

Utility of 3D reconstructions of tomographic studies for nephrometry and planning of robot-assisted laparoscopic partial nephrectomies

Utilidad de reconstrucciones 3D de estudios tomográficos para nefrometría y planeación de nefrectomías parciales laparoscópicas asistidas por robot

 Erick Alejandro Hernández-Méndez,¹

 Iván Azael Martínez-Alonso,¹

 José Gadú Campos-Salcedo.¹

¹Secretaría de la Defensa Nacional, Hospital Central Militar, Ciudad de México, México.

Autor de correspondencia: * Erick Alejandro Hernández-Méndez. Dirección: Periférico Blvd Manuel Ávila Camacho s/n, Militar, Miguel Hidalgo, C.P. 11200, Ciudad de México. Correo: urologo.hermen@gmail.com

Citación: Hernández-Méndez, E. A. Martínez-Alonso I. A. Campos-Salcedo J. G. *Utilidad de reconstrucciones 3D de estudios tomográficos para nefrometría y planeación de nefrectomías parciales laparoscópicas asistidas por robot. Rev. Sanid. Milit.* 2024;78(4): 1-14.

Abstract:

Purpose: to compare the results of 2D and 3D nephrometries in patients treated with robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy (RALPN) and determine their association with perioperative complications.

Methods: retrospective study in patients underwent RALPN from 01/2019 to 12/2021. Nephrometries (R.E.N.A.L. and Padua) with 2D and 3D images were performed using the 3D Slicer® program. We made regression models to associate both scales and their two-dimensional or three-dimensional origin with the length of hospital stay (LHS), bleeding, and postoperative glomerular filtration rate (GFR). We performed ROC curves to detect sensitivity and specificity of both 2D and 3D scales with the appearance of perioperative complications.

Results: 35 cases were included and there were no differences between the calculation of the 2D and 3D scales. In linear regressions of both scales, only an increase of 0.33 days of LHS was found for each increase in the Padua 3D score >6 points ($p=0.047$), in other parameters no differences were found. We calculated ROC curves for complications on both scales but the area under the curve did not identify significant findings.

Limitations: this is a retrospective study in a single center.

Originality: first study that analyzes the utility of 3D reconstructions in RALPN.

Conclusions: No significant differences were found between the R.E.N.A.L. and Padua nephrometry scales in 2D and 3D models for perioperative complications, however a prospective study with a larger sample could demonstrate the usefulness of 3D reconstructions as preoperative planning of RALPN.

Keywords: nephrometry, 3D reconstruction, partial nephrectomy



Resumen

Objetivo: comparar resultados de nefrometría 2D y 3D en pacientes operados de nefrectomía parcial laparoscópica asistida por robot (NPLAR) y determinar su asociación con complicaciones perioperatorias.

Metodología: estudio retrospectivo en pacientes sometidos a NPLAR de 01/2019 a 12/2021. Se realizaron nefrometrías con imágenes 2D y 3D usando el programa 3D Slicer®, se calcularon escalas R.E.N.A.L. y Padua. Construimos modelos de regresión para asociar ambas escalas y su origen bidimensional o tridimensional con la duración de estancia hospitalaria (EIH), sangrado y tasa de filtrado glomerular (TFG) posoperatoria. Realizamos curvas ROC para detectar sensibilidad y especificidad de ambas escalas en 2D y 3D con la aparición de complicaciones perioperatorias.

Resultados: se incluyeron 35 casos en quienes no hubo diferencias entre el cálculo de las escalas 2D y 3D. En regresiones lineales de ambas escalas, sólo se encontró un aumento de 0.33 días de EIH por cada aumento de puntaje de Padua 3D >6 puntos ($p=0.047$), en resto de parámetros no se encontraron diferencias. Calculamos curvas ROC para complicaciones en ambas escalas, pero el área bajo la curva no identificó hallazgos significativos.

Limitaciones: se trata de estudio retrospectivo en un único centro.

Originalidad: primer estudio que analiza la utilidad de reconstrucciones 3D en NPLAR.

Conclusiones: no se encontraron diferencias significativas entre las escalas de las nefrometrías R.E.N.A.L. y Padua tanto en modelos 2D como 3D para complicaciones perioperatorias, sin embargo, un estudio prospectivo con mayor muestra podría evidenciar la utilidad de las reconstrucciones 3D como planeación preoperatoria de NPLAR.

Palabras clave: nefrometría, reconstrucción 3D, nefrectomía parcial

INTRODUCCIÓN

El cáncer renal es una neoplasia maligna que abarca un grupo heterogéneo de cánceres con diferentes alteraciones genéticas y moleculares. Comprende el 2 % al 3 % de todas las neoplasias malignas del adulto y es el 70 % a 80 % de los tumores renales sólidos. Es el catorceavo cáncer más común a nivel mundial y el octavo del mundo de occidente.⁽¹⁾ Su tasa de supervivencia a cinco años es de aproximadamente 71 % a 73 %, menor en comparación a otras malignidades urológicas como el cáncer vesical (78 %) o el cáncer de próstata (99 %).⁽²⁾ Se estima que se diagnostican aproximadamente 12 casos nuevos al año

por cada 100 000 habitantes con un estimado de 140 000 muertes al año. Su presentación típica se da entre los 50 a 70 años y tiene predominancia en varones (1.5: 1.0). Esta enfermedad suele ser esporádica, con pocos casos familiares o sindrómicos.⁽¹⁻³⁾

El manejo del cáncer renal se plantea en base al estadio al momento del diagnóstico. El estándar de oro por décadas ha sido la nefrectomía radical para casos de enfermedad órgano confinada, pero recientemente este paradigma ha sido desafiado con la nefrectomía parcial, que busca retirar solamente el tejido tumoral preservando el componente renal sano y funcional. Esta técnica quirúrgica ha ido respaldándose con más evidencia y sus niveles de recomendación han ido mejorando en las guías que rigen el manejo de estos pacientes, llegando a ser el estándar de oro para tumores renales pequeños.⁽⁴⁾

Se estima que el deterioro en la tasa de filtrado glomerular posterior a una nefrectomía radical es de 25-40 ml/min vs en la nefrectomía parcial de 2 a 10 ml/min.⁽⁵⁾ Teniendo en cuenta que la gran mayoría de estos pacientes se encuentran mínimo en la sexta década de la vida y que muchos presentan comorbilidades independientes de esta patología, la literatura se ha orientado hacia tratar de preservar la mayor cantidad de nefronas posibles como apoyo a la reserva funcional de cada paciente.^(6,7)

Existen distintas escalas que permiten calcular la complejidad técnica para una nefrectomía parcial, como lo son el R.E.N.A.L. score, Padua score o CI score.⁽⁸⁾ Las tasas de complicaciones se pueden predecir en base al resultado de estas herramientas, que también son conocidas como nefrometrías. Se considera que la complejidad del procedimiento será: 1) baja si tiene un score de 4 a 6 teniendo una tasa de complicaciones promedio de 6.4 %; 2) intermedio con un score de 7 a 9 y complicaciones en 11.1 %; 3) alta con score de 10 a 12 con complicaciones del 21.9 %.⁽⁸⁾

La simulación quirúrgica y los modelos tridimensionales han comenzado a ganar tracción en la última década, tanto en los sectores comerciales como en la medicina y la investigación.⁽⁹⁾ La impresión tridimensional se inventó en 1986 por Charles Hull y ha ido en crecimiento desde entonces.⁽¹⁰⁾ Estos métodos aplicados a la medicina permiten recrear la anatomía única de cada paciente para poder entrenar/planear sin riesgos previo a una intervención. Abogando por la seguridad de los pacientes la disponibilidad de esta tecnología abre la posibilidad de que cirujanos en entrenamiento puedan plantear mejor sus abordajes quirúrgicos.⁽¹⁰⁻¹³⁾ Su potencial utilidad recae en los casos más complejos, con resultados de nefrometría elevados, planeados para nefrectomía parcial que tienen mayor potencial de complicarse.⁽¹⁴⁻¹⁷⁾ Los tumores endofíticos presentan un reto quirúrgico, ya que al trabajar dentro de parénquima renal, se pierden los puntos de referencia anatómicos y esto abre pie a complicaciones como la violación al sistema pielocaliceal o lesiones vasculares renales.⁽¹⁸⁾ Los modelos virtuales 3D, a pesar de que no otorgan información tangible, permiten obtener mayor cantidad de datos anatómicos; las escalas prequirúrgicas empleadas en las nefrometrías están basadas en imágenes de tomografía y los datos relevantes que aportan estas imágenes 2D pudieran ser subóptimas en comparación a modelos tridimensionales.^(16,19)

Distintos estudios nos permiten ver los probables beneficios que esta tecnología podría brindar a la especialidad. Wake *et al.* en un estudio de 10 modelos de tumores renales complejos (nefrometría ≥ 5), encontró que urólogos expertos modificaron su abordaje (intervención transperitoneal o retroperitoneal) y en el camplaje del hilio en el 30-50 % de los casos.⁽¹⁹⁾ Porpiglia *et al.* utilizaron un modelo 3D de realidad aumentada integrada al módulo del robot comparado con el uso de ultrasonido intraoperatorio para masas renales complejas (Padua ≥ 10) y este demostró menores tasas de isquemia global (45.8 %

en 3d vs 69.7 % en US; $p=0.003$), mayor tasa de enucleación (62.5 % vs 37.5 % en 3d y US; $p=0.02$) y menor tasa de violación a sistema colector (10.4 % vs 45.5 %; $p=0.003$).⁽²⁰⁾

Las mejoras en la planeación quirúrgica para procedimientos complejos tienen el potencial de reducir complicaciones, pérdida sanguínea, tiempos en quirófano y de estancia hospitalaria y por consiguiente reducir costos de hospitalización.

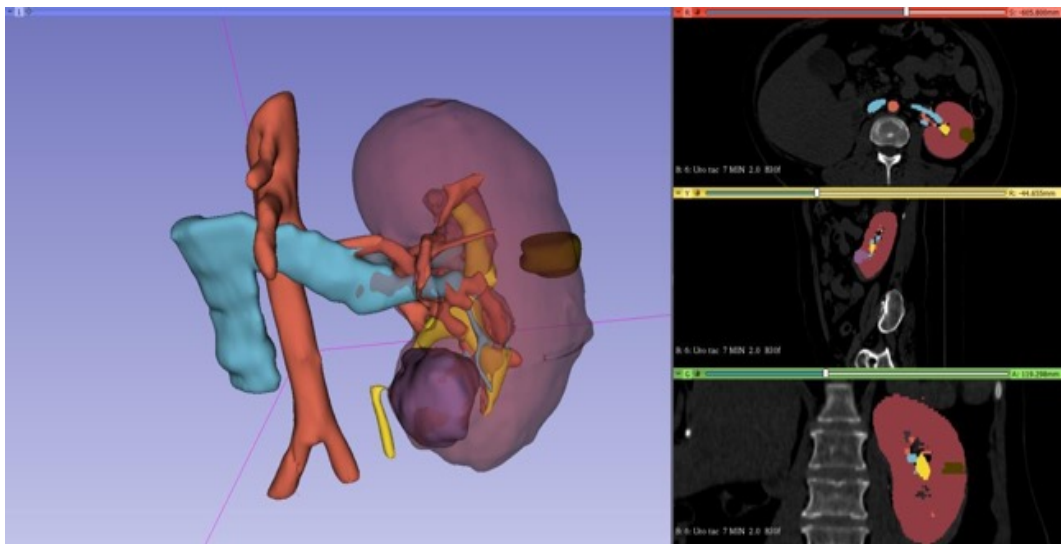
El uso de esta tecnología en la especialidad de urología es reciente, y hay poca literatura al respecto. La evidencia disponible consta de estudios pequeños, con muestras pequeñas que dificultan realizar conclusiones sobre los verdaderos efectos de esta tecnología en los desenlaces quirúrgicos.

El objetivo de esta investigación fue comparar resultados de nefrometría implementando datos de modelos 2D y 3D en pacientes con tumores renales operados de nefrectomía parcial laparoscópica asistida por robot (NPLAR) y determinar su asociación con complicaciones posquirúrgicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo y retrospectivo en pacientes del Hospital Central Militar con diagnóstico de tumores renales o quistes renales complejos, que fueron sometidos a NPLAR del 1 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2021. Se eligió un muestreo no probabilístico por conveniencia de todo el universo de pacientes que han sido sometidos a NPLAR desde que inició el programa de cirugía robótica en el hospital, ya que en este periodo de tiempo la información de sus estudios tomográficos se encuentra disponible en el servidor de imágenes. Se tomaron como criterios de inclusión a pacientes mayores de edad, tener diagnóstico preoperatorio de tumoración renal o quiste complejo y contar con tomografía axial computarizada preoperatoria con filtro algorítmico I30f/3 y tamaño depixel de 0.7 mm. Se excluyeron a pacientes menores de edad, que contaran con otros diagnósticos renales (infección, litos, abscesos) y que no contaran con imágenes tomográficas de características mencionadas. Se recolectó de expedientes electrónicos y archivo digital radiográfico de los pacientes, su información sociodemográfica, hallazgos transoperatorios (incluyendo tiempo de isquemia renal, características tumorales, sangrado reportado, conversión quirúrgica y tiempo de cirugía) y posoperatorios (complicaciones, reporte histopatológico, cambios en tasa de filtrado glomerular) de expediente clínico del Hospital Central Militar. En cada paciente se realizaron nefrometrías 3D y 2D, en el caso de tridimensionales se empleó el programa *3DSlicer* utilizando DICOMs de archivo clínico (PACS) del Hospital Central Militar, como puede ser observado en la Figura 1.

Figura 1. Reconstrucción de tomografía



Ejemplo del proceso de segmentación de imágenes 3D con 3Dslicer de un paciente del Hospital Central Militar con diagnóstico de tumor renal.

Se tomaron mediciones de cortes tomográficos 2D y de las reconstrucciones incluyendo el diámetro mayor de tumoración y la distancia del tumor al seno renal o sistema colector. Posteriormente se calcularon las escalas de R.E.N.A.L. y Padua utilizando los cortes tomográficos 2D y las reconstrucciones 3D.

Se utilizó estadística descriptiva para caracterizar a la muestra del estudio. Se probó la normalidad de las variables continuas utilizando la prueba de Kolmogorov-Smirnoff e histogramas. Realizamos pruebas de hipótesis para detectar diferencias entre las mediciones derivadas de las imágenes 3D y 2D. Empleamos pruebas de chi-cuadrada paravariabales categóricas y de t de Student para muestras relacionadas de dos colas y Kruskal-Wallis para variables continuas normales y no normales respectivamente. Para evaluar la fuerza de asociación entre los scores Padua y R.E.N.A.L. utilizando imágenes 2D y 3D y la duración de estancia hospitalaria y el cambio de filtrado glomerular después de la intervención se usaron modelos de regresiones lineales. Para analizar la fuerza de asociación entre la incidencia de complicaciones con las variables mencionadas se construyeron modelos de regresión logística binaria. Realizamos Curvas ROC para detectar la sensibilidad y la especificidad de cada uno de los puntajes obtenidos por los scores Padua y R.E.N.A.L. por medio de los modelos 2D y 3D con la aparición de complicaciones durante el procedimiento quirúrgico. Se empleó el área bajo la curva (AUC) como medida de la capacidad diagnóstica de las complicaciones de ambos puntajes. El análisis se efectuó empleando el paquete SPSS versión 21 y Med Calc para las pruebas estadísticas mencionadas. Se consideró como estadísticamente significativo un valor de p menor a 0.05 para todas las pruebas de contraste de hipótesis.

RESULTADOS

Se recolectó una muestra total de 35 pacientes, la mayoría fueron hombres 26 (74.2 %), sin falla renal previa a la cirugía mostrando una tasa de filtrado glomerular preoperatorio de 87.9 ± 21.6 ml/min/m² SC. El tiempo de diagnóstico a la cirugía promedio fue de 12.1 meses.

Todos los pacientes fueron intervenidos por medio abordaje robótico y en 1 de los casos se requirió realizar nefrectomía radical secundario a lesión vascular, sin embargo, se preservó el abordaje de mínima invasión con el uso de robot.

En la totalidad de los pacientes fueron diagnosticados con el subtipo histológico de carcinoma renal de células claras. Otras características de la cirugía y de los tumores se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características los pacientes considerados en el estudio

	N=35
<i>Características demográficas</i>	
Edad promedio (años)	55.4 ± 16.4
Sexo femenino (%)	26 (74.2)
Sexo masculino (%)	9 (25.8)
<i>Características preoperatorias y transoperatorias</i>	
Tiempo promedio de diagnóstico (meses)	12.1 ± 10.9
IMC promedio	26 ± 3.5
Tiempo de isquemia promedio (minutos)	4.7 ± 7.3
Sangrado promedio ml*	200 (50-800)
Creatinina prequirúrgica promedio (mg/dL)	0.94 ± 0.2
Tasa de filtración glomerular prequirúrgica promedio (ml/min/m ² SC)	87.9 ± 21.6
Creatinina posquirúrgica promedio (mg/dL)	1.04 ± 0.28
Tasa de filtración glomerular posquirúrgica promedio (ml/min/m ² SC)	82 ± 24.7
Estancia intrahospitalaria promedio (días)	2.5 ± 1.03
Tiempo de cirugía promedio (horas)	2.32 ± 0.6

Tipo de cirugía	
Nefrectomía parcial robótica (%)	34 (97.1)
Lateralidad derecha (%)	19 (54.2)
Lateralidad izquierda (%)	15 (42.8)
Nefrectomía radical robótica (%)	1 (2.8)
Lateralidad derecha (%)	1 (2.8)
Estadio T	
T1a (%)	17 (48.5)
T1b (%)	15 (42.8)
T2a (%)	3 (8.5)
Histología	
Ca renal de células claras	35 (100 %)

*Valor expresado en mediana ya que distribución fue no paramétrica

Se realizó una comparación de las puntuaciones y nefrometrías obtenidas por medio de las imágenes 2D y 3D. En general no se encontraron diferencias significativas en ambos promedios de los puntajes totales. Las imágenes 3D obtuvieron un diámetro estadísticamente significativamente mayor que las imágenes en 2D. Las medidas y sus respectivas comparaciones se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Comparación entre métodos 2D y 3D

	Modelo 2D	Modelo 3D	Valor p
Score total Padua Media (DS)	7.9 (1.6)	8.1 (1.8)	0.6
Score total R.E.N.A.L. Media (DS)	7.2 (1.9)	7.2 (2)	1
Diámetro Media (DS)	3.8 (1.9)	4.2 (2.5)	0.08
Distancia al seno renal Media (DS)	5.5 (4.4)	5.3 (5.2)	0.9
Porcentaje de tumor Media (DS)	-	18.8 (16.1)	-
DS= Desviación estándar			

Los resultados de los modelos lineales se pueden observar que el score de Padua total utilizando imágenes 3D se asoció positivamente al número de días de estancia hospitalaria.

La razón de momios de las variables incluidas en los modelos de regresión logística fueron protectoras, no obstante, en ninguna de ellas se obtuvo un valor de P con significancia estadística.

Tampoco las otras variables incluidas para los modelos de cambio de tasa de filtración glomerular después de la cirugía, número de días de estancia hospitalaria, incidencia de complicaciones o sangrar más de 500 ml durante el procedimiento tuvo una asociación estadísticamente significativa (cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Regresiones Lineales

	Coefficiente beta	95 % IC	Valorde P
Cambio de TFG			
Porcentaje de tumor	0.31	-0.36 – 0.98	0.3
Score total Padua 2D	3.4	-3 – 9.8	0.2
Score total R.E.N.A.L 2D	1.4	-4.3- 7	0.5
Score total Padua 3D	-1.03	-7-5.9	0.7
Score total R.E.N.A.L 3D	-2.3	-7 -2.9	0.3
Volumen cm total	-1.03	-7- 5	0.7
Estancia intrahospitalaria (días)			
Porcentaje de tumor	0.14	-0.2-0.5	0.4
Score total Padua 2D	-0.58	-5.2-4.2	0.8
Score total R.E.N.A.L 2D	0.14	-0.2-0.5	0.4
Score total Padua 3D	0.33	0.06-0.66	0.047
Score total R.E.N.A.L 3D	0.22	-0.11- 0.5	0.5

Cuadro 4. Regresión logística binaria

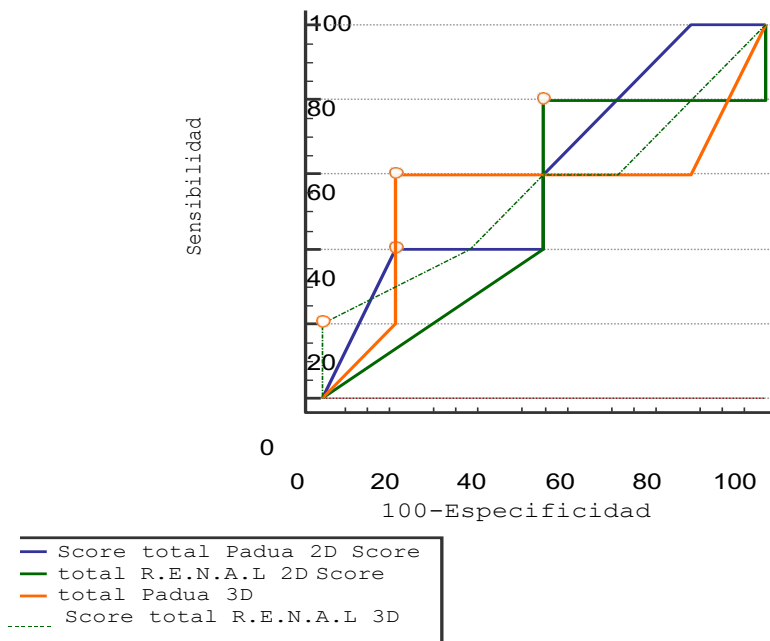
	OR	95% IC	Valorde P
Complicaciones			
Porcentaje de tumor	1.03	.95-1.11	0.4
Score total Padua 2D	0.78	0.3 – 1.7	0.5
Score total R.E.N.A.L 2D	1.07	0.5- 2	0.8
Score total Padua 3D	1.1	0.5-2	0.7
Score total R.E.N.A.L 3D	1.0	0.5-1.9	0.8
Sangrado (>500 ml)			
Porcentaje de tumor	0.9	0.9-1	0.9
Score total Padua 2D	0.6	0.2-1.5	0.3
Score total R.E.N.A.L 2D	0.8	0.4-1.7	0.7
Score total Padua 3D	1.0	0.5-2	0.9
Score total R.E.N.A.L 3D	0.9	0.5- 1.8	0.9

Para evaluar la capacidad diagnóstica para complicaciones durante la cirugía de cada uno de los puntajes se realizaron curvas ROC. En general, la puntuación de Padua con imágenes 2D tuvo el mayor estimado de área bajo la curva sin embargo ninguno de los scores obtuvo un intervalo de confianza sin incluir al valor crítico 0.5 (cuadro 5 y figura 2).

Cuadro 5. Curvas ROC para complicaciones quirúrgicas

Score	Área bajo la curva	IC 95 %
Total Padua 2D	0.60	0.27-0.86
Total R.E.N.A.L 2D	0.50	0.20-0.80
Total Padua 3D	0.55	0.23-0.86
Total R.E.N.A.L 3D	0.55	0.23-0.83

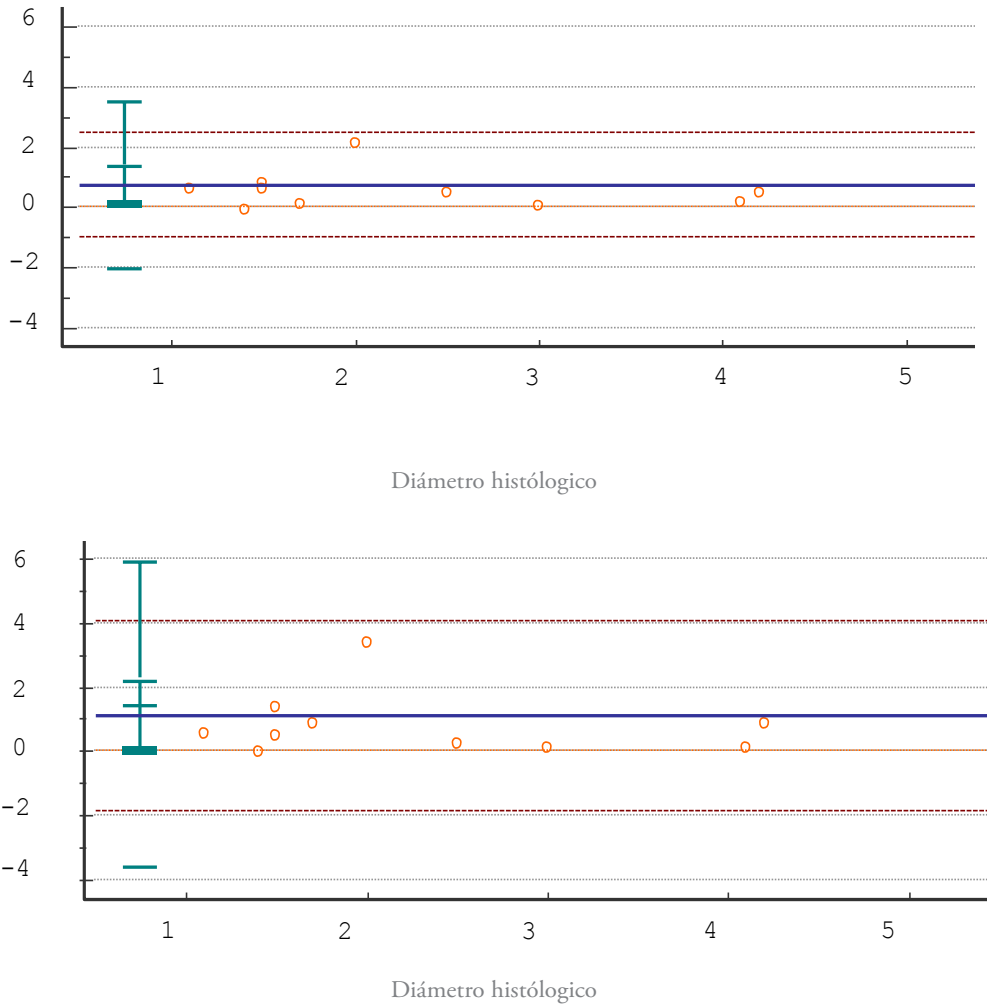
Figura 2. Curvas ROC de puntajes para complicaciones



Con el gráfico de Bald-Altman (Figura 3) podemos observar como las líneas de acuerdo son menores utilizando el diámetro en 2D comparado con el diámetro reportado en la pieza quirúrgica. Solo uno de las mediciones sobresale de las líneas de acuerdo en ambos métodos con un diámetro histológico de 6 cm. En general las medidas por ambos métodos son mayores que las reportadas en histopatología.

Al momento de realizar una regresión lineal con la variable dependiente siendo la diferencia entre las medias de cada uno de los métodos y el diámetro de la pieza quirúrgica no se encontró una diferencia significativa.

Figura 3. Gráfica de Bald-Altman para diámetro 2D y 3D comparado con diámetro de pieza quirúrgica



DISCUSIÓN

En el presente análisis se compararon los resultados de dos escalas de nefrometría (R.E.N.A.L. y Padua) en pacientes sometidos a nefrectomía parcial. A la fecha, es la primera experiencia que se tiene con esta tecnología en la población mexicana en el ámbito urológico.

En la realización del estudio se encontraron múltiples dificultades. El Hospital Central Militar es un hospital de referencia de tercer nivel, y este condiciona a que un porcentaje de pacientes con diagnóstico de tumoraciones renales acuden referidos con TAC externa al hospital. Esto ocasiona que de la muestra considerada originalmente (n=41), 6 pacientes contaban con tomografías prequirúrgicas de mala calidad que imposibilitaron su reconstrucción 3D y sólo 35 cumplieron con las características necesarias para poder obtener una reconstrucción de buena calidad. Esto reduce el poder estadístico de los datos analizados.

Las características demográficas de los pacientes son corresponden a las reportadas en la epidemiología global. Algo a notar es que el 91.4 % (n=32) de los pacientes se catalogaron como T1 patológico, que corresponde a tumores pequeños. Esto está relacionado a los paradigmas previos en donde se consideraba que la nefrectomía parcial sólo debe de ser realizada para pacientes con este tipo de tumores, pero las guías NCCN, AUA y EAU en sus más recientes actualizaciones contemplan a la nefrectomía parcial siempre que el cirujano contemple que sea viable su realización, y siempre considerar mejor una nefrectomía parcial abierta contra una nefrectomía radical laparoscópica. Esto deja bastante en manos de la experiencia única de cada cirujano y condiciona un posible sesgo al presente estudio en donde por cuestiones de la población la mayoría de los pacientes fueron de baja complejidad.

Con el presente estudio no se logró recrear la significancia estadística de los resultados reportados por Liu *et al.*, en donde valoraron 135 pacientes de forma retrospectiva con nefrometrías aplicadas a reconstrucciones tridimensionales. Los volúmenes tumorales de ambas series fueron discretamente distintos, reportándose un volumen tumoral promedio de 27.6 ml en nuestra serie vs 31.25 ml de la serie de Liu. En nuestra serie el puntaje tridimensional de R.E.N.A.L. promedio fue de 7.2 vs 7.0 al reportado por Liu y el de Padua 3D de nuestra serie fue de 8.1 vs 8.2 al reportado por Liu. En las curvas ROC encontramos un AUC para R.E.N.A.L. de 0.55 vs 0.67 reportada por Liu y encontramos un AUC para Padua de 0.55 vs 0.68 reportada por Liu. Algo a notar es que en base a los hallazgos encontrados Liu *et al.* desarrollaron su propia escala nefrométrica tridimensional en donde incluyeron volumen tumoral (< 10 ml, 10 a 30 o > 30 ml), si es endofítico o exofítico, variaciones vasculares, distancia a plano ecuatorial e involucro de seno renal y con esto lograron obtener un AUC de 0.91 que mejora los hallazgos significativamente con relación a los hallazgos mencionados previamente.⁽⁷⁾

Es de esperarse que los avances en tecnología rebasen los avances quirúrgicos. Ya se han logrado crear modelos 3D impresos que permiten a los cirujanos practicar la cirugía *ex vivo* en casos complejos con costos que rondan desde los \$22 a los \$350 dólares.^(12,13)

La simulación prequirúrgica y los modelos 3D son de los avances tecnológicos más recientes que se presentan para planeaciones quirúrgicas y han obtenido auge en la última década, Smith *et al.* reportan que con estas tecnologías se facilita el entrenamiento de cirujanos en formación.⁽⁹⁾ Maddox *et al.* imprimieron modelos tridimensionales y los sometieron a procedimientos robóticos simulados *ex vivo*, los cirujanos reportaron que el modelo les permitía visualizar con mayor precisión la anatomía del paciente, prepararse para las variantes únicas de cada individuo, así como reportar menor cantidad de sangrado.⁽¹⁴⁾

El fino arte de la enseñanza médica es como una balanza con un brazo móvil (la enseñanza del médico) y un brazo considerado como fijo (el desenlace del paciente). Este último parámetro es el más importante en nuestro medio y no puede comprometerse, pero es ahí donde los simulacros, los modelos

tridimensionales y la realidad virtual tienen un papel que aún está por desarrollarse a fondo y así poder mover un brazo de esta balanza sin comprometer el otro. Los paradigmas de la enseñanza médica están cambiando de un medio de enseñanza en vivo vista desde siglos pasados a estas modalidades tecnológicas. Es por eso que existen simuladores quirúrgicos robóticos como el da Vinci Skills Simulator, el Mimic dV-Trainer y Robotic Surgery Simulator, así como simuladores laparoscópicos,⁽¹⁶⁾ pero poco se habla de simuladores para cirugía abierta donde podría existir un área de oportunidad.

Además de mejorar el entrenamiento y la comprensión del cirujano, Bernhard *et al.* en su estudio demostraron que mejora la comprensión de los pacientes en 39.3 % sobre su enfermedad y un 44.6 % sobre el procedimiento planeado (nefrectomía parcial). Esto permite darle múltiples enfoques a una misma modalidad tecnológica.⁽¹¹⁾

Las áreas de oportunidad que identificamos al realizar el presente estudio son varias, en primer lugar, consideramos que apegarse a una validación prospectiva de los parámetros mencionados por Liu *et al.* podría llegar a desarrollar una escala aplicable a los parámetros obtenibles mediante esta tecnología. De igual manera entre ambas series se puede observar que las nefrometrías convencionales no son extrapolables a los cálculos tridimensionales. Nuestra serie a pesar de no encontrar datos significativamente estadísticos reporta datos similares a los reportados por Liu *et al.* en el análisis por curvas ROC,⁽⁷⁾ desafortunadamente por las características técnicas necesarias para la reconstrucción no fue posible ampliar la muestra y otorgarle mayor poder estadístico a nuestras regresiones logísticas.

Consideramos este estudio como un estudio piloto de viabilidad, en el cual además de obtener información valiosa se ha validado el uso de tecnología de nueva generación enfocada a la instrucción médica y a la mejora de los desenlaces de nuestros pacientes.

A considerarse para su estudio prospectivo deberán de tomarse en cuenta una escala como la planteada por Liu *et al.* aplicada específicamente para reconstrucciones tridimensionales.⁽⁷⁾ Además se debe de incluir diferentes observadores con diferentes rangos de experiencia y si es posible de diferentes especialidades (radiología y urología) para poder comparar el impacto que esto tiene interobservador, así como tener valores adicionales de validación.

CONCLUSIONES

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas entre los valores de las nefrometrías convencionales 2D R.E.N.A.L. y Padua versus los cálculos aplicados a 3D, ni diferencias de estas mismas para complicaciones quirúrgicas, sangrado o cambios en tasa de filtrado glomerular.

Al realizar una regresión logística solo se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el score de Padua 3D para días de estancia intrahospitalaria. Nuestros hallazgos en las curvas ROC son similares a los reportados por otros estudios de nefrometría tridimensional, pero no logramos significancia estadística para ninguno de los valores reportados.

Consideramos que es necesario ampliar la muestra, aplicar estos parámetros de forma prospectiva tanto de forma objetiva y subjetiva con los cirujanos y enfocar los análisis hacia el desarrollo de una escala específica para datos obtenidos por reconstrucciones 3D.

Es necesaria más evidencia objetiva para poder recomendar el uso de las reconstrucciones 3D como planeación pre quirúrgica para nefrectomías parciales.

REFERENCIAS

1. **Hancock SB, Georgiades CS. Kidney Cancer.** *Cancer Journal (Sudbury, Mass.)*. 2016;22(6): 387–392. <https://doi.org/10.1097/PPO.0000000000000225>.
2. **Campbell, S. C, Lane, B. R., Pierorazio, P. M.** Malignant Renal Tumors. In: *Campbell Walsh Wein Urology*. 12th ed. Elsevier;
3. **Capitanio U, Montorsi F.** Renal cancer. *Lancet (London, England)*. 2016;387(10021): 894–906. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00046-X).
4. **National Comprehensive Cancer Network.** *Kidney cancer*. 2022.
5. AUA Guidelines. *Renal Mass and Localized Renal Cancer*. 2019
6. **Nahar B, Gonzalgo ML.** What is the current role of partial nephrectomy for T2 tumors? *The Canadian Journal of Urology*. 2017;24(2): 8698–8704.
7. **Mir MC, Derweesh I, Porpiglia F, Zargar H, Mottrie A, Autorino R.** Partial Nephrectomy Versus Radical Nephrectomy for Clinical T1b and T2 Renal Tumors: A Systematic Review and Meta-analysis of Comparative Studies. *European Urology*. 2017;71(4): 606–617. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.08.060>.
8. **Simhan J, Smaldone MC, Tsai KJ, Canter DJ, Li T, Kutikov A, et al.** Objective measures of renal mass anatomic complexity predict rates of major complications following partial nephrectomy. *European Urology*. 2011;60(4): 724–730. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2011.05.030>.
9. **Smith B, Dasgupta P.** 3D printing technology and its role in urological training. *World Journal of Urology*. 2020;38(10): 2385–2391. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-02995-1>.
10. **Parikh N, Sharma P.** Three-Dimensional Printing in Urology: History, Current Applications, and Future Directions. *Urology*. 2018;121: 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2018.08.004>.
11. **Bernhard JC, 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 Journal of Urology*. 2016;34(3): 337–345. <https://doi.org/10.1007/s00345-015-1632-2>.
12. **Smektała T, Gołaż A, Królikowski M, Słojewski M.** Low cost silicone renal replicas for surgical training - technical note. *Archivos Espanoles De Urologia*. 2016;69(7): 434–436.
13. **Dwivedi DK, Chatzinoff Y, Zhang Y, Yuan Q, Fulkerson M, Chopra R, et al.** Development of a Patient-specific Tumor Mold Using Magnetic Resonance Imaging and 3-Dimensional Printing Technology for Targeted Tissue Procurement and Radiomics Analysis of Renal Masses. *Urology*. 2018;112: 209–214. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2017.08.056>.
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. *Journal of Robotic Surgery*. 2018;12(1): 27–33. <https://doi.org/10.1007/s11701-017-0680-6>.
15. **Mercader C, Vilaseca A, Moreno JL, López A, Sebastià MC, Nicolau C, et al.** Role of the three-dimensional printing technology in complex laparoscopic renal surgery: a renal tumor in a horseshoe kidney. *International Braz J Urol: Official Journal of the Brazilian Society of Urology*. 2019;45(6): 1129–1135. <https://doi.org/10.1590/S1677-5538.IBJU.2019.0085>.
16. **Porpiglia F, Amparore D, Checcucci E, Manfredi M, Stura I, Migliaretti G, et al.** Three-dimensional virtual imaging of renal tumours: a new tool to improve the accuracy of nephrometry scores. *BJU international*. 2019;124(6): 945–954. <https://doi.org/10.1111/bju.14894>.

17. **Liu J, Liu J, Wang S, Zhao H, Tian C, Shi B, et al.** Three-dimensional nephrometry scoring system: a precise scoring system to evaluate complexity of renal tumors suitable for partial nephrectomy. *PeerJ*. 2020;8: e8637. <https://doi.org/10.7717/peerj.8637>.
18. **Fan G, Li J, Li M, Ye M, Pei X, Li F, et al.** Three-Dimensional Physical Model-Assisted Planning and Navigation for Laparoscopic Partial Nephrectomy in Patients with Endophytic Renal Tumors. *Scientific Reports*. 2018;8(1): 582. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19056-5>.
19. **Wake N, Rude T, Kang SK, Stifelman MD, Borin JF, Sodickson DK, et al.** 3D printed renal cancer models derived from MRI data: application in pre-surgical planning. *Abdominal Radiology (New York)*. 2017;42(5): 1501–1509. <https://doi.org/10.1007/s00261-016-1022-2>.
20. **Porpiglia F, Checcucci E, Amparore D, Piramide F, Volpi G, Granato S, et al.** Three-dimensional Augmented Reality Robot-assisted Partial Nephrectomy in Case of Complex Tumours (PADUA ≥ 10): A New Intraoperative Tool Overcoming the Ultrasound Guidance. *European Urology*. 2020;78(2): 229–238. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.11.024>.