

# Aplicaciones de cirugía robot asistida en otorrinolaringología

## Use of robot-assisted surgery in otorhinolaryngology

Pablo Santa María H<sup>1</sup>, Pablo Santa María M<sup>2</sup>.

### RESUMEN

*La introducción en el arsenal quirúrgico de los sistemas endoscópicos mínimamente invasivos robot-asistidos ha permitido un gran avance al permitir que cirugías complejas puedan llevarse a cabo en forma laparoscópica o toracoscópica. Las ventajas que éstos proporcionan son principalmente una visión estereoscópica y una versatilidad y precisión del movimiento comparable y en algunos casos superiores a las de un procedimiento abierto. Aunque tienen limitaciones cuando se utilizan en campos quirúrgicos reducidos, como en el caso de la cirugía de cabeza y cuello, esos beneficios por sobre métodos endoscópicos convencionales han permitido su uso en cirugía endoscópica de cuello y cirugía transoral robot-asistida. Hasta el momento se ha reportado su uso para procedimientos tan complejos como disección cervical, laringectomía supraglótica y cirugía de base de lengua. Estos reportes sientan las bases para el desarrollo de la cirugía robot-asistida en otorrinolaringología, la que podría evolucionar aún más cuando el instrumental robótico sea diseñado específicamente para este campo.*

**Palabras clave:** Cirugía robot-asistida, Da Vinci, cirugía robótica transoral, cirugía mínimamente invasiva

### SUMMARY

*The introduction of minimally invasive robot-assisted endoscopic procedures has led to great advances in general surgery, allowing the performance of complex procedures by laparoscopy or thoracoscopy. The main advantages of these systems are stereoscopic vision and motion precision and versatility comparable, and sometimes even superior, to open procedures. Although there are limitations when acting on confined spaces, as is the case in head and neck surgery, the advantages over conventional endoscopy have permitted the expansion of robot-assisted surgery to our field.*

*To date, there have been reports of procedures as complex as selective neck dissection, supraglottic laryngectomy and base of tongue surgery. These reports are the first steps of the development of robot-assisted surgery on ENT and head and neck surgery, a field that will evolve tremendously when the robotic instrumentation is designed specifically for it.*

**Key words:** Robot-assisted surgery, da Vinci surgical robot, transoral robotic surgery, minimally invasive surgery.

---

<sup>1</sup> Médico, Universidad de Chile

<sup>2</sup> Médico Otorrinolaringólogo, Rancagua

Con el desarrollo de técnicas de cirugía mínimamente invasiva (CMI) en los años 80, el cirujano evitó poner sus manos directamente en el campo; en su lugar, largos instrumentos fueron introducidos a través de pequeñas incisiones, lo que minimizó el daño colateral de una gran exposición y disminuyó el tiempo de recuperación. Esto, a cambio de una disminución de la movilidad de la muñeca, pérdida de visión tridimensional y el agregar el efecto *fulcrum*, mediante el cual los movimientos del cirujano son invertidos en el campo operatorio. Este es el motivo por el cual sólo procedimientos relativamente simples son ejecutados vía laparoscópica y por el que sólo unos pocos cirujanos, con gran experiencia, pueden realizar cirugías más complejas<sup>1</sup>. Como dice Thomas Krummel: "el cirujano laparoscópico está obligado a operar con palitos chinos"<sup>2</sup>.

La promesa de la cirugía robot asistida es, precisamente, superar estas limitaciones.

## DESARROLLO DE LA CIRUGÍA ROBOT-ASISTIDA

La noción del uso de tecnología robótica en cirugía surgió en los años 70, cuando científicos de la NASA concibieron la idea de un robot que operaría en astronautas orbitando la Tierra. El concepto era bueno, pero lo arcaico de la tecnología quirúrgica y computacional de la época, lo hacían irrealizable. El advenimiento de la cirugía mínimamente invasiva en los 80 y su rápido desarrollo, sirvió de fundamento a los investigadores del Stanford Research Institute (SRI) en California, EE.UU, para comenzar a crear tecnología capaz de aumentar las capacidades del cirujano en microcirugía y CMI. Estos estudios trajeron avances combinados en visión estereoscópica, manipulación remota, diseño ergonómico y los primeros atisbos de *feedback* sensitivo<sup>1</sup>. En 1995 se formó la compañía Intuitive Surgical Inc., cuya misión consistía en desarrollar tecnología comercialmente sustentable para usarse en CMI. Utilizando los adelantos del SRI y de otras instituciones, se lograron 2 espectaculares progresos: un brazo robótico que sustenta instrumentos quirúrgicos con gran movilidad y que, por tanto, permite realizar cirugía compleja a través de incisiones de 1 cm y una cámara de video tridimensional que envía sus imágenes a un visor

estereoscópico, lo que produce una visualización inmersiva (se detalla más adelante). El resultado es el robot da Vinci, una espectacular obra de ingeniería, aprobada por la FDA en 2001. Ese mismo año la cirugía robótica se hizo conocida en el mundo entero tras el reporte de la primera cirugía robótica transatlántica (lo que se llamó la operación Lindbergh) donde un cirujano francés removió, desde Nueva York, la vesícula biliar de un paciente en Francia.

Actualmente, el sistema da Vinci tiene sus mayores usos en cirugía cardíaca, especialmente en cirugía de reemplazo valvular y de *bypass* coronarios, que evitan una esternotomía<sup>3</sup>, y en urología, principalmente en prostatectomías radicales. El sistema ha sido tan exitoso en EE.UU que en el año 2004 el 10% de estos procedimientos fueron robot-asistidos y ya se han comercializado 205 unidades en 34 estados<sup>4</sup>. Otras especialidades, como cirugía bariátrica y ginecología, también lo han implementado. En el campo de la otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello, en cambio, su uso apenas comienza.

## EL SISTEMA DE CIRUGÍA ENDOSCÓPICA ROBOT-ASISTIDA (CERA) DA VINCI

El robot da Vinci se compone de tres partes: una consola principal, lejos del paciente, un visor estereoscópico y unas manillas que el cirujano controla con sus manos. Los movimientos de éste son reproducidos por tres brazos robóticos; dos para distintos instrumentos y uno para una cámara endoscópica (Figura 1). La compañía está próxima a estrenar un modelo con cuatro brazos, lo que permitiría prescindir de un asistente, al poder el cirujano traccionar tejidos con el cuarto brazo.

El endoscopio tiene, a diferencia de uno convencional, dos cámaras alineadas paralelamente, que transmiten dos imágenes ligeramente distintas una de la otra, lo que simula la visión estereoscópica humana y permite al cirujano tener una visión inmersiva y con profundidad de campo, al transmitirse cada imagen a un monitor distinto para cada ojo (Figura 2).

Los brazos del robot soportan instrumentos endoscópicos intercambiables que tienen 7 grados de libertad de movimiento, incluyendo pronosupi-



Figura 1. El sistema quirúrgico endoscópico robot-asistido da Vinci. El cirujano está sentado frente a la consola principal, desde donde controla los movimientos de los 3 brazos robóticos, que están sobre el paciente en la mesa operatoria. Un asistente introduce un instrumento en un brazo robótico. Intuitive Surgical Inc. 2007.

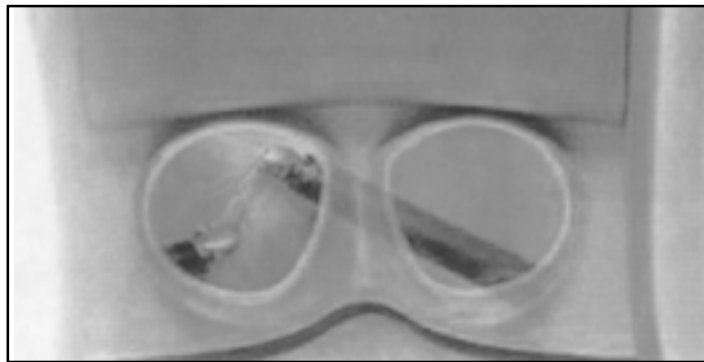


Figura 2. Visión estereoscópica inmersiva a través de dos monitores, creando profundidad de campo. Intuitive Surgical Inc. 2007.

nación del instrumento y de la punta de éste (EndoWrist, Intuitive Surgical Inc.). De esta manera, el extremo del instrumento puede imitar los movimientos de los dedos y de la muñeca del cirujano. Por ejemplo, los dedos índice y pulgar representan el cierre de una pinza o una tijera, y la pronosupinación de la muñeca representa el giro de la punta del instrumento (Figura 3). Un computador incorporado analiza la disposición espacial de las manos 1.300 veces por segundo y transmite esa información al robot en forma instantánea. El mismo programa tiene un software que filtra movi-

mientos repetitivos de alta frecuencia, por lo que no transmite el temblor normal de las manos.

El sistema tiene, por tanto, tres grandes ventajas sobre la cirugía endoscópica convencional: 1) Mejor óptica, con una visualización tridimensional, 2) filtro de temblor fisiológico y 3) mayor libertad de movimiento del instrumental quirúrgico, lo que, a su vez, se traduce en una mejor manipulación de tejidos y mayor precisión quirúrgica. El sistema de manipulación remota posee, además, un programa de disminución proporcional de amplitud de movimiento, permitiendo que una acción en las manos

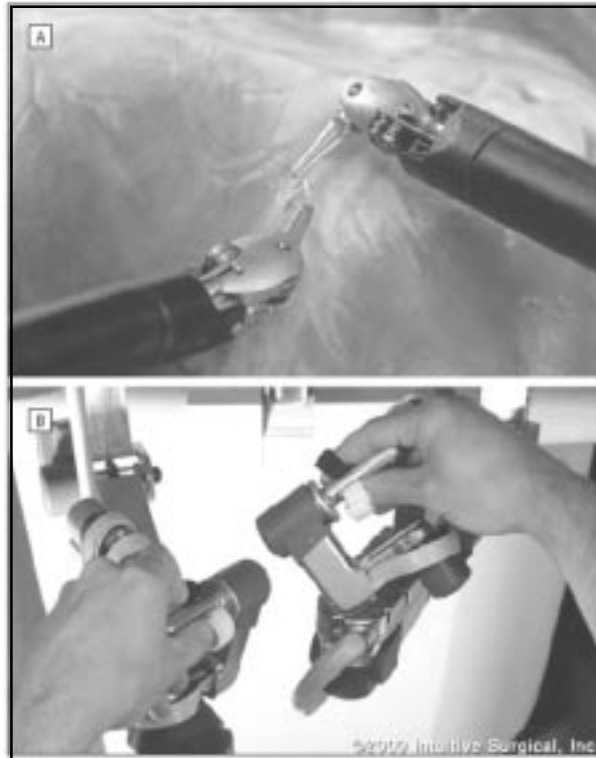


Figura 3. Reproducción de movimientos naturales y precisos en el extremo de los instrumentos en el campo quirúrgico. Intuitive Surgical Inc. 2007.

del cirujano pueda traducirse en movimientos más finos en el campo quirúrgico, lo cual lo hace aplicable en microcirugía.

#### USOS DEL SISTEMA ROBOT ASISTIDO EN CIRUGÍA DE CUELLO

Los primeros reportes sobre técnicas endoscópicas en cirugía de tiroides y paratiroides aparecieron en 1996. Desde entonces han demostrado ventajas cosméticas<sup>5</sup>, en dolor postoperatorio<sup>6</sup>, tasas de infección y tiempo global de recuperación<sup>7</sup>. Por otra parte, las principales desventajas de estos métodos sobre los convencionales son: 1) restricción de movimiento, 2) exageración del temblor fisiológico e 3) imprecisión (atribuible al largo de los instrumentos). Además, el tiempo operatorio se alarga considerablemente<sup>8</sup>.

La evolución de la cirugía hacia procedimientos cada vez menos invasivos y, al mismo tiempo, la

necesidad de recrear la versatilidad de un procedimiento abierto, motivaron la aparición de la CERA en el cuello<sup>9</sup>. En 2003, Haus y cols, presentaron un reporte en un modelo animal en tareas tan complejas endoscópicamente como tiroidectomía, paratiroidectomía e incluso disección selectiva de cuello<sup>10</sup>. Desde entonces, se han realizado varios procedimientos quirúrgicos en pacientes, tales como resección de tiroides, paratiroides y estimulación de nervio vago<sup>11,12</sup>. Todas estas publicaciones hacen referencia a notables ventajas, tanto cosméticas como en morbilidad postoperatoria.

#### USOS DEL SISTEMA ROBOT ASISTIDO EN CIRUGÍA FARÍNGEA Y LARÍNGEA TRANSORAL

Los procedimientos microlaríngeos y faríngeos transorales son el campo donde el sistema da Vinci tiene el mayor potencial de aplicación. La introducción de los instrumentos a través de la cavidad oral

hacia la faringe y laringe sin el uso de un laringoscopio rígido, junto al amplio espectro de movimiento del instrumental, permiten a esta técnica una manipulación certera de los tejidos, recreando las posibilidades de un procedimiento abierto. Además, sus ventajas en términos de visibilidad son extraordinariamente superiores en contraposición a la de un microscopio a través de un laringoscopio. Hasta el momento, el mayor uso reportado ha sido sobre carcinoma supraglótico y neoplasias de base de lengua.

### CARCINOMA SUPRAGLÓTICO

En 1978, Vaughan describió el uso del laser de CO2 para la resección de un carcinoma supraglótico en un estadio inicial<sup>13</sup>. Luego la técnica fue utilizándose en neoplasias más avanzadas, convirtiéndose actualmente en el estándar de tratamiento. La técnica era superior al antiguo método abierto, que obligaba a una traqueostomía temporal, además, permitía una rápida recuperación de la fonación y deglución, disminuía la estadía intrahospitalaria y producía menos daño termal que un cauterio eléctrico<sup>14</sup>. Sus principales desventajas, por otro lado, estaban en que el uso de un láser no permitía una disección por planos ni una resección de caudal a craneal. Por lo tanto, no permite una resección tumoral en bloc. Además, el trabajo a través de un laringoscopio rígido limita severamente la movilidad, alargando el tiempo operatorio.

### LA TÉCNICA ROBOT-ASISTIDA EVITA EL USO DE UN LARINGOSCOPIO, MICROSCOPIO Y LÁSER

Hockstein y cols, un grupo de la Universidad de Pennsylvania, comenzó a experimentar con el sistema da Vinci en modelos animales y cadavéricos, demostrando su aplicabilidad en cirugía transoral<sup>15-17</sup>. Luego reportaron su uso en forma exitosa en tres pacientes, sin complicaciones o conversión a otro método, con una mínima pérdida de sangre (200 ml) y con una recuperación de las funciones normales de deglución y fonación en menos de 5 semanas, sin el uso de traqueostomías o sondas de alimentación<sup>18</sup>.

Más recientemente, otro grupo ha publicado una fusión de las dos técnicas, al incorporar al

arsenal robótico una nueva tecnología capaz de transmitir el láser de CO2 a través de instrumentos flexibles (Omniguide, Boston, MA), lo que une las ventajas disectivas del robot con las de cicatrización de heridas del láser por sobre el cauterio<sup>19</sup>.

### NEOPLASIAS DE BASE DE LENGUA

En los últimos 10 años ha aparecido un aumento del reporte del uso de quimioterapia y radioterapia para el tratamiento del cáncer de base de lengua, principalmente motivado por la morbilidad que conlleva el manejo quirúrgico de esta patología, donde se requiere una incisión a nivel cervical, mandibulotomía y faringotomía para el tratamiento de esta neoplasia, inclusive en estadios iniciales<sup>20</sup>. Treinta por ciento de los pacientes, desgraciadamente, requiere una gastrostomía o una traqueotomía a permanencia<sup>21</sup>. La evidencia ha demostrado, por otro lado, que la sobrevida es mejor cuando se utiliza la cirugía como parte del tratamiento primario<sup>22</sup>.

La técnica transoral con láser de CO2 reintrodujo la cirugía en este aspecto, pues disminuyó la morbilidad asociada. Sin embargo, el procedimiento es complejo y difícil de aprender, el control hemostático es arduo, la visibilidad del campo operatorio es limitada y, al igual que en el caso del carcinoma supraglótico, no es posible una resección oncológica en bloc. De hecho, se requiere cortar a través del tumor para evaluar su extensión<sup>23</sup>.

La cirugía robótica transoral, según lo concluido por el grupo de la Universidad de Pennsylvania, tiene ventajas sobre las técnicas abiertas y transoral con láser de CO2, entre las cuales destacan: 1) la visibilidad y maniobrabilidad del endoscopio robótico son claves para una resección en bloc y con márgenes negativos, 2) el movimiento está marcadamente menos limitado que con el uso de un laringoscopio rígido, 3) el procedimiento es más rápido al utilizarse ambas manos, a diferencia del sistema con laser de CO2, donde gran parte se realiza con una. Por último, 4) la visibilidad tridimensional y la capacidad de magnificación visual del sistema permiten una mejor identificación de los vasos, además, en caso de lesionarlos esto puede resolverse rápidamente con un clip hemostático<sup>18,24</sup>.

En el futuro, tales avances podrían ser capaces de cambiar los esquemas convencionales radio y/o quimioterapéuticos, recuperando la cirugía su rol como tratamiento primario del cáncer de base de lengua.

### LIMITACIONES DEL USO DE CIRUGÍA ROBOT ASISTIDA EN OTORRINOLARINGOLOGÍA

El sistema da Vinci, al igual que otros sistemas robóticos, está diseñado para procedimientos abdominales y torácicos, lo que permite que los tres brazos del robot se dispongan de manera separada uno de otro, con el brazo que soporta el endoscopio al medio. Para el uso en espacios más reducidos, como en cirugía transoral, por ejemplo, los brazos deben disponerse más cerca, lo que produce interferencia entre ellos. En esos casos, deben ser reposicionados para no chocar, lo que alarga el procedimiento. Para incrementar la visibilidad en estos espacios reducidos, en algunas ocasiones es necesario intercambiar un endoscopio de 0° a uno de 30° grados, lo que también disminuye la velocidad del procedimiento. El cirujano, al estar operando en forma remota, no tiene *feedback* sensitivo, por tanto, no percibe la resistencia que los tejidos le oponen. Esta limitación es sólo parcialmente compensable por medio de claves visuales<sup>16</sup>.

Otra desventaja, es que hasta el momento no han sido publicados estudios que demuestren un beneficio en términos de costo-efectividad.

La gran limitante de la masificación de estas técnicas es su precio: un robot da Vinci tiene un valor que supera el millón de dólares. Las piezas intercambiables pueden usarse 20 veces y luego deben ser reemplazadas, por lo que el mantenimiento alcanza los 250.000 dólares al año. Por lo tanto, es improbable que un servicio de salud invierta en el sistema sólo para cirugía transoral. Sin embargo, de aplicarse en urología, cirugía torácica, etc. la inversión resultaría más rentable, al aprovecharse el recurso en procedimientos otorrinolaringológicos o de cabeza y cuello.

### PROYECCIONES

La cirugía robot-asistida es una tendencia que día a día gana nuevos adeptos y que, ciertamente,

apuesta a ser el próximo salto dentro de la cirugía mínimamente invasiva. Es un hecho que cada vez son más frecuentes las publicaciones sobre cirugía robot-asistida y, por otra parte, mayor es el número de especialidades quirúrgicas que admiten el uso de este procedimiento<sup>25</sup>.

Así las cosas, parece ser sólo cuestión de tiempo, para que esta tecnología sea aplicable masivamente en procedimientos en espacios más confinados. Su mayor potencial se encuentra, probablemente, en la cirugía transoral oncológica, al utilizarse un abordaje por una cavidad natural, estrecha y que requiere más precisión que otros campos quirúrgicos.

Los principales centros que hoy en día aplican esta tecnología en el campo de la Otorrinolaringología son en el Department of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery de la Universidad de Pennsylvania (Philadelphia, Pe. USA), dirigidos por los doctores Bert O'Malley y Gregory Weinstein, el Head and Neck Institute, del Cleveland Clinic Health System (Cleveland, Oh. USA), y el Family Ear, Nose, and Throat Institute (Wilmington, De. USA).

### BIBLIOGRAFÍA

1. CAMARILLO DB, KRUMMEL TM, SALISBURY JK. Robotic technology in surgery past, present and future. *Am J Surg* 2004; 188: pp 2S-15S
2. BERLINGER NT. Robotic Surgery - Squeezing into tight spaces. *N Engl J Med* 2006; 354 (20): 2099-101.
3. BOEHM DH, ARNOLD MV, DETTER C, REICHENSPURNER HC. Incorporating robotics into an open-heart program. *Surg Clin North Am* 2003; 83: 1369-80.
4. BINDER J, BRAUTIGAM R, JONAS D, BENIAS W. Robotic surgery in urology: fact or fantasy? *BJU Int* 2004; 94: 1183-87.
5. BELLANTONE R, LOMBARDI CP, RAFFAELLI M ET AL. Video-assisted thyroidectomy. *J Am Coll Surg* 2002; 194: 610-14.
6. MICCOLI P, BERTI P, RAFAELLI M ET AL. Comparison between minimally invasive video-assisted thyroidectomy and conventional thyroidectomy: a prospective randomized study. *Surgery* 2001; 130: 1039-43.

7. HASHIZUME M, KONISHI K, TSUTSUMI N ET AL. A new era of robotic surgery assisted by a computer enhanced surgical system. *Surgery* 2002; 131 (suppl 1):S330-33.
8. IKEDA Y, TAKAMI H, SASAKI Y ET AL. Are there significant benefits of minimally invasive endoscopic thyroidectomy? *World J Surg* 2004; 28: 1075-78.
9. McLEOD I, MAIR E, MELDER P. Potential Applications of the da Vinci minimally invasive surgical robotic system in otolaryngology. *Ear Nose Throat* 2005 Aug; 135(8):483-87
10. HAUS BM, KAMBHAM N AND LE D ET AL. Surgical robotic applications in otolaryngology, *Laryngoscope* 2003; 113: 1139-44.
11. TANNA M, ARJUN S. Da Vinci robot-assisted endocrine surgery: novel applications in otolaryngology. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2006; 135 (4): 633-5.
12. LOBE TE, WRIGHT SK, IRISH MS. Novel uses of surgical robotics in head and neck surgery. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques* 2005; 15 (6): 647-52.
13. VAUGHAN CW. Transoral laryngeal surgery using CO2 laser: laboratory experiments and clinical experience. *Laryngoscope* 1978; 88: 1399-420.
14. LIBOON J, FUNKHOUSER W, TERRIS DJ. A comparison of mucosal incisions made by scalpel, CO2 laser, electrocautery, and constant-voltage electrocautery. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1997; 116: 379-85.
15. HOCKSTEIN NG, NOLAN JP, O'MALLEY BW JR, WOO YJ. Robotic microlaryngeal surgery: a technical feasibility study using the daVinci surgical robot and an airway mannequin. *Laryngoscope* 2005; 115: 780-5.
16. HOCKSTEIN NG, NOLAN JP, O'MALLEY BW JR, WOO YJ. Robot-assisted pharyngeal and laryngeal microsurgery: results of robotic cadaver dissections. *Laryngoscope* 2005; 115: 1003-8.
17. WEINSTEIN GS, O'MALLEY BW, HOCKSTEIN NG. Transoral robotic surgery: supraglottic laryngectomy in a canine model. *Laryngoscope* 2005; 115: 1315-19.
18. WEINSTEIN GS, O'MALLEY BW, SNYDER W, HOCKSTEIN NG. Transoral robotic surgery: supraglottic partial laryngectomy. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2007; 116 (1): 19-23.
19. SOLARES CA, STROME M. Transoral Robot-Assisted CO2 Laser Supraglottic Laryngectomy: Experimental and Clinical Data. *Laryngoscope* 2007; 117: 817-20.
20. NASRI S, OH Y, CALCATERRA TC. Transpharyngeal approach to base of tongue tumors: a comparative study. *Laryngoscope* 1996; 106: 945-50.
21. MACHTAY M, PERCH S, MARKIEWICZ D, ET AL. Combined surgery and postoperative radiotherapy for carcinoma of the base of tongue: analysis of treatment outcome and prognostic value of margin status. *Head Neck* 1997; 19: 494-9.
22. ZHEN W, KARNELL LH, HOFFMAN HT, ET AL. The National Cancer Data Base report on squamous cell carcinoma of the base of tongue. *Head Neck* 2004; 26: 660-74.
23. VILASECA-GONZALEZ I, BERNAL-SPREKELSEN M, BLANCH-ALEJANDRO JL, MORAGAS-LLUIS M. Complications in transoral CO2 laser surgery for carcinoma of the larynx and hypopharynx. *Head Neck* 2003; 25: 382-8.
24. O'MALLEY BW, WEINSTEIN GS, SNYDER W, HOCKSTEIN NG. Transoral robotic surgery (TORS) for base of tongue neoplasms. *Laryngoscope* 2006; 116 (8): 1465-72.
25. HOCKSTEIN NG, GOURIN CG. A history of robots: from science fiction to surgical robotics. *Journal of robotic surgery* 2007; 2 (1): 113-8.