

ORIGINAL

Nuevos sistemas robóticos, ¿Qué tenemos disponible actualmente y qué nos aportan?

New Robotic Systems: What is Currently Available and What Do They Contribute?

Roberto Ballesterero Diego¹, José Antonio Campos Sañudo² , Joan Benejam Gual³ 

1. Servicio urología Hospital Universitario Marqués de Valdecilla, Santander, Cantabria, España

2. Servicio urología Hospital Sierrallana, Torrelavega, Cantabria, España

3. Servicio urología Fundación Hospital de Manacor, Islas Baleares, España

Corresponding author

José Antonio Campos Sañudo

E-mail: jose.antonio.campos.s@gmail.com

Received: 3 - I - 2024

Accepted: 29 - I - 2024

doi: 10.3306/AJHS.2024.39.02.101

Resumen

Introducción: La aparición de nuevos sistemas quirúrgicos robóticos disponibles para su uso por los urólogos conlleva la necesidad de conocer sus características y sus diferencias con el ya establecido robot Da Vinci.

Material y métodos: Se realiza una revisión no sistemática en la herramienta de búsqueda bibliográfica PUBMED/MEDLINE, acotando la búsqueda a los últimos cinco años. Hemos utilizado el término MeSH "Robotic surgical procedures" (11.762), y otros términos como: "Robotic Surgery" (15.595), "Robotic Surgery AND Urology" (3.807) y "New Robotic System" (3511). Con los resultados obtenidos, realizamos una búsqueda específica sobre los sistemas robóticos encontrados para uso en cirugía urológica abdominal, con el objetivo de analizar la evidencia científica disponible en el uso de dichas plataformas en urología.

Resultados: Se analizan los distintos sistemas robóticos disponibles en el mercado, marcando las diferencias en cuanto a tipo de consola y mandos, tipo de óptica, tecnología de vídeo y control de cámara, disposición y tipo de brazos, características de los instrumentos quirúrgicos y ventajas entre ellos. Repasamos los retos de futuro que nos encontraremos los urólogos con la irrupción de estas nuevas plataformas.

Conclusiones: Existen nuevos sistemas robóticos disponibles para su uso en Europa cuyo ritmo de implantación dependerá de las ventajas que aporten a los hospitales. Dada la escasa evidencia disponible actualmente no se puede afirmar con seguridad que los sistemas analizados se comporten de manera comparable al sistema Da Vinci. Son necesarios estudios aleatorizados que comparen los resultados oncológicos y funcionales entre diferentes sistemas para poder llegar a conclusiones precisas.

Palabras clave: Procedimientos quirúrgicos robóticos, tecnología biomédica, urología, economía y organización de sistemas sanitarios.

Abstract

Introduction: The emergence of new robotic surgical systems available for use by urologists requires understanding their characteristics and differences compared to the established Da Vinci robot.

Materials and methods: A non-systematic review was conducted using the PUBMED/MEDLINE bibliographic search tool, limiting the search to the last five years. The MeSH term "Robotic surgical procedures" (11,762) was used, along with other terms such as "Robotic Surgery" (15,595), "Robotic Surgery AND Urology" (3,807), and "New Robotic System" (3511). With the obtained results, a specific search was conducted on the robotic systems found for use in abdominal urological surgery, aiming to analyze the available scientific evidence for the use of such platforms in urology.

Results: Different robotic systems available in the market are analyzed, highlighting differences in console and control types, optics, video technology, camera control, arrangement and type of arms, characteristics of surgical instruments, and advantages among them. Future challenges for urologists with the emergence of these new platforms are reviewed.

Conclusions: New robotic systems are available for use in Europe, and their rate of implementation will depend on the advantages they bring to hospitals. Given the limited evidence currently available, it cannot be confidently stated that the analyzed systems behave comparably to the Da Vinci system. Randomized studies comparing oncological and functional outcomes among different systems are necessary to draw precise conclusions.

Key words: Robotic Surgical Procedures, Biomedical Technology, Urology, Health Care Economics and Organizations.

Cite as: Ballesterero Diego R, Campos Sañudo JA, Benejam Gual J. Nuevos sistemas robóticos, ¿Qué tenemos disponible actualmente y qué nos aportan? *Academic Journal of Health Sciences* 2024; 39 (3):101-108 doi: 10.3306/AJHS.2024.39.03.101

Contexto

La urología ha vivido en las últimas décadas una de las mayores revoluciones en los tratamientos quirúrgicos, por la irrupción de la cirugía laparoscópica y posteriormente por el desarrollo de sistemas quirúrgicos robóticos. Desde la realización de los primeros casos vía laparoscópica en el año 1991¹, la técnica se ha popularizado en todo el mundo. Sin embargo, este abordaje requiere una difícil curva de aprendizaje, necesaria para dominar la técnica laparoscópica. Los sistemas robóticos se crearon con la idea de sobreponerse a esta, y facilitar el acceso a este tipo de cirugía a un mayor número de urólogos².

Durante las últimas dos décadas, el sistema robótico Da Vinci (SRDV) (Intuitive Surgical, EEUU) ha sido el único disponible para su uso en cirugía abdominal, con la salida al mercado de hasta 5 modelos del mismo desde el año 2002. En el año 2019 expiraron las patentes más importantes de la primera versión del SRDV, generando una carrera entre diferentes empresas para desarrollar nuevas plataformas.

El aumento de las indicaciones de la cirugía asistida por robot (CAR) en otras especialidades como: cirugía general³, ginecología⁴, cirugía torácica⁵ u otorrinolaringología⁶, ha llevado a la expansión cada vez mayor del número de CARs realizadas en nuestro país, así como del aumento exponencial del número de robots quirúrgicos distribuidos por la práctica totalidad de la geografía española.

Objetivo

Aparte del SRDV, en estos momentos están disponibles diferentes sistemas robóticos para su utilización en CAR abdominal en Urología. El objetivo de esta revisión es analizar los diferentes sistemas robóticos disponibles para su uso actualmente en Europa.

Adquisición de evidencia

Hemos realizado una revisión no sistemática en la herramienta de búsqueda bibliográfica PUBMED/MEDLINE, acotando la búsqueda a los últimos cinco años. Hemos utilizado el termino MeSH "Robotic surgical procedures" (11.762), y otros términos como: "Robotic Surgery" (15.595), "Robotic Surgery AND Urology" (3.807) y "New Robotic System" (3511). Con los resultados obtenidos, realizamos una búsqueda específica sobre los sistemas robóticos encontrados para uso en cirugía urológica abdominal: Da Vinci (Intuitive surgical), Versius (CMR surgical), Hugo (Medtronic), Senhance (Asensus), Avatera (Avateramedical), Dexter (Distalmotion), Revo I (Meerecompany), Hinotori™ (Medicaroid), MicrohandS, con el objetivo de analizar la evidencia científica disponible en el uso de dichas plataformas en urología. Contactamos con las diferentes compañías para recibir información técnica y fotografías de sus sistemas.

Síntesis de evidencia

Después de la búsqueda realizada hemos encontrado 9 sistemas robóticos disponibles para su uso en humanos, aunque con limitaciones en cuanto a su utilización según los mercados donde han obtenido licencia para su uso. Por lo tanto, analizaremos principalmente los disponibles y con certificación de uso a nivel europeo.

Se describen todas las plataformas en función del siguiente esquema:

- Tipo de consola y mandos.
- Tipo de óptica, tecnología de vídeo y control de la cámara.
- Disposición y tipo de brazos.
- Características de los instrumentos quirúrgicos.

Da Vinci

La compañía Intuitive Surgical tiene su base en California, Estados Unidos. Fue fundada en 1995 y obtuvo el marcado europeo **CE** para la primera generación de sus sistemas robóticos en el año 2003. Actualmente tenemos disponible la 4ª generación que engloba las versiones Xi, X y SP. Analizaremos la versión Xi al tener la tecnología más novedosa de la compañía comercializada en Europa, ya que el modelo SP no dispone de marcado **CE**.

EL SRDV Xi se compone de una consola cerrada inclusiva (**Figura 1**), desde la que el cirujano en posición sentada manipula los brazos robóticos mediante unos mandos tipo anillo que se acoplan a los dedos del cirujano. También dispone de varios pedales para el control de la cámara, la aplicación de la energía, el embrague y el cambio de brazo. La unidad de visualización está incluida en la consola con tecnología 3D HD. Dispone de unos controles que permiten adaptar la posición de trabajo del cirujano según las preferencias de este, para mejorar la ergonomía.

Figura 1: Consola del sistema robótico Da Vinci. (Imagen cedida por Intuitive).



La cámara endoscópica 3D es de un tamaño de 8 mm y permite su uso en cualquiera de los 4 brazos robóticos facilitando la cirugía multicuadrante. La cámara permite el uso de fluorescencia con verde de indocianina, como la versión anterior, y el movimiento de la cámara es controlado por el cirujano desde los mandos de la consola. El resto del equipo al lado del paciente tiene visión de la cirugía mediante una pantalla 2D sobre la torre de control.

Los 4 brazos robóticos dependen de una única columna móvil o carro del paciente (**Figura 2**), que se desplaza por quirófano sobre una base con ruedas. En esta última versión del SRDV se ha perfeccionado el diseño de los brazos ocupando menos volumen al ser más pequeños, largos y delgados lo que conlleva una disminución de las posibilidades de choque entre ellos.

Figura 2: Columna móvil con brazos robóticos del sistema Da Vinci. (Imagen cedida por Intuitive).



EL Da Vinci Xi tiene un amplio catálogo de instrumentos que permiten una articulación con 7 grados de libertad mediante la tecnología Endowrist®. El tamaño de los instrumentos permite su uso a través de un trócar de 8 mm, a excepción de la endograpadora robótica que precisa un trócar de 12 mm. Dispone de una amplia variedad de instrumentos que incluyen diferentes pinzas de agarre y portaagujas, tijeras, pinzas bipolares, pinzas selladoras, aplicadores de clips y endograpadoras.

Existe abundante evidencia científica sobre su uso en el campo de la urología⁷⁻¹⁰, donde puede ser usado prácticamente para la realización de cualquier cirugía abdominal¹¹⁻¹³.

Versius

La empresa Cambridge Medical Robotics (CMR) surgical tiene su base en Cambridge, Reino Unido. Fue fundada en 2014 y ha desarrollado el sistema robótico Versius, que obtuvo el marcado CE en marzo de 2019

para su uso en cirugía urológica, ginecológica y en cirugía general. Dicho sistema se compone de una consola abierta (**Figura 3**) desde la que se controlan los instrumentos quirúrgicos mediante un mando ergonómico con forma de joystick que dispone de diferentes botones (no se utilizan pedales para control de los brazos) y una unidad de visualización abierta con una pantalla 3D. El diseño ergonómico de la consola permite adaptar la posición de la misma según las preferencias del cirujano, de pie o sentado.

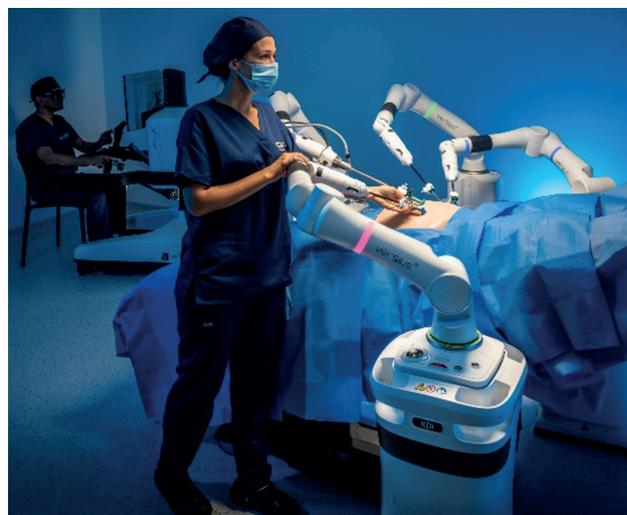
Figura 3: Consola del sistema robótico Versius. (Imagen cedida por CMR surgical).



Consta de una cámara endoscópica de 10 mm que ofrece una visión 3D que requiere del uso de gafas 3D por parte del cirujano. No está disponible actualmente la posibilidad de fluorescencia. El movimiento de la cámara se controla desde los mandos de la consola. El resto del equipo al lado del paciente tiene visión de la cirugía mediante una pantalla 2D.

El diseño de los brazos robóticos es modular con cuatro módulos independientes (**Figura 4**) que se pueden mover por el quirófano sobre una base con ruedas.

Figura 4: Módulo independiente con brazo robótico Versius. (Imagen cedida por CMR surgical).



Los instrumentos quirúrgicos permiten una articulación de 7 grados de libertad en la punta del instrumento. Se utilizan a través de trócares de 5 mm, como único requisito, dichos trócares deben poseer balón de fijación para evitar cambios en la posición de los instrumentos. Existe una amplia variedad de pinzas de agarre, pinzas bipolares, portaagujas y tijeras todos ellos con 7 grados de libertad.

La evidencia científica disponible sobre el uso de este sistema en urología consiste actualmente en estudios preclínicos^{14,15}. En cirugía general y ginecología ya se han publicado las primeras series de casos con el uso de esta tecnología¹⁶⁻¹⁸, reportando principalmente su seguridad y reproducibilidad. Es probable que la implantación progresiva de nuevos sistemas robóticos Versius, principalmente en Reino Unido haga que aumente el número de series publicadas.

Hugo

La empresa Medtronic tiene su base en EEUU e Irlanda. Fue fundada en 1949 y es una de las compañías de tecnología sanitaria más importantes en relación a ventas a nivel mundial. Tiene una amplia experiencia en el desarrollo de dispositivos médicos y ha desarrollado el sistema robótico Hugo. Ha obtenido el marcado CE autorizando su venta para realizar cirugías urológicas y ginecológicas en octubre de 2021.

El sistema Hugo (**Figura 5**) se compone de una consola abierta para su manejo en la posición de sentado, desde la que se manipula los instrumentos quirúrgicos. Dispone de unos mandos ergonómicos con botones, que permiten un agarre similar al de una pistola (**Figura 6**), así como diferentes pedales desde los que se controlan la cámara, las fuentes de energía y el brazo auxiliar. Consta, además de una unidad de visualización abierta para el cirujano con tecnología 3D HD.

Como óptica utiliza una cámara endoscópica de Karl Storz® 3D TIPCAM® S, con un diámetro de 10 mm, que permite la visualización en 3D HD, pudiendo ser colocada en cualquiera de los brazos robóticos. Como con el sistema Versius, es necesario el uso de gafas

Figura 5: Sistema robótico Hugo, de izquierda a derecha: Módulo con brazo robótico, consola con mandos y pedales, unidad central de procesamiento con pantalla, sistema de insuflado y generador electroquirúrgico. (Imagen cedida por Medtronic).



3D con marcadores reflectantes por parte del cirujano. El control de la cámara se realiza desde los propios instrumentos de la consola, combinando el movimiento con los mandos y el pedal correspondiente. Dispone de un monitor interactivo con un multiplicador de la rotación y ajustes de escala de movimiento.

El sistema robótico Hugo es un sistema modular multipuerto con hasta 4 módulos independientes. Al igual que el sistema Versius, los módulos tienen una base sobre ruedas que permiten su movilidad por el quirófano sin dificultad. Una característica de este robot es que cada brazo robótico tiene seis articulaciones, que le permiten obtener una amplia variedad de movimientos para adaptarse a la posición del paciente.

Dispone de una amplia variedad de instrumentos quirúrgicos como portaagujas y otras pinzas de agarre que permiten 7 grados de libertad en la punta del instrumento. Actualmente no dispone de endograpadora ni de pinza para colocación de clips de polímero. La duración de los instrumentos es variable, siendo algunos de un solo uso y otros de múltiples usos. Requiere del uso de trócares especialmente diseñados para esta plataforma.

También consta de una torre con pantalla 2D como unidad central de procesamiento donde se aloja el sistema de insuflado y un generador electroquirúrgico Valleylab® para los instrumentos quirúrgicos.

Dado la reciente obtención del marcado CE para su uso en cirugía urológica y ginecológica, la evidencia disponible es escasa. En urología se han publicado dos series de casos, el primero con diferentes cirugías¹⁹ donde se estudiaba su versatilidad y seguridad, y el segundo estudio se centraba en la realización de prostatectomías radicales con linfadenectomía²⁰. En ambos estudios con pacientes seleccionados, se demostró la seguridad y factibilidad de realizar cirugías urológicas con este sistema robótico.

La compañía tiene acuerdos de colaboración previa con hospitales nacionales e internacionales de referencia mediante el programa *Integrated Health Solutions*, por lo que es probable que aumenten el número de dispositivos en uso y así la evidencia disponible.

Figura 6: Mandos de control del sistema robótico Hugo. (Imagen cedida por Medtronic).



Senhance

La empresa Asensus surgical tiene su base en EEUU (cambió su nombre previo de Transenterix en febrero del año 2021). Está centrada en el desarrollo de sistemas quirúrgicos robóticos. En el año 2015 adquirió la empresa italiana SOFAR SpA que había desarrollado el sistema robótico TELELAP-ALF-X. Posteriormente cambiaron el nombre del sistema robótico a Senhance que obtuvo el marcado CE para su uso en cirugía general, ginecología, urología y cirugía torácica en el año 2016.

EL sistema robótico se compone de una consola abierta para el cirujano, que dispone de un sistema de mandos con la forma de la base de un portaagujas y pedales que permiten el control de los instrumentos quirúrgicos (**Figura 7**). La unidad de visualización consta de una pantalla 3D 4K.

La cámara endoscópica es de un tamaño de 10 mm. El control de la misma se realiza mediante el movimiento ocular a través de unas gafas 3D con sensores, lo que permite desplazar la imagen de la cámara mediante el movimiento de la cabeza del cirujano. Se puede usar la fluorescencia con verde de indocianina mediante un adaptador especialmente diseñado que proporciona la compatibilidad con el endoscopio PINPOINT® (Stryker®).

Figura 7: Sistema robótico Senhance, de izquierda a derecha: Tres módulos independientes con brazos robóticos y consola del sistema. (Imagen propiedad de Asensus).



Consta de un sistema modular independiente de hasta 4 brazos robóticos, con una base sobre ruedas que permiten su desplazamiento por el quirófano.

Los instrumentos son similares a los utilizados en laparoscopia convencional, sin disponer de grados de libertad en la punta, a excepción de una pinza de agarre atraumática y un portaagujas. El tamaño del portaagujas es de 10 mm y de un solo uso. Una de las características singulares de esta plataforma es que los instrumentos transmiten la sensación táctil al cirujano mediante tecnología háptica, permitiendo conocer las diferencias en cuanto a resistencia de los tejidos. Los tamaños de los instrumentos quirúrgicos son de 3, 5 y 10 mm y reesterilizables sin límites de uso en su mayor parte, por lo que el coste es menor que en otros sistemas.

Incluye también una torre laparoscópica donde se encuentran los sistemas de energía e insuflado y de una pantalla de visualización para el resto del equipo quirúrgico.

Al haber transcurrido más tiempo desde que ha recibido el marcado CE comparado con los otros sistemas robóticos analizados, disponemos de una mayor evidencia con respecto a los resultados de su uso. Las mayores series de casos publicadas corresponden a cirugía general^{21,22} y ginecología^{23,24}. No obstante ya existen series sobre su uso en prostatectomía radical²⁵ y en patología del tracto urinario superior²⁶. Cabe destacar el trabajo de Kulis *et al*²⁷ donde compara el uso de este sistema robótico con la cirugía laparoscópica para realizar la prostatectomía radical extraperitoneal, no observando diferencias a nivel de seguridad ni factibilidad en más de 100 casos. La propia compañía ha estimulado la utilización de un registro de las cirugías usando su plataforma en las distintas especialidades quirúrgicas, focalizándose principalmente en la seguridad, y evaluando que los procesos realizados sean seguros y reproducibles²⁸.

Avatera

La empresa Avateramedical fue fundada en 2011 en Alemania con la idea de obtener un sistema robótico europeo. El sistema Avatera obtuvo el marcado CE para su uso en cirugías urológicas y ginecológicas en 2019.

El sistema robótico Avatera (**Figura 8**) tiene muchas similitudes con el SRDV, consta de una consola abierta desde la que se controla los movimientos de los brazos robóticos mediante un sistema de mandos, tipo anillo que se acoplan a los dedos del cirujano, y con el movimiento de la muñeca. La unidad de visualización dispone de un sistema binocular con tecnología 3D HD similar al usado en la microcirugía permitiendo que el cirujano tenga las orejas y la boca sin obstrucción de ningún tipo.

La cámara endoscópica es 3D, de un tamaño de 10mm, y la resolución de la imagen obtenida por la cámara es HD. Los movimientos de la cámara se realizan mediante los mandos y los pedales de la consola.

Los 4 brazos robóticos dependen de una columna móvil única o carro del paciente, en la que se colocan los instrumentos y el endoscopio.

Figura 8: Sistema robótico Avatera, de izquierda a derecha: Consola con visor binocular y columna móvil de la que dependen los cuatro brazos robóticos. (Imagen cedida por Avateramedical).



Los instrumentos disponibles son un disector tipo *Maryland* bipolar, unas tijeras de *Metzenbaum* bipolares, una pinza de agarre atraumática y un portaagujas, todos de un solo uso y de tamaño de 5 mm que permiten 7 grados de libertad en la punta del instrumento.

Con respecto a la evidencia científica sobre este nuevo sistema actualmente no existen artículos publicados sobre su uso en un contexto clínico ni de desarrollo. Recientemente ha sido utilizado en el Hospital de Leipzig en sus primeros casos en urología según la propia web de la compañía²⁹, pero no disponemos de datos sobre ello.

Dexter

La empresa Distalmotion tiene su base en Suiza, y fue fundada en 2012 a partir del laboratorio robótico del instituto suizo de tecnología de Lausana. Su sistema robótico Dexter obtuvo el marcado **CE** para su uso en diciembre del año 2020.

El sistema se compone de una consola (**Figura 9**) que puede elevarse o descender por lo que permite su utilización en posición de pie o sentado. Los mandos de control son de tipo anillo y se acoplan a los dedos del cirujano de forma similar a los del SRDV. La unidad de visualización permite obtener imágenes con tecnología 2D o 3D.

Figura 9: Sistema robótico Dexter, de izquierda a derecha: Consola del sistema, dos módulos independientes con brazos robóticos y soporte robótico de cámara endoscópica. (Imagen cedida por Distalmotion).



No dispone de cámara endoscópica propia. El control de la cámara puede hacerse por el ayudante de igual manera que en la cirugía laparoscópica o mediante un soporte robótico adaptable a cualquier cámara endoscópica laparoscópica que se fija a la mesa quirúrgica y se controla desde la consola. Esto permite el uso en 2D, 3D o con fluorescencia. Requiere el uso de gafas para la visión en 3D.

El diseño de los 2 brazos robóticos independientes es modular con ruedas incorporadas por lo que se pueden desplazar sin dificultad por el quirófano.

Los instrumentos son de 8.3 mm y permiten 7 grados de libertad. Son de un solo uso y compatibles con cualquier plataforma de energía, permitiendo el uso de energía monopolar o bipolar. Posee dentro de su catálogo de dos pinzas de agarre, tipo *Grasper* y *Maryland* bipolar, portaagujas, tijeras y gancho monopolar.

No disponemos de ninguna publicación en la literatura sobre el uso de este sistema, aunque según la página web de la compañía se ha comenzado a usar en el marco de un estudio clínico por el servicio de cirugía general del Hospital de Lausana.

Diferencias entre los sistemas robóticos

A pesar de la hegemonía del SRDV en las últimas décadas, nuevas plataformas robóticas han emergido en este campo y buscan ser competidoras por el liderazgo del mercado. Las nuevas generaciones de robots quirúrgicos pueden llevar a una reducción de los costes que permitan aumentar el acceso a la CAR. Asimismo, buscan solucionar algunas de las limitaciones que presenta el SRDV, como la dificultad de comunicación con el equipo debido a la consola cerrada, las limitaciones de posicionamiento de los brazos por la posibilidad de choque entre ellos²⁰, la falta de retroalimentación háptica, la necesidad de trócares de 8 o 12 mm y el elevado coste del sistema³⁰. El desarrollo de sistemas modulares, consolas abiertas, instrumentos de menor tamaño y posibilidades de adquisición por uso por procedimiento, son algunos de los avances que aportan estos nuevos sistemas (**Tabla I**).

Tabla I: Resumen de los sistemas robóticos analizados y sus características principales.

Sistema robótico	Compañía	Marcado CE	Características principales
Da Vinci Xi	Intuitive	2014	Columna móvil, instrumentos y cámara de 8 mm, unidad visualización cerrada, amplia variedad de instrumentos con 7 grados de libertad. Posibilidad de uso de fluorescencia.
Versius	CMR surgical	2019	Modular, instrumentos 5 mm, unidad de visualización abierta, instrumentos con 7 grados de libertad. Brazos en 4 módulos independientes de tamaño reducido.
Hugo	Medtronic	2021	Modular, instrumentos 5 mm, unidad visualización abierta, instrumentos con 7 grados de libertad. Brazos en 4 módulos independientes.
Senhance	Asensus	2016	Modular, instrumentos de 5 mm, instrumentos de cirugía laparoscópica sin grados de libertad, unidad de visualización abierta, sensibilidad háptica.
Avatera	Avateramedical	2019	Columna móvil de la que dependen los brazos robóticos, instrumentos de 5 mm con 7 grados de libertad, consola abierta, instrumentos de un solo uso.
Dexter	Distalmotion	2020	Modular con 2 brazos robóticos, instrumentos de 8 mm de un solo uso con 7 grados de libertad, visualización abierta, soporte robótico endoscópico adaptable a cualquier tipo de sistema de endoscopia laparoscópica

Implantación en hospitales

El número de cirugías realizadas a nivel mundial con el SRDV a comienzos del año 2022 ha sobrepasado la cifra de los 10 millones, con más de 6800 sistemas instalados globalmente y con una rápida expansión en los últimos años. En la península ibérica se ha llegado, según datos de la compañía, a más de 100 sistemas instalados, con previsión de aumentar su número en el corto plazo. Los SRDV instalados en España actualmente se encuentran en hospitales de gran volumen o en centros privados.

Los nuevos sistemas analizados se enfrentan al problema de un gran competidor como es el SRDV, un producto eficiente y consolidado, con gran implantación, una amplia red de mantenimiento y soporte técnico, unas posibilidades de entrenamiento variadas y evidencia científica de alto nivel.

Las dos estrategias de implantación de estos nuevos sistemas pueden ser: Implantarlos en hospitales que no dispongan de esta tecnología o bien introducirse en el mercado de los hospitales que ya lo poseen. Dada la necesidad de demostrar su eficiencia y generar evidencia científica de alto nivel para aumentar su impacto en el mercado, pensamos que esta segunda estrategia va a ser la tomada inicialmente, al menos por las compañías más potentes, para asegurarse los mejores resultados posibles y así poder pasar a un mercado más global posteriormente.

En la publicación de Liatsikos *et al*³¹ se analizan las potenciales oportunidades de implantación del sistema robótico Avatera señalando que para poder competir con el SRDV tiene que ofrecer una capacidad técnica comparable, disminuir los costes de adquisición del sistema robótico y abaratar el uso de sus instrumentos y el mantenimiento.

Retos en la formación

Ya hace más de una década Valero *et al*³² remarcaban la importancia de crear un proceso de formación en CAR dentro de los programas de residencia. Actualmente en España nos encontramos con pocos centros que

incluyan esta formación de manera habitual. En una reciente encuesta realizada desde la Asociación Española de Urología entre residentes cuyos hospitales tenían SRDV, únicamente el 12,77% afirmaban que su servicio disponía de un programa de formación robótica reglada. (Datos pendientes de publicación). Esto contrasta con aproximadamente el 54% de los residentes de EE.UU. que disponen de entrenamiento específico³³. Debemos dar pasos en la implementación de estos programas formativos en nuestro país.

Retos en la innovación

La competición entre sistemas puede acelerar la llegada de innovación como puede ser la posibilidad de utilizar fluorescencia con diferentes marcadores como marcador de PSMA que nos permitiría ver exactamente los límites de la prostatectomía en pacientes con riesgo de extensión extracapsular o afectación linfática³⁴, el uso de inteligencia artificial que permita conjugar los hallazgos de las pruebas de imagen con el campo quirúrgico³⁵, los sistemas de navegación intraoperatoria a tiempo real o los procesos automatizados que podrían llevar a que el propio sistema realizara de forma parcial o total la cirugía³⁶.

Conclusión

Existen nuevos sistemas robóticos disponibles para su uso en Europa cuyo ritmo de implantación dependerá de las ventajas técnicas y económicas que aporten en los hospitales. Dada la escasa evidencia disponible actualmente no se puede afirmar con seguridad que los sistemas analizados se comporten de manera comparable al SRDV. Son necesarios estudios aleatorizados que comparen los resultados oncológicos y funcionales entre diferentes sistemas para poder llegar a conclusiones precisas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Clayman RV, Kavoussi LR, Soper NJ, Dierks SM, Merety KS, Darcy MD. Laparoscopic nephrectomy. *N Engl J Med* 324:1370-1, 1991. <https://doi.org/10.1056/nejm199105093241917>
2. Yohannes P, Rotariu P, Pinto P, Smith AD, Lee BR. Comparison of robotic versus laparoscopic skills: is there a difference in the learning curve? *Urology* 60:39-45; 2002. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(02\)01717-x](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(02)01717-x)
3. Liu R, Liu Q, Wang Z: Worldwide diffusion of robotic approach in general surgery. *Updates Surg* 73:795-797, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13304-020-00914-3>
4. Han ES, Advincula AP. Robotic Surgery: Advancements and Inflection Points in the Field of Gynecology. *Obstet Gynecol Clin North Am* 48:759-776, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ogc.2021.07.004>
5. Gonzalez-Rivas D, Ismail M. Subxiphoid or subcostal uniportal robotic-assisted surgery: early experimental experience. *J Thorac Dis* 11:231-9, 2019. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.12.94>
6. Maza G, Sharma A. Past, Present, and Future of Robotic Surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 53:935-41, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2020.07.005>

7. Moreno-Sierra J, Galante-Romo MI, Senovilla-Perez JL, Redondo-Gonzalez E, Galindo-Herrero I, Barrera-Ortega J, et al. Oncologic outcomes in 408 consecutive patient cohort treated with da Vinci robot-assisted radical prostatectomy. *Actas Urol Esp (Engl Ed)* 44:179-86, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2019.11.001>
8. Harke NN, Darr C, Radtke JP, von Ostau N, Schiefelbein F, Eraky A, et al. Retroperitoneal Versus Transperitoneal Robotic Partial Nephrectomy: A Multicenter Matched-pair Analysis. *Eur Urol Focus* 7:1363-70, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.08.012>
9. López-Molina C, Carrion A, Campistol M, Piñero A, Lozano F, Salvador C, et al. Evaluating the impact of the learning curve on the perioperative outcomes of robot-assisted radical cystectomy with intracorporeal urinary diversion. *Actas Urol Esp (Engl Ed)*, 46:57-62, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2021.05.005>
10. Feng Z, Feng MP, Feng DP, Solorzano CC. Robotic-assisted adrenalectomy using da Vinci Xi vs. Si: are there differences? *J Robot Surg* 14:349-55, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11701-019-00995-2>
11. Rocca A, Scacchi A, Cappuccio M, Avella P, Bugiantella W, De Rosa M, et al. Robotic surgery for colorectal liver metastases resection: A systematic review. *Int J Med Robot* 17:e2330, 2021. <https://doi.org/10.1002/rcs.2330>
12. Baek SJ, Plozzi GN, Kim SH. Optimizing outcomes of colorectal cancer surgery with robotic platforms. *Surg Oncol* 37:101559, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.suronc.2021.101559>
13. Royall NA, Walsh RM. Robotic distal pancreatectomy and splenectomy: rationale and technical considerations. *J Vis Surg* 3:135, 2017. <https://doi.org/10.21037/jovs.2017.08.01>
14. Thomas BC, Slack M, Hussain M, Barber N, Pradhan A, Dinneen E, et al. Preclinical Evaluation of the Versius Surgical System, a New Robot-assisted Surgical Device for Use in Minimal Access Renal and Prostate Surgery. *Eur Urol Focus* 7:444-52, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2020.01.011>
15. Haig F, Medeiros ACB, Chitty K, Slack M. Usability assessment of Versius, a new robot-assisted surgical device for use in minimal access surgery. *BMJ Surg Interv Health Technol* 2:e000028, 2020. <https://doi.org/10.1136/bmjst-2019-000028>
16. Dixon F, Khanna A, Vitish-Sharma P, Singh NS, Nakade K, Singh A, et al. Initiation and feasibility of a multi-specialty minimally invasive surgical programme using a novel robotic system: A case series. *Int J Surg* 96:106182, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2021.106182>
17. Dixon F, O'Hara R, Ghuman N, Strachan J, Khanna A, Keeler BD. Major colorectal resection is feasible using a new robotic surgical platform: the first report of a case series. *Tech Coloproctol* 25:285-289, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10151-020-02366-8>
18. Kelkar DS, Kurlkar U, Stevens L, Waghlikar GD, Slack M. An Early Prospective Clinical Study to Evaluate the Safety and Performance of the Versius Surgical System in Robot-Assisted Cholecystectomy. *Ann Surg*, 2022. En prensa. <https://doi.org/10.1097/sla.0000000000005410>
19. Ragavan N, Bharathkumar S, Chirravur P, Sankaran S, Mottrie A. Evaluation of Hugo RAS System in Major Urologic Surgery: Our Initial Experience. *J Endourol*, 2022. En prensa. <https://doi.org/10.1089/end.2022.0015>
20. Bravi CA, Paciotti M, Sarchi L, Mottaran A, Nocera L, Farinha R, et al. Robot-assisted Radical Prostatectomy with the Novel Hugo Robotic System: Initial Experience and Optimal Surgical Set-up at a Tertiary Referral Robotic Center. *Eur Urol*, 2022. En prensa. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2022.04.029>
21. Samalavicius NE, Dulskas A, Sirvys A, Klimasauskiene V, Janusonis V, Janusonis T, et al. Inguinal hernia TAPP repair using Senhance® robotic platform: first multicenter report from the TRUST registry. *Hernia*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10029-021-02510-9>
22. Darwich I, Stephan D, Klöckner-Lang M, Scheidt M, Friedberg R, Willeke F. A roadmap for robotic-assisted sigmoid resection in diverticular disease using a Senhance™ Surgical Robotic System: results and technical aspects. *J Robot Surg* 14:297-304, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11701-019-00980-9>
23. Coussons H, Feldstein J, McCarus S. Senhance surgical system in benign hysterectomy: A real-world comparative assessment of case times and instrument costs versus da Vinci robotics and laparoscopic-assisted vaginal hysterectomy procedures. *Int J Med Robot* 17:e2261, 2021. <https://doi.org/10.1002/rcs.2261>
24. Sassani JC, Clark SG, McGough CE, Shepherd JP, Bonidie M. Sacrocolpopexy experience with a novel robotic surgical platform. *Int Urogynecol J*, 2022. En prensa. <https://doi.org/10.1007/s00192-022-05155-z>
25. Kaštelan Ž, Knežević N, Hudolin T, Kuliš T, Penezić L, Goluža E, et al. Extraperitoneal radical prostatectomy with the Senhance Surgical System robotic platform. *Croat Med J* 60:556-9, 2019. <https://doi.org/10.3325/cmj.2019.60.556>
26. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, Knezevic N, Penezic L, Maric M, et al. Upper urinary tract surgery and radical prostatectomy with Senhance® robotic system: Single center experience-First 100 cases. *Int J Med Robot* 17:e2269, 2021. <https://doi.org/10.1002/rcs.2269>
27. Kulis T, Hudolin T, Penezic L, Zekulic T, Saic H, Knezevic N, et al. Comparison of extraperitoneal laparoscopic and extraperitoneal Senhance radical prostatectomy. *Int J Med Robot* 18:e2344, 2022. <https://doi.org/10.1002/rcs.2344>
28. Stephan D, Darwich I, Willeke F. The TransEnterix European Patient Registry for Robotic-Assisted Laparoscopic Procedures in Urology, Abdominal, Thoracic, and Gynecologic Surgery ("TRUST"). *Surg Technol Int* 38:103-7, 2021. <https://doi.org/10.52198/21.sti.38.gs1394>
29. <https://www.avatera.eu/en/company/news/>. Avateramedical robot-assisted surgery system progresses to clinical use. (Fecha último acceso 31-5-2022)
30. Childers CP, Maggard-Gibbons M. Estimation of the Acquisition and Operating Costs for Robotic Surgery. *Jama* 320:835-6, 2018. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.9219>
31. Liatsikos E, Tsaturyan A, Kyriazis I, Kallidonis P, Manolopoulos D, Magoutas A. Market potentials of robotic systems in medical science: analysis of the Avatera robotic system. *World J Urol* 40:283-9, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00345-021-03809-z>
32. Valero R, Ko YH, Chauhan S, Schatloff O, Sivaraman A, Coelho RF et al. Robotic surgery: history and teaching impact. *Actas Urol Esp* 35:540-5, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2011.04.005>
33. Okhunov Z, Safiullah S, Patel R, Juncal S, Garland H, Khajeh NR et al. Evaluation of Urology Residency Training and Perceived Resident Abilities in the United States. *J Surg Educ* 76:936-48, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2019.02.002>
34. Zhou H, Liu Y, Zhang X, Chen, Kuang L, Yuan X, Xiaodan X et al. A Preliminary Study of PSMA Fluorescent Probe for Targeted Fluorescence Imaging of Prostate Cancer. *Molecules* 24:27(9):2736, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27092736>
35. Gómez Rivas J, Toribio Vázquez C, Ballesteros Ruiz C, Taratkin M, Marengo JL, Cacciamani GE et al. Artificial intelligence and simulation in urology. *Actas Urol Esp (Engl Ed)* 45:524-529, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.acuroe.2021.07.001>
36. Connor MJ, Dasgupta P, Ahmed HU, Raza, A. Autonomous surgery in the era of robotic urology: friend or foe of the future surgeon? *Nat. Rev. Urol.* 17:643-649, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41585-020-0375-z>