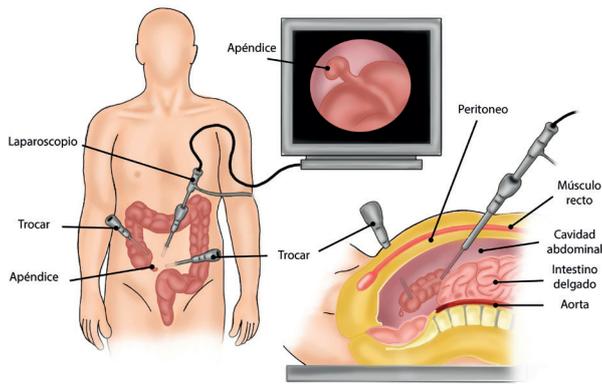


Figura 4-2. Neumoperitoneo con CO₂ y colocación de trócares.

Acceso a la cavidad

El acceso a la cavidad peritoneal es una maniobra fundamental que se asocia con riesgos y complicaciones propios y muy únicos de esta etapa de la cirugía, como lesiones viscerales no advertidas y lesiones vasculares; ambos casos son situaciones catastróficas que pueden afectar de forma grave el desenlace del procedimiento y potencialmente poner el riesgo la vida del enfermo. Existen múltiples técnicas descritas, pero no existe un consenso claro de cuál es el método óptimo para lograr acceso a la cavidad peritoneal.²¹ Para su descripción se pueden dividir las técnicas de acceso en dos tipos: las que se hacen con la colocación directa del trocar a la cavidad abdominal y las que lo hacen previa insuflación mediante la colocación de una aguja de Veress sin ser una superior a la otra, pues ambas dependen de la familiaridad y experiencia que tenga el cirujano para aplicarlas.²² La técnica más popular para la colocación de los trócares de manera inicial es la de Hasson, donde se realiza una incisión y disección directa por planos a la cavidad peritoneal, colocando sutura en las fascias de forma circular, para que después de la colocación de trocar y se insufla la cavidad con gas, éste no fugue alrededor del mismo. La técnica con aguja de Veress consiste en introducir la aguja para insuflar la cavidad; una vez creado el neumoperitoneo, se introduce el trocar óptico y luego los complementarios bajo visión directa. Cuando la aguja de Veress se coloca en el cuadrante superior izquierdo se le llama técnica de Palmer; el punto de Palmer se considera un sitio seguro y donde es menos factible que haya lesiones vasculares y viscerales no advertidas.²³

No existe un consenso con evidencia de calidad para decir que una técnica es superior a la otra, sobre todo porque la información que se obtiene presenta un sesgo por ser la opinión de un cirujano que aplica la técnica y depende por completo de su gusto y familiaridad con la misma. En términos generales, ambas técnicas se consideran seguras y sólo en la opinión del autor se considera que en abdomen virgen a cirugía ambas son válidas y se pueden implementar; sin embargo, en aquellos pacientes que han tenido cirugía previa con probabilidad de adherencias es mejor lograr el acceso con técnicas abiertas

y colocación de trocar bajo visión directa para minimizar la posibilidad de lesiones no advertidas.

La cirugía laparoscópica ha presentado grandes avances, sobre todo desde los dos decenios pasados y es parte de la formación del cirujano general en la mayoría de los programas de gran parte de los países del mundo; se expande cada vez más, gracias a su rango de eficacia, como la opción terapéutica a implementar; su mayor limitante tiene que ver con la disponibilidad de los insumos y el desarrollo de habilidades por parte del cirujano que la implementa debido a las curvas de aprendizaje prolongadas en procedimientos complejos.²⁴

CIRUGÍA ROBÓTICA

No hay duda de que las ventajas que ofrece la cirugía de mínima invasión la convierte en el estándar de oro para múltiples patologías quirúrgicas del abdomen, pero las limitaciones propias de operar con instrumentos rectos, en plano bidimensional y con una visión limitada a la capacidad de maniobra del ayudante hacen que sea menos atractiva para ejecutar procedimientos complejos, de ahí surge la necesidad de introducir herramientas y mecanismos para abatir dichas limitaciones, dando lugar a lo que hoy es la cirugía asistida por robot.²⁵

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La cirugía asistida por robot tiene su primer antecedente en 1985 cuando se utilizó el robot PUMA para realizar una biopsia cerebral en un paciente con un tumor cerebral; pero no fue sino hasta el 28 de febrero de 2001 cuando la “operación Lindbergh” popularizó a una escala mundial el uso de los robots realizando una colecistectomía de forma remota desde la ciudad de Nueva York a un paciente en Estrasburgo, Francia, con una consola robótica dirigida a través de una conexión de Internet de alta velocidad en un tiempo de 54 minutos.²⁶ Si bien eso no significó la adopción inmediata de la cirugía robótica como el método de elección para efectuar cirugías abdominales, por primera vez se demostró como algo factible y que además permite la atención remota.

En la década subsecuente, la compañía *Intuitive Surgical* desarrolló la plataforma robótica que se consolidó como la más dominante en el mundo y que hasta la actualidad prevalece como la más popular en el mercado, con el 75% de las consolas en EUA, mientras que el otro 25% se concentra en Europa, Asia y en años recientes en Latinoamérica. En la actualidad, en México existen 22 programas de cirugía asistida por robot y la tendencia es que se dupliquen en los próximos 10 años.

COMPONENTES DE LAS PLATAFORMAS ROBÓTICAS

El robot más utilizado en la actualidad en el mundo es el Da Vinci del *Intuitive Surgical* y aunque existen otras compañías

que de manera reciente lanzaron sus plataformas al mercado no han alcanzado la difusión y el número de casos como para que existan reportes de la experiencia con ellos.

Da Vinci debutó en el mercado con la plataforma “S” en 2006; ha tenido tres actualizaciones de modelo, cada una incorporando nuevas herramientas y ventajas que facilitan y agilizan los procedimientos. El sistema más actual es el Da Vinci Xi, que consiste de tres componentes: consola del cirujano, torre de control y carro con los brazos robóticos (figura 4-3).²⁷

La consola del cirujano es el sitio donde se controlan los movimientos que realiza el robot durante la cirugía mientras el cirujano está cómodamente sentado con la cabeza descansando sobre el área donde se proyectan las imágenes procedentes de la cámara en tercera dimensión y alta definición provenientes del interior del paciente. En esta consola es posible además visualizar pruebas de imagen que se hicieron previo a la cirugía y proyectarlas sobre la anatomía para tener una mejor correlación de la misma y, sobre todo, localizar tumores en vísceras sólidas y su relación con estructuras vecinas; asimismo, se pueden aplicar filtros en el transoperatorio que con un tipo de fluorescencia permite evaluar vasos sanguíneos, linfáticos, conductos biliares, parénquima con zonas de isquemia y perfusión tisular previo a hacer anastomosis intestinales, por ejemplo. En la consola también hay cuatro insertos para que el cirujano introduzca dos dedos de cada mano y con los cuales dibuje los movimientos de los instrumentos de trabajo en el abdomen, los cuales emulan a la perfección la rotación de las muñecas, cambio de ángulos, al igual que abrir y cerrar los dedos para pinzar, disecar y cortar con mucha precisión; los antebrazos descansan sobre un pedestal acojinado que reduce la presión en los hombros y los pies están sobre pedales que permiten controlar los movimientos de la cámara, aplicar energía de corte y coagulación en cada instrumento, y manejar aparatos de coagulación avanzada como selladores de vasos.

La consola está conectada con la torre de control, sitio en el que se ubica la pantalla donde todo lo que el cirujano observa en su consola se transmite a un monitor para el resto del equipo quirúrgico que, a su vez, está visualizado de modo simultáneo el procedimiento y les permite interactuar y <<telestrear>> durante la cirugía; aquí es donde se conectan procedentes del carro con los brazos robóticos la cámara, los cables de energía monopolar bipolar y sellador de vasos, insuflador de CO₂ y grabador de la cirugía muy similar a las torres de laparoscopia convencionales. Por último, el carro con los brazos robóticos es el elemento que se acopla al paciente, y que puede moverse y cambiar de posición en la sala de quirófano para adaptarse a las necesidades de la cirugía; éste tiene cuatro brazos, en los cuales se ensamblan de 2 a 3 instrumentos de trabajo y el lente conectado a la cámara, el cual cuenta en su interior con dos lentes que proyectan imagen a cada ojo en alta definición, los cuales, al mezclarse en la consola del cirujano ofrecen la visión en 3D con excelente percepción de profundidad. Mientras el cirujano principal se encuentra en la consola realizando el procedimiento, el cirujano ayudante está en el carro con los brazos robóticos acoplados al paciente y es el encargado de



Figura 4-3. Robot Da Vinci Xi Intuitive.

intercambiar instrumentos, pasar materiales como suturas, mallas y, en muchos casos, trabajar de forma activa en la cirugía con instrumentos de laparoscopia a través de puertos accesorios.²⁸

En la actualidad, la cirugía asistida por robot es el estándar de oro para procedimientos en urología y ginecología. En cirugía general, a pesar de que su uso ha sido cada vez mayor, pues facilita procedimientos complejos, minimiza sangrado y complicaciones, y favorece estancias hospitalarias más breves con menor tasa de reingreso, sigue siendo objeto de investigación formal con estudios clínicos para esclarecer su empleo como el estándar de oro en procedimientos gastrointestinales.²⁹

Existe un intercambio entre dos conceptos: velocidad y precisión; si bien la cirugía asistida por robot no se caracteriza por ejecutar movimientos ágiles —se entiende que existe un sacrificio de la velocidad con la que se mueven las pinzas a cambio de hacer movimientos precisos— hay menor desperdicio de moción, lo cual da como resultado eficacia, que al final se traduce en buenos resultados.³⁰

En los últimos 10 años, la cirugía robótica ha tenido una evolución rápida y constante; pese a ser criticada por su elevado costo, es evidente que existe una compensación en la evolución de los pacientes y el reintegro a sus actividades normales; muchas veces se habla de que es una herramienta demasiado cara para tratar padecimientos sencillos, pero es necesario recordar que por lo menos en este medio la escasa cantidad de cirujanos certificados para realizar cirugía asistida por robot crece en su curva de aprendizaje; se considera que inicien con casos sencillos, que les brinden seguridad y experiencia, para luego incursionar en retos más grandes y por lo tanto corroborar que la tecnología brilla haciendo que los procedimientos complejos parezcan sencillos y reproducibles.³¹

Con el advenimiento de nuevas plataformas robóticas se espera que los sistemas de salud comiencen a preguntarse cuál plataforma adquirir con base en precio, calidad, instrumentos y características para equipar mejor sus salas de quirófano; además, la competencia en el mercado de las marcas dominantes probablemente tenga un impacto en el precio. Por último, el estigma universal de que la cirugía robótica es costosa puede desaparecer y pasar a formar parte del arsenal terapéutico del cirujano en el presente, con un impacto sólido y durable en el área de cirugía general.³²

PERLAS

- La cirugía es una ciencia en constante evolución. En particular, en los últimos 50 años, la tecnología ha permitido tener avances que han favorecido la migración a la mínima invasión.
- Se considera que la cirugía robótica se encuentra apenas en su infancia y quizás en el futuro se pueda acompañar de la háptica de la cirugía abierta.
- Nuevas plataformas más económicas y pequeñas harán más fácil su adopción y difusión, o tal vez la cirugía algún día será

sin invasión, asistida por inteligencia artificial y manipulación de los tejidos con herramientas de muy baja escala que puedan ser inyectados o deglutidos.

- Sin duda, el futuro de la cirugía es emocionante y el cirujano moderno debe estar abierto a crecer, complementarse y autopercebirse como científico, entendiendo que, en su trayectoria y formación, ciencia y tecnología son una realidad que llegó para quedarse.

REFERENCIAS

1. Brock C. Risk, responsibility and surgery in the 1890s and early 1900s. *Med Hist*. 2013 Jul; 57(3): 317-37. doi:10.1017/mdh.2013.16.
2. WHO. Guidelines for safe surgery 2009: Safe surgery saves lives. Geneva: World Health Organization; 2009.
3. Traverso LW, Carl Langenbuch and the first cholecystectomy. *Am J Surg* 1976 Jul; 132(1): 81-2. doi:10.1016/0002-9610(76)90295-6.
4. Jelinek LA, Jones MW. Surgical access incisions. 2022 Apr 13. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.
5. Versteeg HH, Heemskerk JW, Levi M, Reitsma PH. New fundamentals in hemostasis. *Physiol Rev*. 2013 Jan; 93(1): 327-58. doi:10.1152/physrev.00016.2011.
6. Gibbon CL. A manual of modern surgery: An exposition of the accepted doctrines and approved operative procedures of the present time. *Ann Surg* 1900 Apr; 31(4): 521.
7. Karakousis CP. Principles of surgical dissection. *J Surg Oncol* 1982 Dec; 21(4): 205-6. doi:10.1002/jso.2930210402.
8. Byrne M, Aly A. The surgical suture. *Aesthet Surg J* 2019 Mar 14; 39(Suppl. 2): S67-S2. doi:10.1093/asj/sjz036.
9. Weiser TG, Regenbogen SE, Thompson KD, Haynes AB, Lipsitz SR, Berry WR *et al*. An estimation of the global volume of surgery: A modelling strategy based on available data. *Lancet* 2008 Jul 12; 372(9633): 139-44. doi:10.1016/S0140-6736(08)60878-8. Epub 2008 Jun 24.
10. Vecchio R, MacFayden BV, Palazzo F. History of laparoscopic surgery. *Panminerva Med* 2000 Mar; 42(1): 87-90.
11. Alkatout I, Mechler U, Mettler L, Pape J, Maass N, Biehl M *et al*. The development of laparoscopy-A historical overview. *Front Surg* 2021 Dec 15; 8: 799442. doi:10.3389/fsurg.2021.799442.
12. Sinitsky DM, Fernando B, Berlingieri P. Establishing a curriculum for the acquisition of laparoscopic psychomotor skills in the virtual reality environment. *Am J Surg* 2012 Sep; 204(3): 367-76.e1. doi:10.1016/j.amjsurg.2011.11.010. Epub 2012 Jun 9.
13. Eye-hand coordination in laparoscopy - an overview of experiments and supporting aids. *Min Inv Ther Allied Technol* 2001 May; 10(3): 155-62. doi:10.1080/136457001753192277.
14. Alleblas CCJ, Vleugels MPH, Stommel MWJ, Nieboer TE. Performance of a haptic feedback grasper in laparoscopic surgery: A randomized pilot comparison with conventional graspers in a porcine model. *Surg Innov* 2019 Oct; 26(5): 573-80. doi:10.1177/1553350619848551. Epub 2019 Jun 4.
15. Spille J, Wenners A, von Hehn U, Maass N, Pecks U, Mettler L *et al*. 2D versus 3D in laparoscopic surgery by beginners and experts: A randomized controlled trial on a pelvitrainer in objectively graded surgical steps. *J Surg Educ* 2017 Sep-Oct; 74(5): 867-77. doi:10.1016/j.jsurg.2017.01.011. Epub 2017 Feb 16.
16. Kapoor T, Wrenn SM, Callas PW, Abu-Jaish W. Cost analysis and supply utilization of laparoscopic cholecystectomy. *Min Inv Surg* 2018 Dec 10; 2018: 7838103. doi:10.1155/2018/7838103.
17. Ott DE. Shakespeare's view of the laparoscopic pneumoperitoneum. *JSLs* 2011 Jul-Sep; 15(3): 282-84. doi:10.4293/108680811X13071180407276.
18. Davey AK, Hayward J, Marshall JK, Woods AE. The effects of insufflation conditions on rat mesothelium. *Int J Inflamm* 2013; 2013: 816283. doi:10.1155/2013/816283. Epub 2013 Jun 24.
19. Papparella A, Novello C, Ranucci S, Paciello O, Papparella S, De Biase D *et al*. Pneumoperitoneum modifies serum and tissue CCL2-CCl5 expression in mice. *JSLs* 2020 Apr-Jun; 24(2): e2020.00017. doi:10.4293/JSLs.2020.00017.
20. Ferzli GS, Fingerhut A. Trocar placement for laparoscopic abdominal procedures: A simple standardized method. *J Am Coll Surg* 2004 Jan; 198(1): 163-73. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2003.08.010.
21. Berquer R, Smith WD, Davis S. An ergonomic study of the optimum operating table height for laparoscopic surgery. *Surg Endosc* 2002 Mar; 16(3): 416-21. doi:10.1007/s00464-001-8190-y. Epub 2001 Nov 16.
22. Ahmad G, Baker J, Finnerty J, Phillips K, Watson A. Laparoscopic entry techniques. *Cochrane Database Syst Rev* 2019 Jan 18; 1(1): CD006583. doi:10.1002/14651858.CD006583.pub5.
23. Alhajress GI, Al Babbain I, Alsaghyr A, Arishi H. Complications of Veress needle *versus* open technique in abdominal surgeries. *Cureus* 2021 May 9; 13(5): e14926. doi:10.7759/cureus.14926.
24. La Chapelle CF, Bemelman WA, Rademaker BM, van Barneveld TA, Jansen FW, on behalf of the Dutch Multidisciplinary Guideline Development Group Minimally Invasive Surgery. A multidisciplinary evidence-based guideline for minimally invasive surgery. Part 1: Entry techniques and the pneumoperitoneum. *Gynecol Surg* 2012 Sep; 9(3): 271-82. doi:10.1007/s10397-012-0731-y. Epub 2012 Feb 22.
25. Fuchs-Weizman N, Maurer R, Einarsson JI, Vitonis AF, Cohen SL. Survey on barriers to adoption of laparoscopic surgery. *J Surg Educ* 2015 Sep-Oct; 72(5): 985-94. doi:10.1016/j.jsurg.2015.04.001. Epub 2015 Jul 2.
26. Fuchs-Weizman N, Maurer R, Einarsson JI, Vitonis AF, Cohen SL. Survey on barriers to adoption of laparoscopic surgery. *J Surg Educ*. 2015 Sep-Oct; 72(5): 985-94. doi:10.1016/j.jsurg.2015.04.001. Epub 2015 Jul 2.
27. Marescaux J, Leroy J, Rubino F, Smith M, Vix M, Simone M *et al*. Transcontinental robot-assisted remote telesurgery: Feasibility and potential applications. *Ann Surg* 2002 Apr; 235(4): 487-92. doi:10.1097/0000658-200204000-00005.
28. Bodner J, Augustin F, Wykypiel H, Fish J, Muehlmann G, Wetscher G *et al*. The Da Vinci robotic system for general surgical applications: A critical interim appraisal. *Swiss Med Wkly* 2005 Nov 19; 135(45-46): 674-78.
29. Moran ME. The Da Vinci robot. *J Endourol* 2006 Dec; 20(12): 986-90. doi:10.1089/end.2006.20.986.
30. Hussain A, Malik A, Halim MU, Ali AM. The use of robotics in surgery: A review. *Int J Clin Pract* 2014 Nov; 68(11): 1376-82. doi:10.1111/ijcp.12492. Epub 2014 Oct 6.
31. Chien JH, Tiwari MM, Suh IH, Mukherjee M, Park SH, Oleynikov D *et al*. Accuracy and speed trade-off in robot-assisted surgery. *Int J Med Robot* 2010 Sep; 6(3): 324-29. doi:10.1002/rsc.336.
32. Morrell ALG, Morrell-Junior AC, Morrell AG, Mendes JMF, Tustumi F *et al*. The history of robotic surgery and its evolution: When illusion becomes reality. *Rev Col Bras Cir* 2021 Jan 13; 48: e20202798 (English, Portuguese). doi:10.1590/0100-6991e-20202798.
33. Rao PP. Robotic surgery: New robots and finally some real competition! *World J Urol* 2018 Apr; 36(4): 537-41. doi:10.1007/s00345-018-2213-y. Epub 2018 Feb 9.
34. Camarillo DB, Krummel TM, Salisbury JK Jr. Robotic technology in surgery: Past, present, and future. *Am J Surg* 2004 Oct; 188(4A Suppl): 2S-15S. doi:10.1016/j.amjsurg.2004.08.025.
35. Kelley WE Jr. The evolution of laparoscopy and the revolution in surgery in the decade of the 1990s. *JSLs* 2008 Oct-Dec; 12(4): 351-57.