



Robotic-assisted partial nephrectomy: initial experience with 3D printing

Nefrectomía parcial robot asistida experiencia inicial con impresión 3D

Víctor Enrique Corona-Montes,^{1*} Juan Carlos Hermida-Ochoa,³ Eduardo Alberto González-Bonilla,^{1,2}
 Mario Iván Doria-Lozano,^{1,2} Jesús Emmanuel Rosas-Nava,^{1,2} Luis Almazán-Treviño.^{1,2}

Abstract

Introduction: The creation of 3D printed silicone models has several purposes, one of which is to provide augmented reality (AR), thanks to the imaging and visualization methods that serve as aids in “surgical planning”. They enable precise analysis of the anatomy at the site to be treated and can influence surgical strategy change or decision-making.

Materials and methods: The present case report describes the surgical planning carried out with a 3D printed model, in a 40-year-old patient incidentally diagnosed with a T2aN0M0 CS I left kidney tumor, measuring 20 mm, that was slightly exophytic, with a RENAL Score of 4a.

Results: Total surgery duration was 180 min, with a console time of 120 min, blood loss of 50cc, and warm ischemia time of 12 min. No drain was placed, hospital stay was 2 days, and there were no complications.

Discussion: Visualizing the anatomic characteristics on the model enabled surgical programming to be carried out, along with guided dissection and selective clamping that did not involve the entire renal hilum. Three-dimensional models are based on multi-slice digital tomography images that are converted to real scale and then printed with different materials, achieving an anatomic representation of the organ to be treated.

Conclusions: That type of planning favors better understanding of the surgical anatomy of the tumor and improved decision-making. Case series on different anatomic variations, as well as other organs, should be carried out.

Keywords:

Three-dimensional model, Partial nephrectomy, Augmented reality.

Correspondencia:

*Víctor Enrique Corona Montes. Dirección: Hospital San Angel Inn Universidad. Sur. Av. Churubusco 601. Col. Xoco. Benito Juárez. C.P. 03330 Ciudad de México, México. Correo electrónico: urocorona@hotmail.com

Citación: Corona-Montes V.E., Hermida-Ochoa J.C., González-Bonilla E.A., Doria-Lozano M.I., Rosas-Nava J.E., Almazán-Treviño L. Nefrectomía parcial robot asistida experiencia inicial con Impresión 3D. *Rev Mex Urol.* 2021;81(1):pp.1-10

¹ Hospital San Angel Inn Universidad. Ciudad de México, México.

² Secretaría de Salud, Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”. Ciudad de México, México.

³ Centro de Investigación y Laboratorio Biomecánico CILAB. Ciudad de México, México.

Recibido: 28 de septiembre de 2020

Aceptado: 08 de febrero de 2021



Resumen

Introducción: La creación de modelos impresos en silicón 3-D tiene varios objetivos, uno de ellos es el resultado de la realidad aumentada (AR), gracias a los métodos de imagen y de visualización como auxiliares en la planificación quirúrgica, ya que permiten un análisis preciso de la anatomía del sitio a tratar y pueden ser un punto de cambio de estrategia quirúrgica o incluso de toma de decisiones.

Material y métodos: Reporte de caso de impresión de modelo 3D y realización de planeación quirúrgica en paciente de 40 años con diagnóstico de Tumor Renal Izquierdo T2aN0M0 EC I. Incidentaloma de 20 mm, discretamente exofítica con un RENAL Score de 4a.

Resultados: Tiempo quirúrgico Total de 180 min; tiempo de consola de 120 min; sangrado de 50cc; tiempo de Isquemia Caliente 12 min; no se colocó drenaje; días de estancia hospitalaria 2; no se presentaron complicaciones.

Discusión: La visualización de las características anatómicas en el modelo permiten programar y disecar de manera guiada y hacer un *clamping* selectivo y no de la totalidad del hilio renal. Los modelos tridimensionales están basados en imágenes multicorte de tomografía de los que la extracción digital es llevada a una representación de escala real y posteriormente es impresa en diferentes materiales, de tal manera que contamos con una representación anatómica del órgano que deseamos tratar.

Conclusiones: Contar con este tipo de planeación favorece un mejor entendimiento de la anatomía quirúrgica del tumor y la toma de decisiones. Es necesario realizar series de casos para las diferentes variaciones tanto anatómicas como de otros órganos.

Palabras clave:
Modelo tridimensional,
Nefrectomía parcial,
Realidad aumentada

Introducción

La creación de modelos impresos en silicón 3D se volverán cada día más comunes con varios objetivos, uno de ellos es el resultado de la realidad aumentada (AR), gracias a los métodos de imagen y de visualización como auxiliares en la planificación quirúrgica, ya que nos permiten un análisis más preciso de la situación anatómica del sitio a tratar y pueden ser un punto de cambio de estrategia quirúrgica o incluso de toma de decisiones.⁽¹⁾

Los modelos tridimensionales están basados en imágenes multicorte de tomografía de los que la extracción digital es llevada a una representación de escala real y posteriormente es impresa en diferentes materiales, de tal manera que contamos con una representación anatómica del órgano que deseamos tratar.⁽²⁾

La extirpación quirúrgica de tumores renales, específicamente en la nefrectomía parcial ya sea por vía laparoscópica o robótica tiene en

la actualidad la opción de la planeación quirúrgica mediante las imágenes tridimensionales y su representación 3D impresa, una de las áreas de gran utilidad es en las masas renales, pues evaluamos la situación anatómica de los tumores así como la distribución arterial y venosa de los mismos de tal forma que al momento de realizar una nefrectomía parcial robot asistida contamos con un mapa-guía para progresar durante la intervención con una mejor estrategia quirúrgica.

En este reporte, describimos y comparamos la experiencia inicial en México con la planificación quirúrgica mediante la reconstrucción impresa en modelos 3D para tumores renales que pueden ser llevados a nefrectomía parcial robot asistida, volviendo más efectivo el plan terapéutico.

Materiales y Métodos

Se realiza reporte de caso de planeación quirúrgica con impresión de modelo 3D previa tomografía abdomino pélvica simple y contrastada multicorte (cortes a 0.3mm incluyendo fases arterial, venosa y excretora) de masculino de 40 años con antecedente de apendicectomía abierta hace 20 años, traumáticos, alérgicos negados, alcoholismo ocasional y tabaquismo negativo. Con historia de hipertensión arterial sistémica de 3 años de evolución en tratamiento con losartán de 50mg cada 12 horas, dislipidemia mixta en tratamiento médico, no DM2, un IMC de 28.7. Inició su padecimiento posterior a un *check-up* general en el que se realizó ultrasonido abdominal con incidentaloma por lo que fue enviado a valoración urológica.

Sin síntomas de vaciamiento ni almacenamiento, la hematuria o cualquier otro síntoma

negado. Los paraclínicos fueron los siguientes: Hg: 16.4 gr/dl, Hto 48%, Leu 5.9 PLT 219,000, gluc 98, creatinina 1.1. mg/dl, urea 36 mg/dl, colesterol total 215 mg/dl, TGL 200 mg/dl TP 13.2 seg, INR 1 Grupo y Rh A positivo. Se realizó TAC abdomino pélvica encontrando lesión en cara lateral y anterior en polo inferior del riñón izquierdo con reforzamiento del medio de contraste de aproximadamente 20 mm, discretamente exofítica con un R.E.N.A.L Score de 4a.⁽³⁾

Elaboración del modelo 3D de riñón

Se obtuvo un estudio tomográfico contrastado de región abdominal del paciente, que incluyó el área renal izquierda. El estudio consta de cortes de 1 mm, lo que permitió realizar una segmentación de alta resolución. Posteriormente se obtuvo el modelo numérico del parénquima renal izquierdo, que incluía un área tumoral ovoide de un diámetro aproximado de 22.1 mm dentro del parénquima, en su lado externo, además de las estructuras de la vasculatura renal.

Segmentación

Construcción del modelo numérico

A partir de un estudio tomográfico que consta de 500 imágenes DICOM, con cortes de 1mm de espesor, se realiza su importación a software especial de segmentación en el cual se agrupan los cortes en orden secuencial en los planos axial, coronal y sagital. Se define una máscara para la sombra parenquimal renal izquierda, con un rango de 22 a 325 HU (Unidades Hounsfield). Las sombras no cubiertas por este

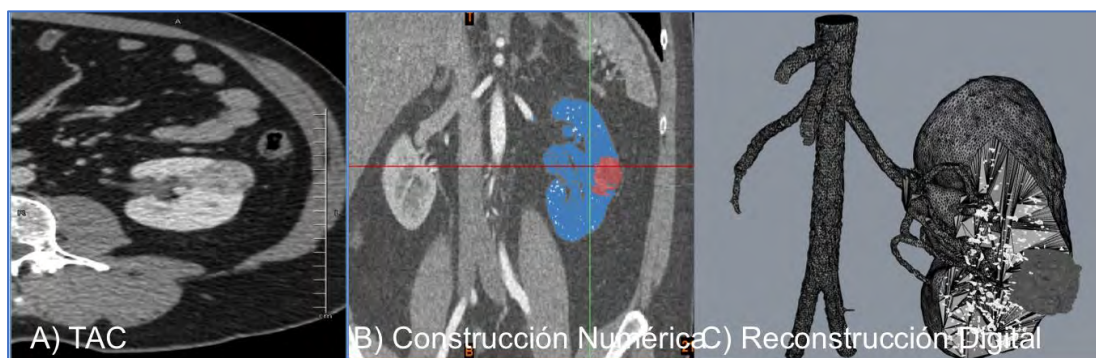
rango fueron seleccionadas manualmente por el operador para definir el parénquima, las estructuras vasculares, especialmente las correspondientes a las estructuras de las ramas arteriales renales, y el área tumoral. Posteriormente se realiza reconstrucción numérica de las máscaras y se obtiene el modelo virtual, el cual es exportado a un archivo tipo estereolitográfico (STL) (**Fig. 1B**).

Refinamiento digital del modelo

El archivo STL perteneciente al modelo renal, tumor y estructuras vasculares son importados a un software tipo CAD en el cual se realiza postprocesamiento del modelo 3D mediante el suavizado de la malla y corrección de artefactos.

Se agregan tetones de fijación para el tumor y las estructuras vasculares arteriales para hacer posible la modularidad del modelo (**Fig. 1C**). Posteriormente se realiza su exportación a un nuevo archivo STL para su impresión 3D.

Figura 1. A) TAC. B) Construcción numérica. C) Reconstrucción Digital



Impresión 3D

El modelo 3D procesado en archivo STL es importado al software propio de la impresora de filamento (Zortrax 300) en el cual se realiza corrección de la malla para optimizar la impresión. Se corrobora que el modelo corresponde a las dimensiones del estudio tomográfico, permitiendo que la escala de las estructuras fuera fiel al tamaño real (Escala 1:1) (**Fig. 2A**) Para la impresión se utilizó material tipo ABS de diferente coloración: 1. Parénquima renal en blanco, 2. Tumor en Lila, 3. La aorta se imprimió en material PLA color rojo. (**Fig. 2B**)

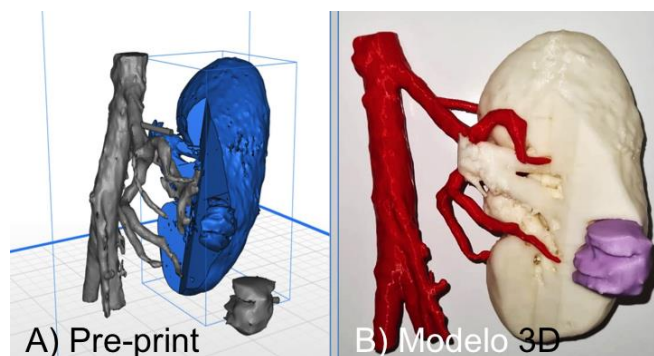
Planeación Quirúrgica

Mediante la tomografía multicorte con reconstrucción se realiza digitalización de imagen de la anatomía renal (riñón y dimensiones, irrigación arterial y vaciamiento venoso, dimensiones y situación anatómica del tumor) izquierda. (**Fig. 1A**). Una vez digitalizado se obtuvo el modelo impreso en silicón con diferenciación de colores para la mejor identificación de las estructuras, una vez obtenido y con información al paciente respecto del resultado de las imágenes así como el modelo se planea una nefrectomía parcial robot asistida utilizando el

modelo 3D como una excelente herramienta para explicar al paciente la terapéutica y como auxiliar en la planificación quirúrgica para la

disección y preparación del hilio renal así como la enucleo resección de la masa renal pequeña. (Fig. 2B).

Figura 2. Modelo 3D



Técnica quirúrgica

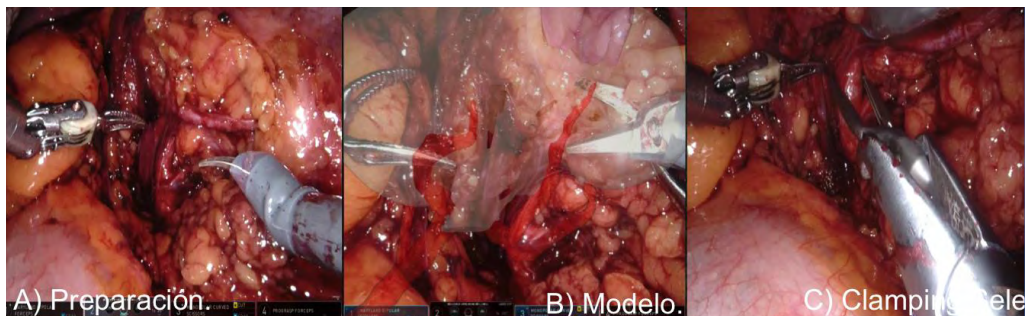
Se realizó nefrectomía parcial robot asistida izquierda. Con el paciente en posición de decúbito lateral derecho y navaja sevillana, bajo anestesia general balanceada con un ASA II/V. Se administró profilaxis antimicrobiana y trombo-profilaxis mecánica. Posterior a la insuflación con aguja de Veress. Con sistema Da Vinci X de cuatro brazos (Intuitive Surgical, Sunnyvale, CA, USA). Se coloca puerto inicial de 8mm 2 cm paralelos al obliquo para la óptica de 30°, enseguida con técnica lineal se colocan trocar robótico 8 mm subcostal (Maryland bipolar), trocar medial 8 mm (tijera monopolar) y paralelo a la cresta iliaca puerto 8 mm (prograsp) para utilización de los cuatro brazos robóticos un trocar para el asistente de 12 mm para el ingreso de materiales.

Se inicia procedimiento con descenso de la fascia de Told, desde el nivel del ligamento espleno-colónico hasta el pliegue de flexión del

sigmoides, se procede a iniciar disección medial del riñón izquierdo para la localización del hilio renal apoyándonos en la reconstrucción impresa tridimensional durante las diferentes etapas de la intervención. Se localiza el hilio así como la correlación vascular con el modelo.

En este momento se preparan los vasos con una disección fina y se toma la decisión de realizar un clampaje selectivo basado en la planeación quirúrgica siendo de extraordinaria utilidad el modelo al visualizar dos ramas de la arteria renal descendentes una posterior y otra anterior, esta última con ingreso al parénquima renal en dirección de la tumoración. La visualización de dichas características anatómicas nos permitieron programar y disecar de manera adecuada estas ramas y hacer un clampaje selectivo y no de la totalidad del hilio renal. (Fig. 3).

Figura 3. A) Preparación B) Modelo C) Clampaje Selectivo



Enseguida se realiza disección de la grasa perirenal con técnica en libro abierto solo en la zona que el modelo muestra la lesión, localizándola con gran rapidez, enseguida se hace la isquemia caliente y se realiza una enucleación de la masa renal, para realizar enseguida reparación del parénquima a dos planos, con monocryl de 3-0 con técnica Z, y vycril del 3-0 para afrontar el segundo plano con hem-o-lok para aseguramiento de las suturas. Se coloca pieza de aproximadamente 2 cm en endobag y se retira la isquemia. Se coloca hemostático en el sitio del cierre cubriendo con grasa perirenal con sutura V-Loc 3-0. Se extrae la pieza por el trocar del asistente, y se retira el sistema quirúrgico, cerrando las heridas de los puertos y terminando el procedimiento. (Fig. 4).

Figura 4. Correlación Modelo-Pieza Quirúrgica



Resultados

Demográficos: masculino de 40 años. Comorbilidades al momento del diagnóstico hipertensión arterial sistémica, dislipidemia y sobrepeso.

Quirúrgicos: Tiempo quirúrgico total de 180 min; tiempo de consola de 120 min; sangrado de 50 cc; tiempo de Isquemia Caliente 12 min; no se colocó drenaje; días de estancia hospitalaria 2; no se presentaron complicaciones. Pieza quirúrgica 24 mm carcinoma renal de células claras, márgenes quirúrgicos negativos. El modelo 3D nos permitió evaluar los sitios de disección transoperatoria evitando estructuras vasculares de riesgo así como realizar clampaje selectivo y una mejor identificación del tumor siendo sus dimensiones similares a las del modelo.

Discusión

La simulación quirúrgica y la impresión 3D han ido ganando cada vez más lugar e incluso es posible encontrar diferentes citas al respecto. Simular los casos en cirugía para realizar una planeación con realidad aumentada. De acuerdo con Smith *et al.*, en urología se está siendo punteros en el uso de esta forma de reproducción quirúrgica considerando las posibilidades de su realización y la presencia de costos bajos por la inversión necesaria.⁽⁴⁾

La nefrectomía parcial robot asistida es una de las cirugías que hasta el momento ha mostrado que los modelos 3-D impresos así como las reconstrucciones de imágenes son de gran utilidad para el procedimiento quirúrgico, pues se puede tener una variable disposición de la vascularidad renal, lo que a su vez en las TAC con reconstrucción es de vital análisis cuando consideramos realizar cirugía ahorradora de nefronas. Específicamente en tumores renales T1 se permite comprender la posición del tumor así como las estructuras circundantes de tal forma de mejorar la intuición quirúrgica.⁽⁵⁾

Los equipos quirúrgicos de esta manera pueden discutir el plan terapéutico quirúrgico, basados en la TAC multicorte y el modelo 3-D; además de preparar el instrumental necesario para el procedimiento previo análisis en el modelo calculando número y longitud de las suturas del área a reparar una vez retirado el tumor, así como la decisión de clampaje de hilio renal o selectivo de acuerdo con los resultados de la replicación de la anatomía vascular del área a tratar. Teishima *et al.*, reprodujeron en 29 casos de nefrectomía parcial robot asistida un modelo 3-D con representación del riñón, tumores, uréter, cava inferior y aorta abdominal para cada caso con una impresión Z basada en los cortes de la TAC de tal manera que la educación quirúrgica y al familiar del paciente son de gran utilidad para comprender el procedimiento ahorrador de nefronas.⁽⁶⁾

Definitivamente uno de los principales objetivos de apoyarse en la impresión 3-D, es definitivamente llevar a cabo una cirugía segura y efectiva que cumpla con la trifecta, siendo una herramienta física y virtual de reproducción anatómica para cada caso. Se cumple con esto una mejor educación al paciente y una mejor educación al residente, pues en aquellos casos

complejos, una vez que hemos hecho la planeación se logra también una mejor discusión multidisciplinaria y una estrategia quirúrgica clara. La realidad aumentada, así como la realidad virtual y su correlación con imágenes ha sido documentada dando mejores resultados en el cuidado del paciente.

Uno de los pasos siguientes en nuestra práctica es la simulación de caso con realidad virtual y aumentada con diferentes objetivos como lo son mejoras técnicas, un mejor entrenamiento de cirujanos y residentes previo al momento real y la representación idéntica del caso. Luyk *et al.* describió los R.E.N.A.L scores en 10 pacientes más la reconstrucción renal en silicón comparando el tiempo de resección del tumor entre el modelo y el paciente (6.61 vs 7.93 min, $p=0.16$) y los volúmenes tumorales entre la tomografía, el tumor del modelo, y el tumor del paciente (38.88 vs 38.50 vs 41.79 mm³, $p=0.98$) sin mostrar diferencias significativas.^(7,8)

La medición de tasas de éxito específicamente en cirugía ahorradora de nefronas permiten una excisión oncológica correcta, un margen quirúrgico con parénquima sano apropiado, disminución del tiempo de isquemia en los casos que se haya realizado y presentar las menores complicaciones posibles. La nefrometría si bien, permite una predicción de la complejidad del tumor, la reconstrucción en modelo 3-D es una herramienta útil para el manejo individualizado en la era de la medicina de precisión.

En el trabajo de von Rundstedt *et al.*, se realizaron modelos en 10 pacientes con tumores renales complejos R.E.N.A.L entre 7 y 11 con una media de 40.6 mm de tumor. Los tiempos de resección entre modelo y paciente fueron de 6:58 vs 8:22 min $p=0.162$, los volúmenes

tumorales entre modelo en computadora, modelo impreso y tumor retirado 38.88 vs 38.50 vs 41.79 mm³, $p=0.98$. sin mostrar diferencias significativas. Lee *et al.*, en un estudio similar con 10 pacientes encontraron que se tenía un mejor entendimiento anatómico, un plan preoperatorio correcto, una adecuada localización del tumor, incluidos aquellos tumores completamente endofíticos. Kyung *et al.*, concluye también una mejor planeación, una mejor orientación transoperatoria mejorando los resultados postoperatorios.⁽⁹⁻¹¹⁾

Silberstein *et al.*, construyeron 5 modelos en pacientes con tumores renales quienes fueron llevados a nefrectomía parcial 4 por abordaje robótico y 1 abierto, con un promedio de isquemia de 21 minutos, el R.E.N.A.L score de 6.8 logrando en el 100% de los casos márgenes negativos. Por otro lado Porpiglia *et al.*, realizaron un estudio para validar la utilidad del modelo 3D incluyendo 18 pacientes, 8 para prostatectomía radical robot asistida y 10 para nefrectomía parcial durante un congreso de cirugía en vivo, los cirujanos consideraron de gran utilidad en la planeación quirúrgica, la mejor representación anatómica y su rol en el entrenamiento, concluyendo como una herramienta útil.^(12,13)

Finalmente la utilización de modelos 3-D provenientes de la digitalización de imágenes y su extracción multicorte son utilizados muy específicamente en la simulación quirúrgica tratando de obtener modelos que sean muy cercanos a las propiedades del tejido real, de acuerdo con Madoxx *et al.*, se realizaron nefrectomías parciales robot asistidas simuladas y posteriormente fueron comparadas con el procedimiento real con las siguientes medias

RENAL Scores 7.4, diámetro tumoral 4.4 cm, isquemia caliente de 25 min y márgenes quirúrgicos negativos. Resultó significativo el cálculo del sangrado estimado entre la simulación con solución y el real (186 cc vs 236, $p=0.01$).⁽¹⁴⁾

Bernhard *et al.*, utilizaron el modelo impreso 3-D en 7 pacientes con diagnóstico de tumor renal con el objetivo de evaluar la comprensión de su condición médica y el tratamiento personalizada encontrando un mejor entendimiento del riñón y su funcionamiento 16.7% ($p=0.0018$), de la anatomía 50% ($p=0.026$), de las características del tumor 39.3% ($p=0.068$) y la explicación de la cirugía planeada 44.6% ($p=0.026$) de tal forma que encontramos en estos últimos dos autores la simulación como vía de entrenamiento de los futuros cirujanos y del otro la personalización y tratamiento específico para mejor comprensión de los pacientes.⁽¹⁵⁾

Conclusiones

El acceso a la planeación quirúrgica con la digitalización de las imágenes y su posterior impresión en 3D, ha sido evaluada en diferentes centros, definitivamente es una herramienta que en casos seleccionados nos da una idea clara de la planeación quirúrgica. Además nos permite tener una consulta de información respecto de la decisión terapéutica con el paciente de tal manera que podemos dejar en claro lo que se realizará y los objetivos del tratamiento. Además, contar con este tipo de planeación favorece un mejor entendimiento de la anatomía quirúrgica del tumor por lo que se vuelve de gran importancia también para la toma de decisiones en el momento de la intervención.

Financiación

No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Wake N, Bjurlin MA, Rostami P, Chandarana H, Huang WC. Three-dimensional Printing and Augmented Reality: Enhanced Precision for Robotic Assisted Partial Nephrectomy. *Urology*. 2018;116:227–8. doi: 10.1016/j.urology.2017.12.038
2. Glybochko, P. V., Rapoport, L. M., Alyaev, Y. G., Sirot, E. S., Bezrukov, E. A., Fiev, D. N., ... & Korolev, D. O. (2018). Multiple application of three-dimensional soft kidney models with localized kidney cancer: A pilot study. *Urologia Journal*, 85(3), 99-105.
3. Kutikov A, Uzzo RG. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol*. 2009;182(3):844–53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035
4. Smith B, Dasgupta P. 3D printing technology and its role in urological training. *World J Urol*. 2019 Jan 1; doi: 10.1007/s00345-019-02995-1
5. Yoshida S, Sugimoto M, Fukuda S, Taniguchi N, Saito K, Fujii Y. Mixed reality computed tomography-based surgical planning for partial nephrectomy using a head-mounted holographic computer. *Int J Urol*. 2019;26(6):681–2. doi: 10.1111/iju.13954
6. Teishima J, Takayama Y, Iwaguro S, Hayashi T, Inoue S, Hieda K, et al. Usefulness of personalized three-dimensional printed model on the satisfaction of preoperative education for patients undergoing robot-assisted partial nephrectomy and their families. *Int Urol Nephrol*. 2018;50(6):1061–6. doi: 10.1007/s11255-018-1881-2
7. Ciappara Paniagua M, Galante Romo M, Moreno Sierra J. Printing of 3D models to aid in complex renal surgery. *Archivos españoles de urología*. 2019;72:738–43.
8. de Luyk N, Namdarian B, Challacombe B. Touching the future: three-dimensional printing facilitates preoperative planning, realistic simulation and enhanced precision in robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *BJU Int*. 2017;119(4):510–2. doi: 10.1111/bju.13800
9. von Rundstedt F-C, Scovell JM, Agrawal S, Zaneveld J, Link RE. Utility of patient-specific silicone renal models for planning and rehearsal of complex tumour resections prior to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *BJU Int*. 2017;119(4):598–604. doi: 10.1111/bju.13712
10. Lee H, Nguyen NH, Hwang SI, Lee HJ, Hong SK, Byun S-S. Personalized 3D kidney model produced by rapid prototyping method and its usefulness in clinical applications. *Int Braz J Urol*. 2018;44(5):952–7. doi: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2018.0162
11. Kyung YS, Kim N, Jeong IG, Hong JH, Kim C-S. Application of 3-D Printed Kidney Model in Partial Nephrectomy for Predicting Surgical Outcomes: A Feasibility Study. *Clin Genitourin Cancer*. 2019;17(5):e878–84. doi: 10.1016/j.clgc.2019.05.024
12. Silberstein JL, Maddox MM, Dorsey P, Feibus A, Thomas R, Lee BR. Physical models of renal malignancies using standard cross-

- sectional imaging and 3-dimensional printers: a pilot study. *Urology*. 2014;84(2):268–72. doi: 10.1016/j.urology.2014.03.042
13. **Porpiglia F, Bertolo R, Checcucci E, Amparore D, Autorino R, Dasgupta P, et al.** Development and validation of 3D printed virtual models for robot-assisted radical prostatectomy and partial nephrectomy: urologists' and patients' perception. *World J Urol*. 2018;36(2):201–7. doi: 10.1007/s00345-017-2126-1
14. **Maddox MM, Feibus A, Liu J, Wang J, Thomas R, Silberstein JL.** 3D-printed soft-tissue physical models of renal malignancies for individualized surgical simulation: a feasibility study. *J Robot Surg*. 2018;12(1):27–33. doi: 10.1007/s11701-017-0680-6
15. **Bernhard J-C, Isotani S, Matsugasumi T, Duddalwar V, Hung AJ, Suer E, et al.** Personalized 3D printed model of kidney and tumor anatomy: a useful tool for patient education. *World J Urol*. 2016;34(3):337–45. doi: 10.1007/s00345-015-1632-2