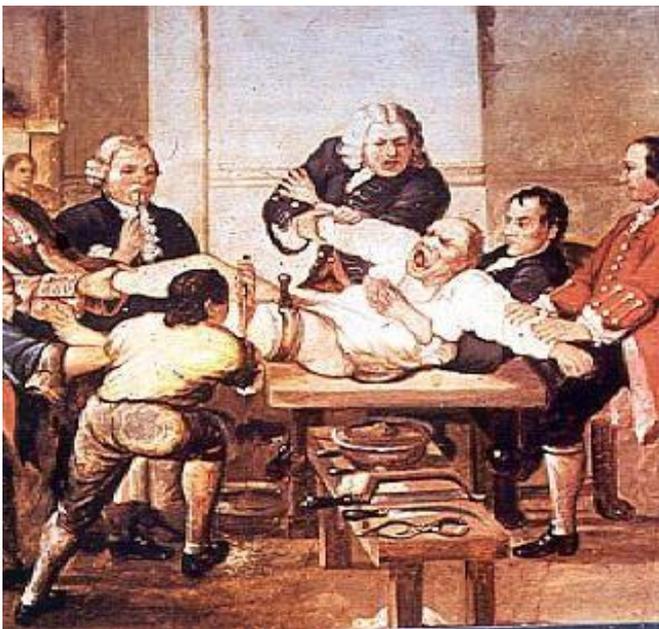


CIRUGÍA 4.0  
UN LLAMADO A LA INCLUSIÓN DE TECNOLOGÍA A  
NUESTRA PRÁCTICA QUIRÚRGICA.

## Introducción:

Antes de adentrarnos en las revoluciones quirúrgicas, hay que entender dos palabras de importancia. La primera es “*Cirugía*”, proviene del latín *Chirurgus* que a su vez proviene del griego *Keiros* que significa mano, y *Ergon* que significa trabajo (1). En su nacimiento etimológico, se entendía la cirugía como aquel que trabaja con la mano, pero a medida de esta recopilación entenderemos que su concepto ha tenido varias connotaciones a través del tiempo. Las cuales han cambiado su significado no solo en el imaginario social sino en la concepción y percepción de este, tanto los ejecutantes (cirujanos) como los recipientes (pacientes).

Un ejemplo de esto es el contraste entre la cirugía contemporánea y la cirugía hace 250 a 300 años. El cirujano de 250 años atrás generaba terror en sus pacientes, la cirugía se limitaba a las extremidades y la definición de un buen cirujano era aquel que realizará con mayor rapidez un procedimiento. Tanto así que Armand Velepau formulaba “El escape del dolor en las operaciones quirúrgicas es una quimera... cuchillo y dolor en la cirugía, son palabras que siempre permanecen inseparables en la mente de los pacientes” (2).



*Ilustración 1. Amputación de extremidad inferior izquierda llevada a cabo por cirujano, representación del mejor cirujano hace 250-300 años. (1)*

Entre los exponentes de este momento histórico encontramos a Robert Liston, quien era considerado como uno de los mejores cirujanos de su época según la tendencia ya expuesta. Los cirujanos contemporáneos a Liston perdían aproximadamente 1 de cada 4 pacientes en la amputación de extremidades, de los cuales algunos huían al ser un procedimiento tan doloroso y dantesco. Liston en 1835, como profesor del University College of London era capaz de salvar a 9 de cada 10 de sus pacientes, con un tiempo de amputación menor a 3 minutos (3).

Circula la historia de que Liston era tan rápido que en una de sus operaciones tuvo una tasa de mortalidad de hasta 300%, en donde el procedimiento llevaba tal velocidad que corto los dedos de su asistente, rasgó el abrigo de un espectador que se desmayó del susto, como resultado el paciente y la asistente murieron de sepsis, mientras que el espectador murió de shock (3). Esta historia es un ejemplo muy representativo de la perspectiva y concepción quirúrgica, donde se evidenciaba exposición de fuerza y velocidad, con escenas dantescas y aterrizantes para muchos de los pacientes.

Hoy esta perspectiva ha cambiado, actualmente la cirugía se concibe como un arte. En el tiempo contemporáneo, la cirugía es sinónimo de precisión, es delicada, un escenario de la ciencia, el conocimiento y la especialidad. A tal punto que ya no solo es “trabajo con la mano” sino que se amplió el campo para la introducción de la tecnología, con los avances en la robótica, inteligencia artificial, simulación y el internet de las cosas, entre otros. Nos surgen entonces dos preguntas ¿Cómo paso de ser la cirugía de Liston en 1835 a la cirugía actual? ¿Cómo se desarrolla la cirugía actual y cuál es su relación con la tecnología?

## Revoluciones quirúrgicas:

La respuesta a las preguntas anteriormente formuladas, se pueden explicar de acuerdo con lo que se conoce como las revoluciones quirúrgicas.

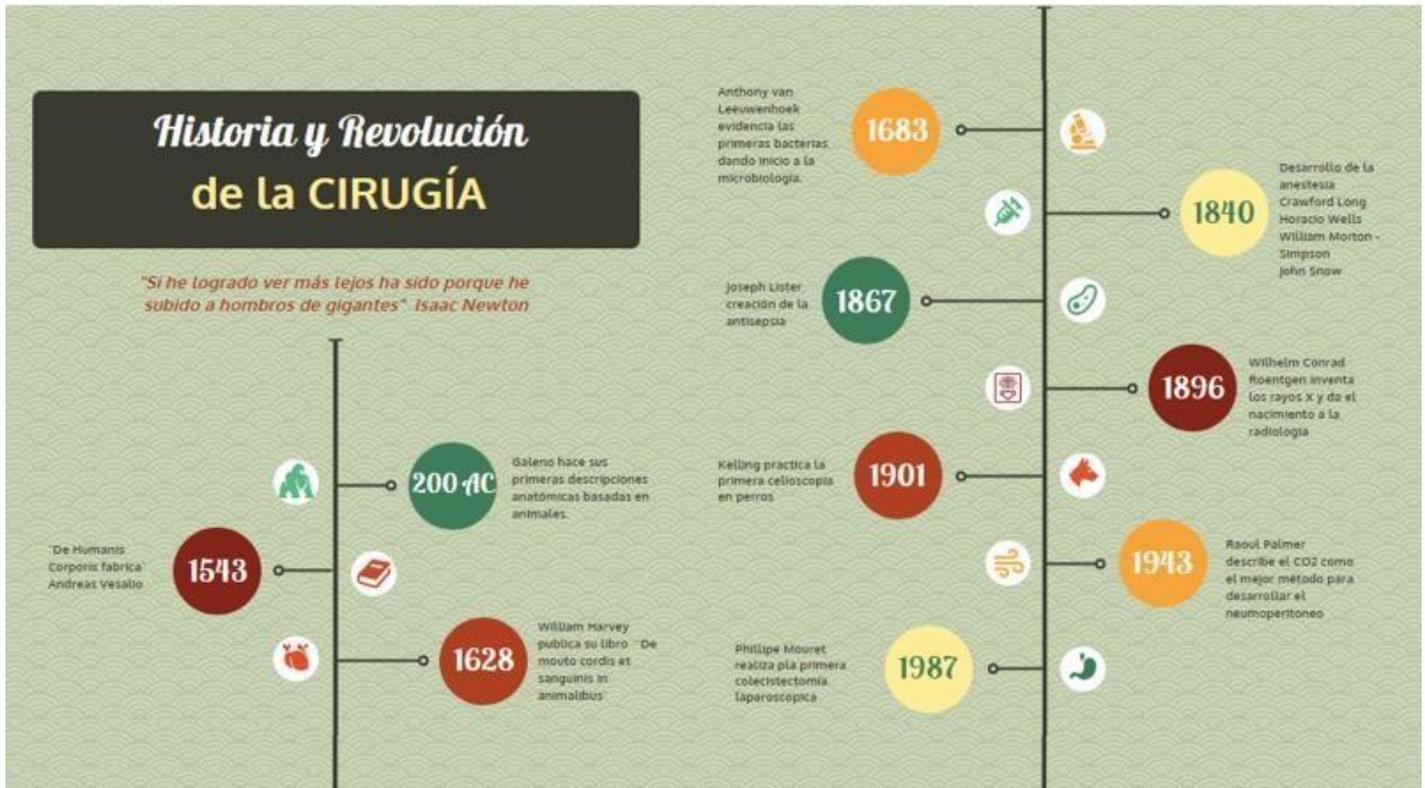


Ilustración 2. Línea del tiempo de importantes acontecimientos en la historia de la cirugía.

Entendiendo “revolución” como un cambio profundo, rápido, violento abrupto (4). En el tema tratado, sería el cambio de la concepción de la cirugía tanto en pacientes, como en profesionales de la salud. Una postura soportada por Toledo-Peryra, quienes definen en su libro “Surgical Revolutions” la revolución quirúrgica en términos de los cambios en el conocimiento y en la práctica de la cirugía, en donde el personal médico y los pacientes aceptan estos nuevos conceptos en la evolución de la disciplina (5).

Si adoptáramos únicamente esta definición tendríamos un panel amplio de revoluciones, secundario a que existen varios momentos históricos que cambiaron la concepción quirúrgica. No olvidando que unos pudieron tener cambios más profundos que otros.

Lo que es claro es que tendremos que dar una vista al pasado para entender el estado actual y los retos a futuro de la cirugía, citando a Isaac Newton “si he logrado ver más lejos ha sido porque me he subido a hombros de gigantes”.

**1. Primera revolución quirúrgica: La revolución Anatómica:**

En orden cronológico de los primeros exponentes en aportar a la anatomía es Galeno o también conocido como el cirujano de Pergamo. Quien realizó varios aportes a la medicina, en los que se destacan sus trabajos sobre la anatomía basados en disecciones sobre animales. Estas disecciones eran principalmente en simios, por lo que sus hallazgos resultaron muy similares al cuerpo humano. Entre sus obras destacadas se encuentran “Sobre procedimientos anatómicos”, “Sobre los huesos para principiantes”, “Sobre la anatomía de los músculos”, “Sobre la anatomía de las venas y las arterias”, entre otros. Estas obras lo hicieron famoso, no solo por sus contribuciones anatómicas sino también fisiológicas (5).

Posterior a la muerte de Galeno, se dieron relativamente pocos aportes a la anatomía, no fue hasta 1543 cuando Andrea Vesalio publica su libro “De Humani Corporis Fabrica”, en donde describe la anatomía precisa humana basada en la disección de cadáveres (5). La publicación de Vesalio era polémica, dado que distaba de varias de las ideas galénicas, las cuales se habían considerado por siglos como correctas.

Vesalio al tener el valor de debatir lo que se consideraba correcto dio pasos agigantados para

la medicina y la cirugía, permitiendo grandes avances. Por lo que se considera una de las grandes revoluciones quirúrgicas, en donde no se puede alcanzar una excelencia quirúrgica sin una comprensión anatómica. Citando a William Hunter “La anatomía es la base de la cirugía, informa la cabeza, guía las manos, y familiariza al corazón con la bondad necesaria de la inhumanidad” (6).

## 2. Segunda revolución quirúrgica: Asepsia y antisepsia – Anestesia

Aunque son procesos fundamentalmente distintos, tienen un tiempo de desarrollo similar por lo que agruparemos a estos dos campos como una segunda revolución quirúrgica. Siendo la asepsia y la antisepsia la que genera un cambio de la morbimortalidad de los procedimientos realizados por los cirujanos, con mayor sobrevivencia. Y la anestesia con un viraje a los fundamentos de lo que era ser un buen cirujano y los procedimientos que este era capaz de realizar.

Asepsia y Antisepsia: En 1683, Anthony Van Leeuwenhoek evidencia por sus microscopios artesanales las primeras bacterias en una gota de agua. Un descubrimiento que, aunque suene superfluo revoluciona la historia de la medicina abriendo paso para la microbiología, el descubrimiento de las enfermedades infecciosas, así mismo en un futuro para la antibioticoterapia. Sus hallazgos son publicados en el Royal Society de Londres, describiendo por primera vez los cocos, bacilos y espiroquetas (5). Vale la pena hacer énfasis en que el microscopio no solo dio a

luz una nueva área del conocimiento, sino que el día de hoy tiene una amplia gama de usos, en cirugía lo vemos en procedimientos de neurocirugía, cirugía plástica o reconstructiva, entre otros (5).

Varios años después en base a las teorías de Pasteur, y la intervención de otras grandes mentes de la medicina, Joseph Lister publica 2 artículos en el Lancet sobre la teoría aplicada de la fermentación como la etiología de la infección de heridas. Y es aquí donde se comienza a desinfectar la piel y los instrumentos que han de ser utilizados en los pacientes en un ámbito quirúrgico, dando origen a los conceptos de asepsia y antisepsia. En un inicio con ácido carbólico, con evidencia importante de la mejoría en morbimortalidad, siendo la mortalidad de los procedimientos usualmente realizados alrededor de un 50% en la mayor cantidad de casos secundario a la infección (5,7).

Anestesia: Ya habíamos hablado un poco que hace 250 años el mejor cirujano era el más rápido, pues bueno, la anestesiología fue quien cambió este concepto. Fue en la década de 1840 cuando se dieron pasos agigantados con respecto a la inducción anestésica, con exponentes como Crawford Long u Horacio Wells con el óxido Nitroso, la famosa escena del “Domo del éter” de Morton, James Simpson con la utilización del cloroformo. Y al final con John Snow con la creación como tal de la anestesiología como especialidad (7).

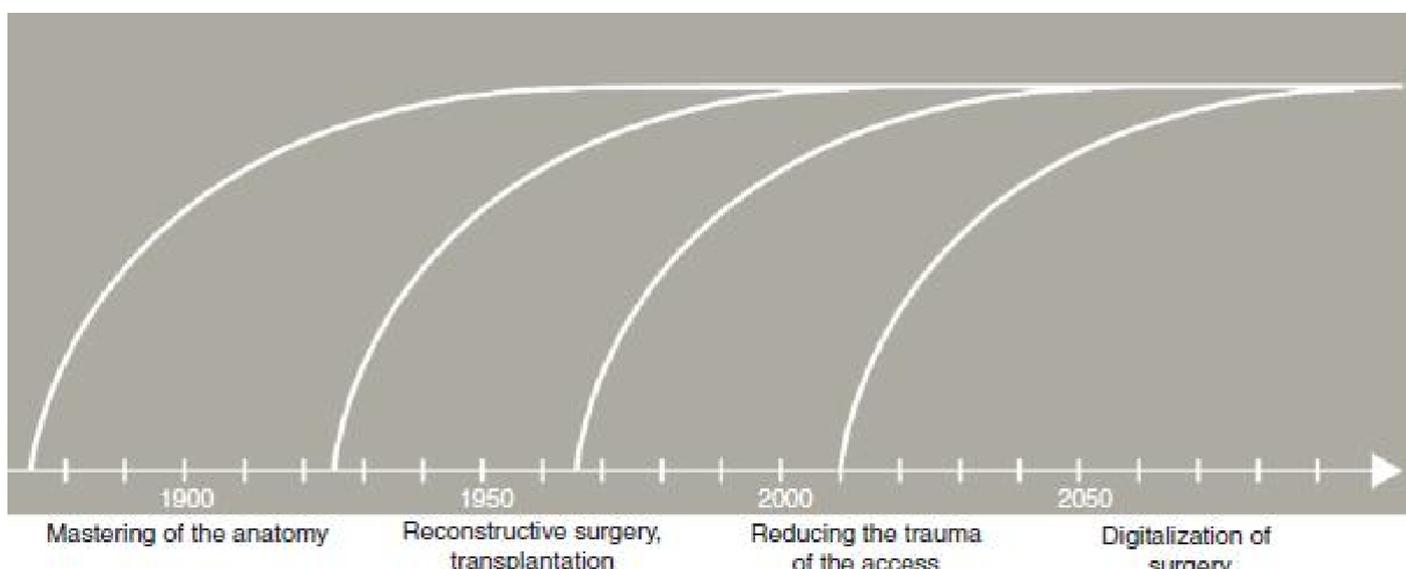


Ilustración 2. Revoluciones quirúrgicas y su línea temporal (2).

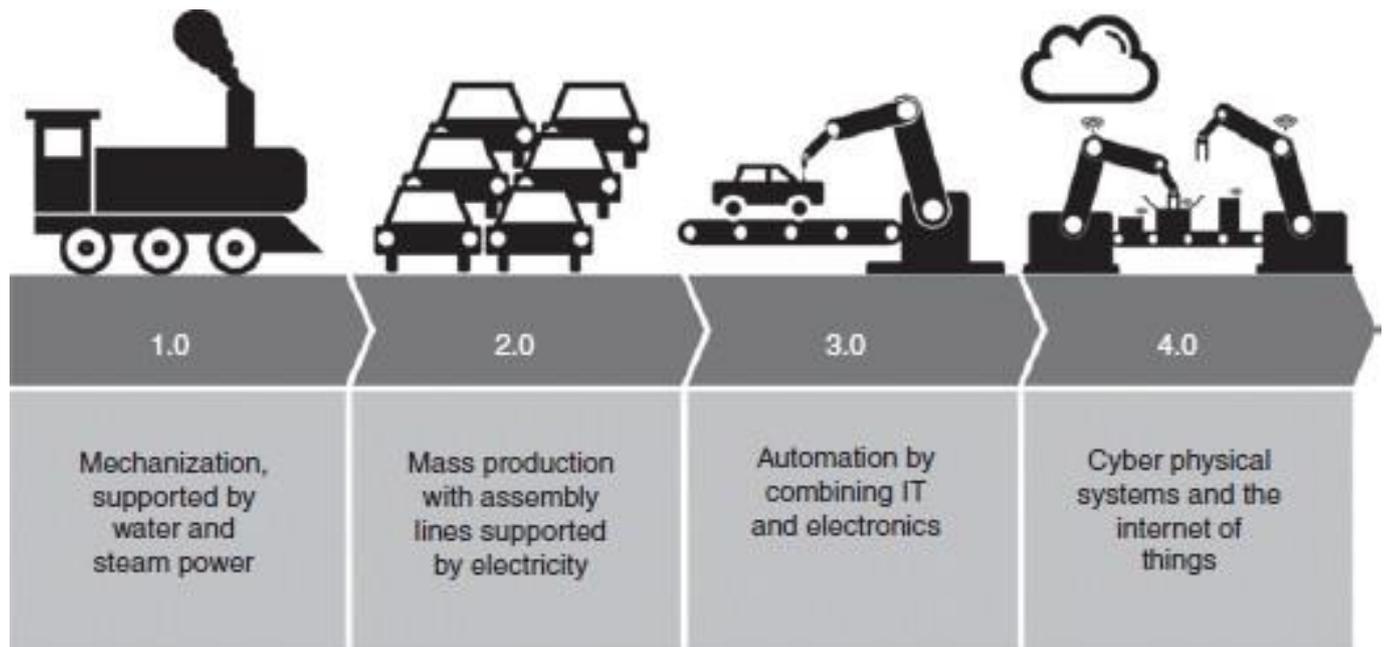


Ilustración 3. Representación de las revoluciones industriales hasta la actualidad (2).

La anestesiología permitió la realización de procedimientos más prolongados y complejos, al igual que cambia el paradigma de la rapidez o la velocidad por el paradigma de la precisión. Aquí es donde se presentan los avances como lo es en vez de la resección la restitución, el reemplazo articular, los reservorios funcionales, los trasplantes de órganos, entre otros (10).

### 3. Tercera revolución quirúrgica: la cirugía mínimamente invasiva

La última de las revoluciones, es la cirugía mínimamente invasiva, esta como podemos ver en la actualidad continúa en vigencia y desarrollo. Inicia en 1901 cuando Kelling practica la primera celioscopia, introduciendo un cistoscopio en la pared abdominal de un perro. Posteriormente Hans Jacobaeus describe la utilización de laparoscopia y toracoscopias en un estudio observacional con una cohorte de 72 pacientes, con buenos resultados (5,9)

Hasta 40 años después Raoul Palmer en París, estudia la aplicación del CO<sub>2</sub> para generar un neumoperitoneo y mejorar el campo de visión del cirujano, invento que hasta el día de hoy se encuentra en vigencia. Pero no fue hasta 1987 que Phillippe Mouret practica la primera colecistectomía laparoscópica (5,9). Así mismo la cirugía laparoscópica y mínimamente invasiva no han terminado su ciclo, sino que continúan siendo

estudiados y dando avances en el campo quirúrgico. Sus usos se visualizan en una amplia variedad de procedimientos generando tiempos de recuperación más cortos, menor estancia hospitalaria, menor dolor postoperatorio, entre otros (9).

### Cuarta Revolución: Cirugía 4.0

Para entenderlo, tenemos que comprender que muchos de las innovaciones en medicina vienen de la mano con los avances tecnológicos. Un ponente de esto es Connor et al, investigadores del Museo Nacional de Salud y Medicina del instituto de patología de las fuerzas armadas en Washington quienes mencionan que “los componentes de la revolución quirúrgica son fundados en las técnicas y dispositivos médicos-innovaciones que, en su corazón, son tecnológicas” (5).

Esto se puede ver más claramente con el ejemplo de las revoluciones industriales. En la primera revolución industrial se generó la mecanización de la producción en base a la utilización de vapor de agua; así mismo la concepción de la fisiología humana se vislumbraba en términos de maquinaria como lo describe Vesalio “De Humanis Corporis Fabrica”.

Se considera que actualmente cursamos la cuarta revolución industrial, pasando la primera como fue

mencionado, la mecanización de la producción utilizando el vapor de agua. La segunda en términos de la utilización de la energía eléctrica para la realización y funcionamiento de líneas de ensamblaje y producción en masa. La tercera nos habla de la producción automatizada con el uso de las tecnologías de la información. Por último, la cuarta en la que actualmente nos encontramos es la era de la información y el internet de las cosas, un concepto inicialmente acuñado en Alemania como la industria 4.0. Que se refiere la producción autónoma en donde las líneas de producción poseen inteligencia, para realizar un auto -diagnostico, -configuración y -optimización, llevando a que entiendan que necesitan y hagan los ajustes necesarios para suplirlo (9).

Estos cambios en la disponibilidad tecnológica son la base de la cirugía 4.0. En donde obtenemos un proceso de digitalización de la salud y colaboración inteligente (9.10). Su fundamento es la información, y la utilización de la misma. Por ende, hay dos procesos fundamentales, la recolección y el procesamiento de la misma. Estos dos procesos nos dan múltiples aplicaciones que desembocaran en las innovaciones quirúrgicas actuales.

**Recolección:** Existen cantidades abrumadoras de información que en la práctica no se utilizan. Información pre, trans y postoperatoria cuyo almacenamiento y procesamiento pueden llevar a mejoras en la calidad de atención en salud, especialmente en los desenlaces de los procedimientos quirúrgicos.

Entre la información que se puede obtener encontramos las imágenes, laboratorios, signos vitales preoperatorios, comorbilidades, factores de riesgo, etc. En el transoperatorio no solo podemos obtener el estado del paciente por medio de los signos vitales, cantidad de sangrado, etc. Sino que también se puede obtener la cinética del mismo y de los miembros del quirófano. En el postoperatorio podemos monitorear la evolución y distintas variables biológicas del paciente que nos puedan indicar una evolución tendiente a la mejoría como datos que nos indiquen el desarrollo de una complicación (Ej. Fiebre, Leucocitosis, taquicardia) (10).

**Procesamiento de la información:** En el procesamiento de la información existen múltiples herramientas, como el “Machine learning” en donde se pretende que los sistemas puedan captar grandes cantidades de información y aprender patrones para dar una respuesta o una solución a un problema (11,12). El “surgical science data” que también se relaciona con el procesamiento de abundantes cantidades de información. Y el “context awareness” que en otras palabras pretende traducir las condiciones actuales que nosotros percibimos como el mundo real a parámetros digitales que permitan tener una comprensión de los sucesos como la que tendría cualquiera de los actores, y partiendo de allí la capacidad para responder con acciones (12,13).

### **Ejemplos de la Aplicación de la cirugía 4.0**

**Surgical Data Science:** Como hablamos anteriormente nos habla del procedimiento de grandes cantidades de información no estructurada y compleja, que puede ir desde la descripción hemodinámica del individuo, la posición de los instrumentos, condiciones medioambientales, cinética de los actores que permitan transformar estos parámetros en productos para la comprensión e interacción de los sistemas (12).

Entre las aplicaciones de lo anterior encontramos: El seguimiento de los movimientos del paciente en tejidos en donde se requieran incisiones precisas y milimétricas, como lo puede ser la retina o el SNC, en donde un movimiento equivocado puede llevar a resultados adversos. Esta tecnología busca captar por medio de sensores los movimientos del paciente para poder realizar incisiones robóticas más precisas (14)

La *cinética del quirófano*, esta aplicación pretende evaluar por medio de puntos de seguimiento denominados ROI o sensores, dar seguimiento a los movimientos y técnicas quirúrgicas desempeñados por el equipo quirúrgico. Lo que permite evaluar calidad y precisión de la técnica quirúrgica y así diseñar modelos de aprendizaje en base a esto (15).

Los modelos más vehementes de el SDS y el IOT son los quirófanos inteligentes, en donde se evidencia una colaboración inteligente entre proveedores de salud y una recopilación de datos guiada por el internet de las cosas. En donde los sistemas utilizados pueden entender tanto los instrumentos en uso, como temperatura, numero de compresas, cantidad de sangrado, dirección de las luces, inclinación de la mesa, etc. Así como la comprensión de lo que denominan “real time locating sistem”, que en pocas palabras permite entender donde se encuentran cada uno de los actores en el procedimiento y que se encuentran haciendo (12,15).

La idea de los quirófanos inteligentes es que no solo reconocen, sino que pueden interactuar con los proveedores de salud. Por medio de reconocimiento de patrones tanto de voz, como de condiciones y pasos quirúrgicos (12,15).

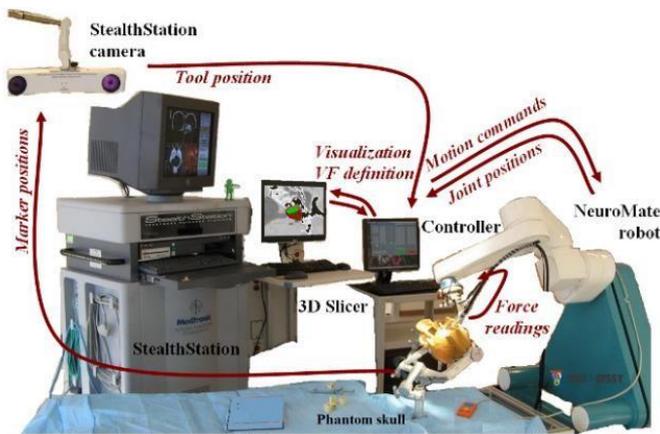


Ilustración 4 Representación sistema "Patient Motion Tracking" (3).



Ilustración 5. Puntos de seguimiento (ROI) para seguimiento de movimientos de la cinemática del equipo quirúrgico (4).

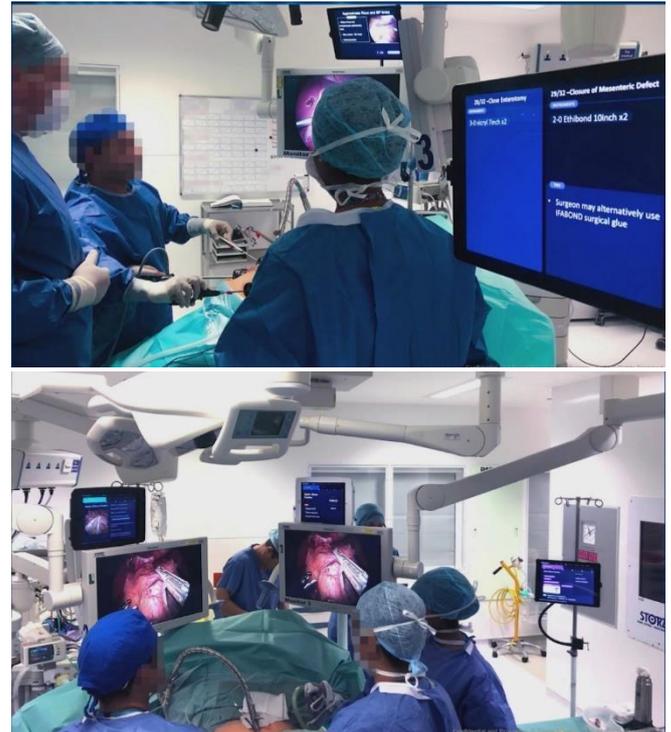


Ilustración 6. Fotografías de la Sociedad Americana Gastrointestina y Cirujanos Endoscopistas de la prueba de un Quirófano inteligente (5).

Navegación robótica: existen múltiples exponentes en el campo. Entre ellos se destaca la utilización de imágenes para la realización de procedimientos. Un ejemplo de esto es el trabajo de Li Ming Su, et al en donde utilizan herramientas de realidad aumentada en una nefrectomía parcial laparoscópica asistida por robot. En donde por medio de imágenes tomográficas preoperatorias se generan estructuras 3D que implementan al registro de video estereoscópico en vivo, generando imágenes de realidad aumentada en base a marcadores de superficie (16).

Otro ejemplo es el trabajo de Marz K et al, en donde se plantea la utilización de un sistema ecográfico en procedimientos percutáneos, el cual utiliza un sistema de realidad aumentada por medio de un sistema denominado MITK-US, que permite realizar procedimientos percutáneos con evidencia de zonas de alto riesgo que se deben evitar (17).

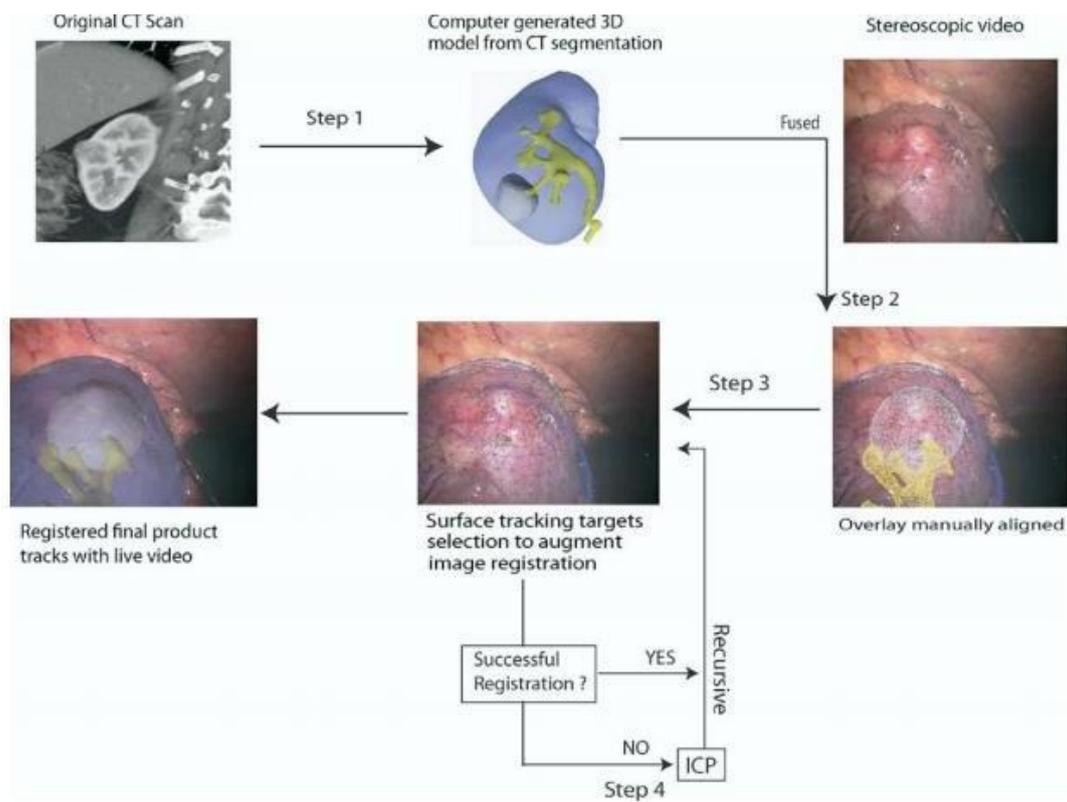


Ilustración 8. Diagrama de flujo para la implementación de un registro tridimensional obtenido a partir de un registro tomográfico preoperatorio a un video estereoscópico en vivo (6)

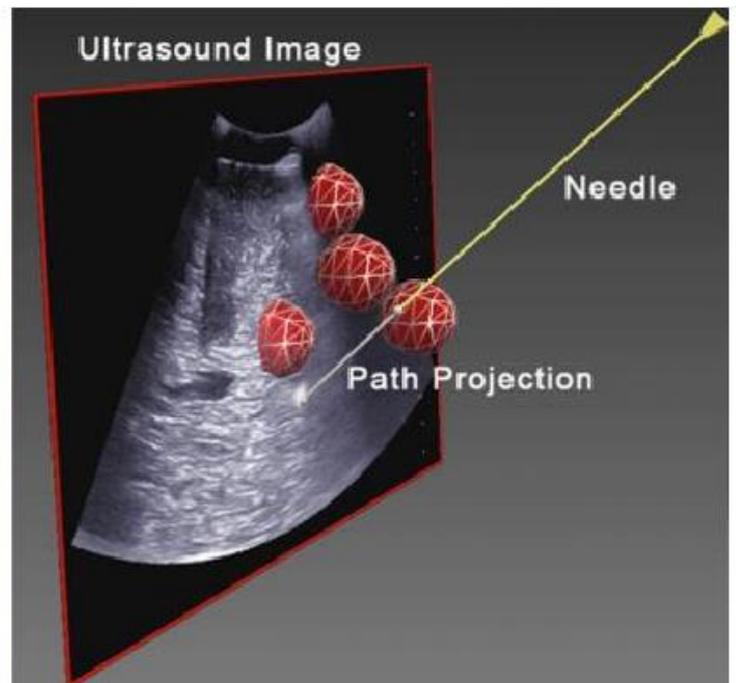


Ilustración 7. Imagen de demostración de el sistema de navegación implementado por MITK – US (7).

Intervenciones robóticas: Existen amplia variedad de intervenciones robóticas en el campo quirúrgico. Entre ellos de los más conocidos son las unidades “Master-slave” como lo son el

sistema Davinci o Zeus, las cuales ya vienen siendo usadas por más de una década. Estas permiten al cirujano tener movimientos más precisos, aumento de los campos visuales, entre

otros. Son principalmente utilizados en ámbitos de cirugía mínimamente invasiva. Aunque los anteriores son de los avances más visibles, existen muchos otros campos de acción para la cirugía asistida por robots (18,19).

**Otros:**

- **Métodos de enseñanza:** se han generado estrategias de simulación que van desde la utilización de aparatos electrónicos hasta de realidad aumentada (12). Compañías destacadas en este ámbito como Touch Surgery, que tiene disponibles múltiples procedimientos quirúrgicos descritos paso a paso para la preparación de los mismos como método alternativo o complementario a los tradicionales (20).

Existen igualmente corporaciones como lo son Sigma o CSATS que se enfocan en el rastreo de técnicas quirúrgicas, realizando mediciones temporales y grabación de procedimientos, para poder tener registros de comparación desde el mismo proveedor de salud como con otros, permitiendo ámbitos más competitivos de formación y perfeccionamiento (21,22).

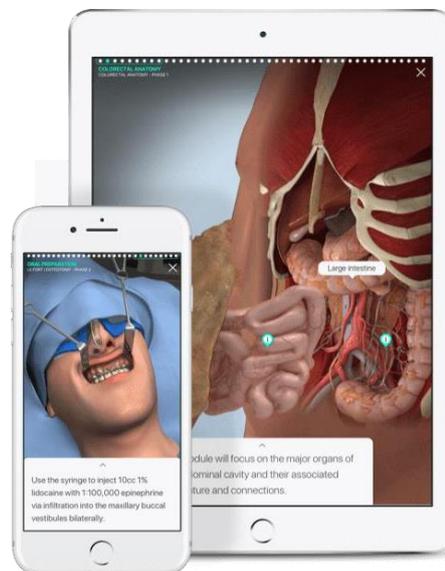
- **Telecomunicaciones:** existen herramientas que vienen desde la tele consulta que elimina barreras de espacio, para aprovechar el conocimiento de especialistas desde lugares remotos. Estas líneas de comunicación se permiten enlazar con los quirófanos inteligentes, o con herramientas como los telepointers en donde los cirujanos de manera remota pueden movilizarse por una cámara dentro del plano quirúrgico al igual que señalar para especificar indicaciones (23,24).

**Conclusión:**

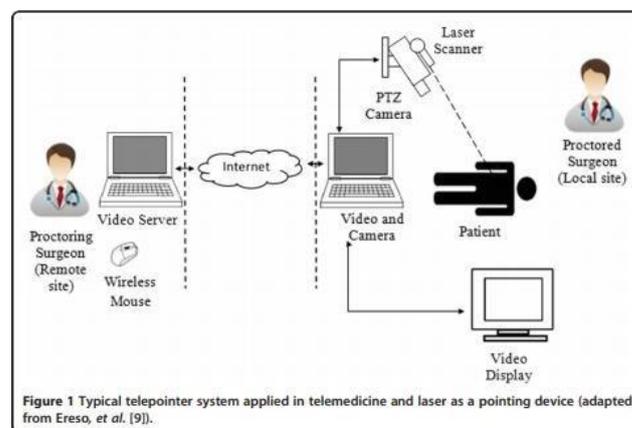
La medicina en todos sus campos, especialmente en el ámbito quirúrgico se encuentra en constante remodelación y evolución. Muchas veces estos cambios van ligados al desarrollo tecnológico del momento.

En la actualidad, con los avances en la tecnología de la información y el internet de las cosas, han permitido la implementación de las mismas a la cirugía. Generando un proceso conocido como

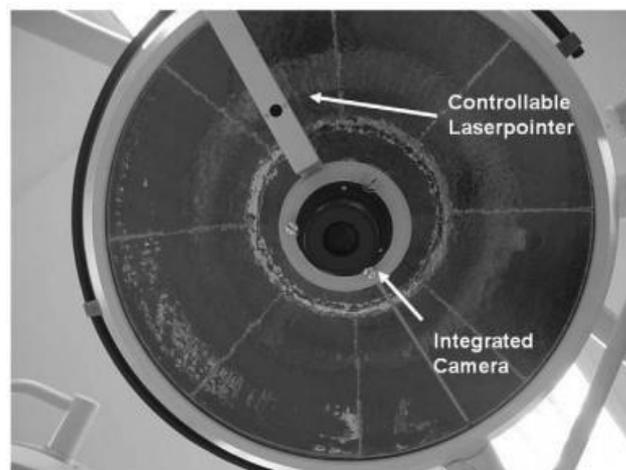
cirugía 4.0. Es deber del cirujano actual es reconocer el proceso de cambio y versarse en su uso, esto según los hallazgos en cuanto a su utilidad y efectividad en el campo.



*Ilustración 9. Herramientas digitales para la enseñanza, simulación de procedimientos quirúrgicos. Aplicación TouchSurgery (8).*



**Figure 1** Typical telepointer system applied in telemedicine and laser as a pointing device (adapted from Ereso, et al. [9]).



*Ilustración 10. Herramientas de telemedicina en procedimientos quirúrgicos, telepointer (9).*

## BIBLIOGRAFIA

1. Garcia D, Mir M. Diccionario ilustrado VOX latín-español español-latín. Barcelona, España; 1982.
2. Robert Liston: el polémico y exitoso cirujano del siglo XIX que realizaba amputaciones en solo segundos - BBC News Mundo [Internet]. BBC News Mundo. 2020 [cited 9 November 2020]. Available from: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46607618#:~:text=Cuchillos%20dise%C3%B1ados%20por%20Robert%20Liston,en%20menos%20de%20tres%20minutos.>
3. Antonio M. Breve historia de la anestesia. Revista de Sanidad Militar Mexico [Internet]. 2012 [cited 9 October 2019];66(4):189-194. Available from: <https://www.medigraphic.com/pdfs/sanmil/sm-2012/sm124f.pdf>
4. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. 4th ed. Madrid: Planeta Publishing; 2019.
5. Toledo-Pereyra LH. Surgical Revolutions. A historical and philosophical view. World Scientific publishing, 2011
6. Gawande A. Two Hundred Years of Surgery | NEJM [Internet]. New England Journal of Medicine. 2012 [cited 9 November 2020]. Available from: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMra1202392>
7. Histórica V, Álvarez J. William harvey, corazón valiente. Revista Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2012 [cited 9 October 2019];23(6):788-790. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-medica-clinica-las-condes-202-articulo-william-harvey-corazon-valiente-S071686401270384X>
8. Pitt D, Aubin J. Joseph Lister: father of modern surgery. Canadian Journal of Surgery [Internet]. 2012 [cited 9 October 2019];55(5):E8-E9. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3468637/>
9. Lera JM. Reflexiones sobre el pasado , presente y futuro de la cirugía mínimamente invasiva Reflections on the past , present and future of minimally invasive surgery. 2005;28:7–10. Available from: <http://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v28s3/original1.pdf>
10. Feußner H, Park A. Surgery 4.0: the natural culmination of the industrial revolution? Innov Surg Sci. 2017;2(3):105–8.
11. Thuemmler C, Bai C. Health 4.0: How virtualization and big data are revolutionizing healthcare. Heal 40 How Virtualization Big Data are Revolutionizing Healthc. 2017;1–254.
12. Vedula SS, Hager GD. Surgical data science : the new knowledge domain. 2017;2(3):109–21. Available at: <https://arxiv.org/abs/1701.06482>.
13. aier-hein L, Vedula S, Speidel S, Navab N, Kikinis R. Surgical Data Science : Enabling next-generation surgery.
14. Haidegger T, Kazanzides P. Patient Motion Tracking in the Presence of Measurement Errors. 2009;(September):0–4.
15. Frasier LL, Azari DP, Ma Y, Quamme RP. ARTICLE IN PRESS A marker-less technique for measuring kinematics in the operating room. Surgery [Internet]. 2016; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surg.2016.05.004>
16. Su, Li-Ming et al. Augmented Reality During Robot-assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy: Toward Real-Time 3D-CT to Stereoscopic Video Registration. Urology, Volume 73, Issue 4, 896 - 900
17. März, K., Franz, A. M., Seitel, A., Winterstein, A., Bendl, R., Zelzer, S., ... Maier-Hein, L. MITK-US: real-time ultrasound support within MITK. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery.2013;9(3), 411–420. doi:10.1007/s11548-013-0962-z
18. Faust, R. A., Kant, A. J., Lorincz, A., Younes, A., Dawe, E., & Klein, M. D. (2007). Robotic endoscopic surgery in a porcine model of the infant neck. Journal of Robotic Surgery, 1(1), 75–83. doi:10.1007/s11701-006-0007-5
19. Hegde R. What kind of surgery is done using the robotic surgery technique? Is this method popular in India? [Internet]. Quora. 2019 [cited

- 11 October 2019]. Available from: <https://www.quora.com/What-kind-of-surgery-is-done-using-the-robotic-surgery-technique-Is-this-method-popular-in-India>
20. Augmenting Surgical Performance [Internet]. Touchsurgery.com. 2019 [cited 11 October 2019]. Available from: <https://www.touchsurgery.com/partner-with-us>
  21. CSATS [Internet]. What is CSATS?. 2019 [cited 11 October 2019]. Available from: <https://www.csats.com>
  22. Sigma for surgeons and the OR Staff [Internet]. Sigmasurgical.com. 2019 [cited 11 October 2019]. Available from:
  23. Schneider, A., Wilhelm, D., Bohn, U., Wichert, A., & Feussner, H. An evaluation of a surgical telepresence system for an intrahospital local area network. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2005;11(8), 408–413. doi:10.1177/1357633x0501100806
  24. Karim, R. A., Zakaria, N. F., Zulkifley, M. A., Mustafa, M. M., Sagap, I., & Md Latar, N. H. Telepointer technology in telemedicine : a review. *BioMedical Engineering OnLine*. 2013; 12(1), 21. doi:10.1186/1475-925x-12-21
  5. Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons. Intelligent Operating Room [Internet]. 2019 [cited 11 October 2019].
  6. Su, Li-Ming et al. Augmented Reality During Robot-assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy: Toward Real-Time 3D-CT to Stereoscopic Video Registration. *Urology*, Volume 73, Issue 4, 896 - 900
  7. März, K., Franz, A. M., Seitel, A., Winterstein, A., Bendl, R., Zelzer, S., ... Maier-Hein, L. MITK-US: real-time ultrasound support within MITK. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. 2013;9(3), 411–420. doi:10.1007/s11548-013-0962-z
  8. Augmenting Surgical Performance [Internet]. Touchsurgery.com. 2019 [cited 11 October 2019]. Available from: <https://www.touchsurgery.com/partner-with-us>
  9. Karim, R. A., Zakaria, N. F., Zulkifley, M. A., Mustafa, M. M., Sagap, I., & Md Latar, N. H. Telepointer technology in telemedicine : a review. *BioMedical Engineering OnLine*. 2013; 12(1), 21. doi:10.1186/1475-925x-12-21

#### Ilustraciones:

1. Mercy Medical Center. Surgery [Internet]. 2018 [cited 10 October 2019]. Available from: <http://mercyregionalmedicalcenter.com/>
2. Feußner H, Park A. Surgery 4.0: the natural culmination of the industrial revolution? *Innov Surg Sci*. 2017;2(3):105–8.
3. Thuemmler C, Bai C. Health 4.0: How virtualization and big data are revolutionizing healthcare. *Heal 40 How Virtualization Big Data are Revolutionizing Healthc*. 2017;1–254.
4. Frasier LL, Azari DP, Ma Y, Quamme RP. ARTICLE IN PRESS A marker-less technique for measuring kinematics in the operating room. *Surgery* [Internet]. 2016