

Original breve

Volumen renal total y función renal en pacientes nefrectomizados por neoplasias renales

Saúl Pampa-Saico^{a,b,*}, Simona Alexandru^{a,b}, M. Soledad Pizarro-Sánchez^{a,b},
María López-Picasso^{a,b}, Laura García Puente-Suárez^{a,b},
Raquel Barba^{a,b} y Fernando Liaño^c

^a Departamento de Nefrología, Hospital Universitario Rey Juan Carlos, , Móstoles, Madrid, España

^b Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, España

^c Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRyCis), Hospital Universitario Ramón y Cajal, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 13 de febrero de 2020

Aceptado el 18 de octubre de 2020

On-line el 23 de febrero de 2021

Palabras clave:

Nefrectomía radical

Neoplasias renales

Volumen renal total

R E S U M E N

Introducción: La reducción de la masa renal tras la nefrectomía radical en pacientes con neoplasias renales puede producir la hipertrofia compensadora del riñón contralateral. La capacidad de compensación determinará la evolución de la función renal. La medición del volumen renal total (VRT) del riñón remanente antes y después de la nefrectomía puede ayudar a evaluar la evolución de la función renal.

Objetivos: Determinar la correlación entre el VRT pre y posnefrectomía con la función renal al año de seguimiento.

Materiales y métodos: Estudio retrospectivo de observación en 47 pacientes adultos con neoplasias renales que fueron sometidos a nefrectomía radical. El VRT pre y posnefrectomía (al año de seguimiento) fue calculado mediante la ecuación de la elipsoide (TAC y/o RNM), que fueron comparados con datos clínicos y analíticos. Los resultados fueron analizados mediante regresión lineal uni y multivariante.

Resultados: La mediana de edad al momento de la nefrectomía fue de 70 años (44-88). La mayoría fueron hombres (66%). El filtrado glomerular estimado (FGe) pre y posnefrectomía fue de 78 (40-100) y 53,3 ml/min/m² (20-90) respectivamente (p=0,01). El VRT pre y posnefrectomía fue de 168,2 ml (100,4-257,2) y 187,8 ml (115,5-273,1) respectivamente (p=0,001).

El FGe prenefrectomía ($\beta=0,62$; p=0,034) y el VRT pre ($\beta=1,08$; p<0,0001) se correlacionaron positivamente con el VRT posnefrectomía. Sin embargo, el FGe al año se correlacionó negativamente ($\beta=-1,18$; p=0,047).

Conclusiones: En pacientes con neoplasias renales tratados con nefrectomía radical la medición del VRT pre y posnefrectomía pueden ayudar a predecir la evolución de la función renal al año de seguimiento.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: saups5@hotmail.com (S. Pampa-Saico).

<https://doi.org/10.1016/j.nefro.2020.10.009>

0211-6995/© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Total renal volume and renal function after radical nephrectomy in renal neoplasm

A B S T R A C T

Keywords:

Radical nephrectomy, Renal neoplasm, Total renal volume

Introduction: The reduction of renal mass after radical nephrectomy (RN) for renal neoplasm, could be associated with compensatory hypertrophy of the contralateral kidney. The capacity of compensation will determine the renal function (RF) evolution. Measuring of total renal volume (TRV) of the remaining kidney pre and post RN can help assess the RF evolution.

Objectives: To determine the correlation between TRV pre and post nephrectomy (a year of follow-up) with RF.

Materials and methods: A retrospective cohort study was carried out in 47 patients who had undergone RN from 2014 to 2018, due to renal cell carcinoma (confirmed by histopathology). The TRV was calculated, pre and post (a year of follow-up) RN, using ellipsoid formula equation, which were compared with clinical and analytical data. The results were analyzed by multivariate linear logistic models.

Results: The median age at the time of RN was 70 years old (range, 40-88 years). Most of them were men, 66%. The estimated glomerular filtration rate (eGFR) pre and post nephrectomy was 78 (40-100) and 53.3 ml/min/ m² (30-90) respectively ($P = .01$). The TRV pre and post-nephrectomy was 168.2 ml (100.4-257.2) and 187.8 ml (115.5-273.1) respectively ($P = .001$).

The pre-nephrectomy eGFR ($\beta = 0.62$; $P = .034$) and the TRV ($\beta = 1.08$; $P < .0001$) were positively correlated with the post-nephrectomy TRV, while the eGFR at year of follow-up was correlated negatively ($\beta = -1.18$; $P = .047$).

Conclusions: The measurement of pre and post nephrectomy TRV can help to predict renal function evolution at a year of follow-up.

© 2021 Sociedad Española de Nefrología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

En los últimos años se ha producido un incremento en la incidencia de neoplasias renales. El carcinoma de células claras constituye una de las causas más frecuentes, con una prevalencia cercana al 3% de las neoplasias en adultos¹. En la práctica asistencial en las consultas de nefrología representa una causa importante de desarrollo de fracaso renal agudo y/o enfermedad renal crónica²⁻⁴, teniendo por lo tanto el nefrólogo un papel más relevante y determinante para la atención, manejo, seguimiento y evolución de la función renal.

Tras la nefrectomía radical en este grupo de pacientes se ha reportado un 33% de desarrollo de fracaso renal agudo (FRA) y 4 veces más de riesgo de desarrollo de enfermedad renal crónica (ERC)⁵⁻⁷, siendo el riesgo menor en pacientes sometidos a nefrectomías parciales⁸⁻¹¹.

Inmediatamente después de la nefrectomía radical se inician diferentes mecanismos compensadores sobre el riñón remanente con la intención de minimizar el descenso del filtrado glomerular.

La medición del volumen renal total (VRT) mediante la ecuación de la elipsoide es una herramienta ampliamente estudiada en la poliquistosis renal, siendo el principal predictor de la evolución y pronóstico de la función renal (FR)^{12,13}.

La medición del VRT del riñón remanente pre y pos-nefrectomía (año de seguimiento) radical en pacientes con neoplasias renales no ha sido completamente investigada, por lo que podría ayudar a evaluar la evolución de la FR y los factores que la condicionan.

El objetivo de este estudio fue determinar el VRT pre y pos-nefrectomía en el riñón remanente y su correlación con el filtrado glomerular estimado (FGe) al año de seguimiento.

Materiales y métodos

Estudio de observación, retrospectivo en una corte de pacientes adultos (≥ 18 años) atendidos en las consultas de nefrología del Hospital Rey Juan Carlos de Móstoles, durante el periodo comprendido entre enero de 2014 y diciembre de 2018.

La población estudiada incluyó a todos los pacientes identificados en la base de datos de nuestro centro que fueron sometidos a nefrectomía radical secundaria a neoplasias renales, carcinoma de células claras, que fue confirmado mediante estudio anatomopatológico. Todos los pacientes fueron reevaluados al año de la nefrectomía.

Los criterios de exclusión incluyeron: nefrectomías radicales por otras causas y nefrectomías parciales. También se excluyeron aquellos que no tuvieron tomografía axial computarizada (TAC) y/o resonancia magnética (RNM) durante el seguimiento.

En todos los casos se recogieron parámetros demográficos, clínicos, bioquímicos, que se obtuvieron de los registros médicos electrónicos de nuestra institución, incluidas las comorbilidades (diabetes, enfermedad vascular periférica, enfermedad renal crónica, índice de comorbilidad de Charlson¹⁴) al momento de la nefrectomía.

Los niveles de creatinina sérica (Cr_s), FGe y proteinuria se registraron, cuando estuvieron disponibles, prenefrectomía (hasta 2 meses antes de la nefrectomía), al alta hospitalaria y al año de seguimiento.

La función renal se evaluó mediante el cálculo del FGe usando la fórmula abreviada MDRD-4¹⁵. Los análisis de laboratorio se realizaron en el mismo centro hospitalario por métodos convencionales.

El volumen renal total (VRT) se calculó antes de la nefrectomía (hasta 3 meses prenefrectomía) y al año de seguimiento, que se midió usando la TAC y/o RNM, mediante la fórmula de la elipsoide.

Cálculo del VRT (ecuación de la elipsoide) = $\pi/6 \times \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{grosor}$

La medición del VRT se llevó a cabo por uno de los autores que no tuvo acceso a datos clínicos ni analíticos de los pacientes, para evitar un sesgo de información y selección. Los resultados del VRT fueron comparados con las variables del estudio prenefrectomía y durante el seguimiento.

El estudio se hizo de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki. Dada la naturaleza de riesgo mínimo del estudio se nos otorgó una renuncia al consentimiento informado.

Definiciones

El FRA fue definido de acuerdo con la clasificación de *Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO)*¹⁶. Cualquier incremento de la Cr_s por encima de 0,3 mg/dl de su basal producido en menos de 48 horas, o un incremento del 50% de la CR basal en los primeros 7 días tras la nefrectomía fue considerado FRA.

La ERC fue definida mediante el cálculo del FGe usando la fórmula abreviada MDRD-4¹⁵, definido como un FGe menor de 60 ml/min/1,73 m² durante como mínimo 3 meses.

Diseño del estudio y métodos estadísticos

Los datos se presentan como media y desviación estándar (\pm DE), o como mediana y rangos intercuartílicos (RIC). Para comparar variables discretas utilizamos la prueba de Chi-cuadrado (o la exacta de Fisher). Para comparar 2 variables continuas utilizamos la prueba de «t» de Student para muestras independientes, o la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Para analizar las variables que mejor se asocian con el VRT y la función renal al año de seguimiento utilizamos modelos de regresión lineal uni y multivariante, ajustando las covariables relevantes. Una $p < 0,05$ fue considerada como estadísticamente significativa. El análisis estadístico se realizó con el programa IBM SPSS versión 21 (IBM Corp. Armonk, EE. UU.).

Resultados

El grupo de estudio incluyó a 47 pacientes según el diagrama de flujo que se muestra en la [figura 1](#).

En la [tabla 1](#) se muestran las principales características del conjunto de pacientes.

Tabla 1 – Características prenefrectomía del del grupo de estudio

	Total
Número de pacientes	47
Edad al momento de la nefrectomía, años	70 (44-88)
Sexo, varón/mujer (%)	31/16 (66/34)
Índice de Charlson	6 (3-9)
Índice de masa corporal	28 (21-51)
Tabaquismo, n (%)	31 (66)
HTA, n (%)	29 (61,7)
Diabetes mellitus, n (%)	14 (30)
Obesidad, n (%)	15 (32)
Antecedentes cardiovasculares, n (%)	9 (19)
Creatinina basal, mg/dl	0,9 (0,6-1,8)
FGe, ml/min/1,73 m ²	78 (40-100)
ERC previa, n%	4 (8,5)
Proteinuria, n%	2 (4,2)
Tamaño renal, cm	6,6 (2,2-8,8)
Uso de IECA/ARA-2, n%	27 (61,3)

ARA2: antagonistas de los receptores de la angiotensina 2; ERC: enfermedad renal crónica; FGe: filtrado glomerular estimado; IECA: inhibidores la enzima convertidora de la angiotensina; RIC: rango intercuartílico.

Los datos se presentan como mediana (rango intercuartílico), salvo que se especifique lo contrario.

El 66% de los pacientes eran hombres (31/16), con una mediana de edad de 70 años (rango: 44-88). El diámetro del tumor fue de 6,6 cm (rango: 2,2-8,8). En el 51% de pacientes se realizó nefrectomía izquierda (24/23). La Cr_s y FGe prenefrectomía fueron de 0,9 mg/dl (0,6-1,8) y 78 ml/min/1,73 m² (40-100) respectivamente. El VRT prenefrectomía fue de 168,2 ml (100,4-257,2) ([tabla 2](#)).

Treinta y cinco pacientes (70,6%) cumplieron criterios de FRA tras la nefrectomía, la mayoría AKIN 1 (77% [27/35]). De los 4 pacientes que tenían enfermedad renal crónica en el momento de la nefrectomía solo uno desarrolló FRA.

Durante el periodo de seguimiento 6 pacientes (13%) recibieron terapia adyuvante (antiangiogénicos: pazopanib [3], axitinib [1]; inmunoterapia con nivolumab [2]).

En la [tabla 2](#) se analiza la evolución de las variables cuantitativas pre-nefrectomía y al año de seguimiento. El FGe descendió significativamente de 78 (rango 40-100) a 53,3 ml/min/1,73 m² (rango, 20-90) ($p=0,01$), asociado a un incremento de la Cr_s de 0,97 (0,6-1,7) a 1,3 mg/dl (0,7-1,9) ($p=0,001$). El VRT prenefrectomía y al año de seguimiento se incrementó significativamente, de 168,2 ml (100,4-257,2) a 187,8 ml (115,5-273,1) ($p=0,001$).

No se observaron diferencias significativas durante el seguimiento con respecto al índice de masa corporal.

En la [tabla 3](#), por regresión lineal uni y multivariante, se muestran los resultados de los determinantes de la mejor ecuación de asociación con el volumen renal total al año de seguimiento, se encontró correlación positiva con el FGe pre-nefrectomía ($\beta=0,62$; $p=0,034$) y el VRT prenefrectomía ($\beta=1,08$; $p<0,0001$), mientras que con el FGe al año la correlación fue negativa ($\beta=-1,18$; $p=0,047$) ([tabla 3](#)).

En la [tabla 4](#) en el análisis de regresión lineal multivariante, con respecto a los factores que determinaron el FGe al año de seguimiento, se observó correlación positiva con respecto al

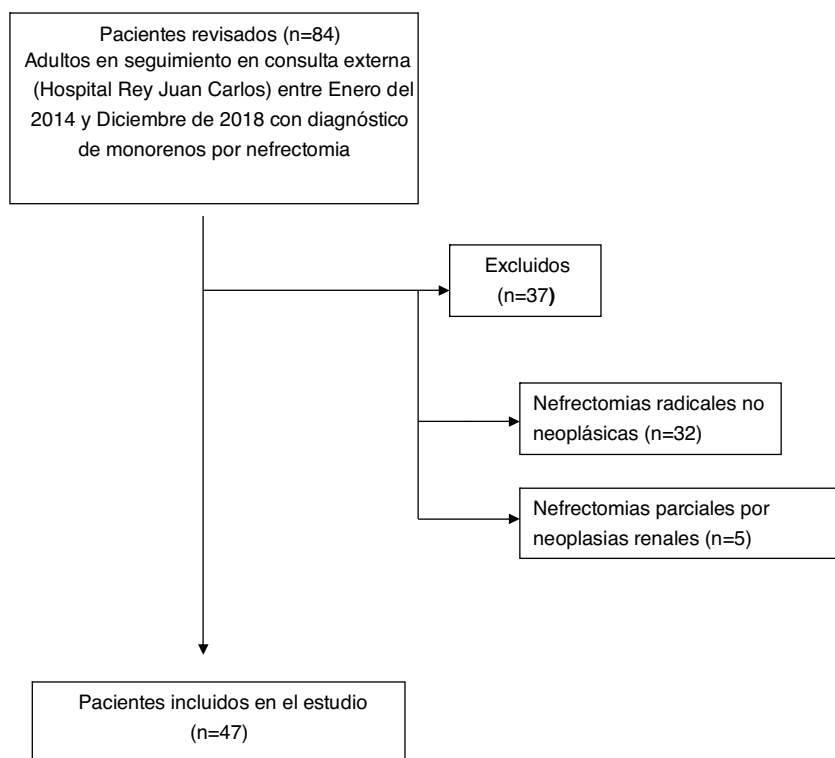


Figura 1 – Flujograma de la población de estudio.

Tabla 2 – Variables cuantitativas al momento de la nefrectomía y al año de seguimiento

Variable	Prenefrectomía	Posnefrectomía (año de seguimiento)	Valor de p
VRT, ml (RIC) ^a	168,2 (100,4-257,2)	187,8 (115,5-273,1)	0,001
Creatinina sérica, mg/dl, (RIC) ^a	0,97 (0,6-1,7)	1,3 (0,7-1,9)	0,001
FGe, ml/min/1,73 m ² (RIC) ^a	78 (40-100)	53,3(20-90)	0,01
IMC, (RIC) ^a	28 (21-51)	28,4 (21-47)	0,05
Proteinuria, mg/día (RIC) ^a	22,6 (0-132)	60 (0-1000)	0,001
HTA	29	32	0,039

^a Mediana y rangos intercuartílicos.

FGe: filtrado glomerular estimado; IMC: índice de masa corporal; RIC: rango intercuartilico; VRT: volumen renal total.

Tabla 3 – Variables que influenciaron sobre el volumen renal total al año de seguimiento (análisis de regresión lineal univariable y multivariable)

Variables	Análisis univariable		Análisis multivariable	
	Coefficiente β (IC 95%)	Valor de p	Coefficiente β (IC 95%)	Valor de p
Edad, años	-1,11 (-2,77; 0,55)	0,187	-0,54 (-1,29; 0,21)	0,145
Sexo, hombre	-35,91 (-72,15; 0,31)	0,052	4,52 (-13,13; 22,17)	0,587
Índice de comorbilidad de Charlson	6,54 (-5,37; 18,46)	0,270		
Fumador	8,82 (-33,10; 50,75)	0,669		
IMC prenefrectomía	1,84 (-2,16; 5,85)	0,351		
IMC al año de seguimiento	2,13 (-2,06; 6,33)	0,304		
Tamaño tumor renal	-1,02 (-10,46; 0,84)	0,822		
HTA	35,06 (-0,64; 69,48)	0,046	-1,99 (-22,85; 18,86)	0,534
VRT prenefrectomía, ml	0,955 (0,78; 1,13)	0,0001	1,086 (1,034-1,238)	<0,0001
FGe prenefrectomía (ml/min/1,73 m ²)	-0,598 (-1,595; 0,066)	0,069	0,627 (0,052-1,202)	0,034
FGe al alta hospitalaria	0,683 (-1,57; 2,93)	0,180		
FGe al año de seguimiento	-0,765 (-1,59; 0,06)	0,086	-1,188 (-1,18; -0,09)	0,047
Proteinuria prenefrectomía, mg/dl	0,889 (-0,67; 0,24)	0,252		
Proteinuria al año de seguimiento	0,271 (-0,44; 0,67)	0,672		

R² corregido: 0,865.

FGe: filtrado glomerular estimado; IC: intervalo de confianza; IMC: índice de masa corporal; VRT: volumen renal total.

Tabla 4 – Factores independientes asociados con el filtrado glomerular estimado al año de seguimiento (modelo final regresión lineal multivariable)

Variable	Coefficiente β (IC 95%)	Valor de p
Edad, años	-0,021 (-5,28; 0,48)	0,93
FGe prenefrectomía	0,338 (-0,21; 0,69)	0,063
IMC al año	-0,652 (-1,35; 0,05)	0,068
VRT prenefrectomía	0,114 (0,013; 0,215)	0,028
VRT posnefrectomía	-0,360 (-0,56; -0,15)	0,002

Variables que no entraron en la mejor ecuación de predicción: índice de comorbilidad de Charlson ($p < 0,10$), albúmina, proteinuria al año de seguimiento, tamaño de tumor, IECA-ARA-2 ($p = 0,2$).
 R^2 corregido: 0,687.
 FGe: filtrado glomerular estimado; IMC: índice de masa corporal; VRT: volumen renal total

VRT pre-nefrectomía ($\beta = 0,114$; $p = 0,028$) y negativa con el VRT ($\beta = -360$; $p = 0,002$).

Al año de seguimiento el 60% de los pacientes (28/47) habían desarrollado ERC, siendo el estadio 3A el más frecuente (70% [20/28]). Ningún paciente precisó tratamiento renal sustitutivo en el postoperatorio ni al año de seguimiento. Con respecto al uso de IECA y ARA-2 tras la nefrectomía el tratamiento se suspendió de forma transitoria en el 26% de los pacientes (9/35) que desarrollaron FRA, al final del estudio el 92% de estos pacientes continúa en tratamiento con IECA/ARA-2.

Discusión

Los resultados de este estudio muestran que existe una correlación positiva entre el VRT pre y posnefrectomía con el FGe prenefrectomía. Sin embargo, sorprendentemente, el FGe y el VRT al año de seguimiento tuvieron una correlación negativa. Este hallazgo se contrapone con nuestro conocimiento actual basado en estudios previos, que han demostrado que la pérdida del 50% de la masa renal tras la nefrectomía radical inicia precozmente mecanismos compensadores que intentan paliar el descenso del filtrado glomerular. Sin embargo, estos mecanismos pueden modificarse en función de la edad, el consumo de tabaco, la obesidad, la hipoalbuminemia, el desarrollo de fracaso renal agudo posnefrectomía, que finalmente determinarían la evolución de la función renal y el riesgo de progresión a ERC¹⁷⁻¹⁹.

Si los mecanismos de compensación tras una nefrectomía en el contexto oncológico renal son diferentes a los observados en otras situaciones clínicas está pendiente de dilucidar. Así, algunos estudios han encontrado una correlación negativa de la función renal con respecto al tamaño del tumor, especialmente en tumores mayores de 5 cm^{20,21}. En nuestra cohorte, la mediana del diámetro tumoral fue de 6 cm, lo que tal vez pudiera haber influido en la correlación negativa de la función renal posnefrectomía.

Por otra parte, la evolución de la función renal con la pérdida de masa renal en la población nefrectomizada se comporta de manera diferente, dependiendo de la etiología que condiciona la extirpación. En pacientes donantes de trasplante renal de vivo parece que no existe una pérdida significativa de la función renal durante el seguimiento²²,

mientras que en pacientes nefrectomizados por motivos distintos a la donación los resultados son variables. Los pacientes nefrectomizados por causas no neoplásicas mantienen la función renal muchos años después de la nefrectomía radical, especialmente en población joven sin mayores comorbilidades. No obstante, otras series publicadas muestran peores resultados con deterioro progresivo de la función renal y desarrollo de proteinuria y progresión a ERC²³.

El VRT medido mediante la ecuación de la elipsoide es una herramienta fácil de usar gracias a la disponibilidad de las pruebas de imagen para su medición (TAC y/o RNM), siendo el biomarcador más importante para determinar la evolución y pronóstico de la función en pacientes con poliquistosis renal^{12,13}. Aquí se observa también una correlación inversa entre el VRT y la función renal a lo largo del tiempo. Aunque en estos casos la causa tiene una clara explicación, debido al aumento de los quistes en número y volumen con compresión del resto de las nefronas (disminución de masa renal) y fibrosis intersticial.

En este estudio hemos pretendido abordar el análisis del volumen del riñón remanente antes y después de la nefrectomía con la función renal al año de seguimiento en una población con neoplasia renal.

Con estos resultados, y dado que la Crs y el FGe pueden seguir siendo normales incluso con un 50% de daño renal²⁴, es necesario implementar y buscar nuevos marcadores más sensibles para la detectar de forma precoz qué pacientes tras la nefrectomía radical por neoplasias renales son más susceptibles de una mala evolución de la función renal y progresión a ERC. Nuestros resultados sugieren que la medición del VRT pre y posnefrectomía en el riñón remanente podría ser capaz de detectar de forma más precoz los pacientes en riesgo de desarrollo de ERC, siendo probablemente un parámetro más significativo a considerar cuando el daño renal sea subclínico, siendo por lo tanto útil como un posible biomarcador y provee información relevante en la evolución de la función renal en este grupo de pacientes.

Este estudio tiene potenciales limitaciones:

1. Primero, debido al corto seguimiento no se puede determinar la evolución de la función renal a largo plazo, por lo que sería necesario un mayor seguimiento para evaluar el curso natural de la función renal en este grupo de pacientes.
2. Segundo, la medición del volumen renal total con TAC y/o RNM renal de forma no protocolizada podría haber alterado los resultados, asociado a la medición por un solo observador que puede ocasionar un sesgo de información.
3. Tercero, no se dispuso de aclaramiento de creatinina de 24 horas, que hubiera ayudado y proporcionado una mayor información con una mejor valoración y comportamiento del FGe en este grupo de pacientes, debido a que las diferentes fórmulas para la medición del FGe en este grupo de pacientes no están completamente validadas. El inconveniente de obtener el aclaramiento de creatinina es la dificultad para obtener las muestras de orina y la gran variabilidad del metabolismo de la creatinina en varios entornos clínicos.

Aunque este estudio tiene inconvenientes y limitaciones, y solo incluyó un número relativamente bajo de pacientes,

se trata de una serie homogénea de un solo centro con una enfermedad en aumento, que contribuye a la comprensión de que la medición del volumen renal total pre y posnecrectomía usando la ecuación de la elipsoide puede representar una forma sensible y temprana para determinar la evolución de la función renal y la capacidad compensadora del riñón remanente después de la nefrectomía radical por neoplasias renales.

Conclusiones

Las conclusiones generadas de este estudio pueden estar limitadas por su naturaleza retrospectiva, no obstante, sirven para demostrar que la medición del VRT pre y posnecrectomía en el riñón remanente (año de seguimiento) mediante la ecuación de la elipsoide en pacientes nefrectomizados por neoplasias renales está fuertemente correlacionado con la evolución del FGe al año de seguimiento. Estos determinantes pueden ser útiles para evaluar y monitorizar la función renal y la capacidad compensadora del riñón remanente. Estudios adicionales son necesarios para determinar los mecanismos de compensación y factores pronósticos de la población nefrectomizada por neoplasias renales.

Conceptos clave

- Las nefrectomías por neoplasias renales son una causa frecuente de fracaso renal agudo y enfermedad renal crónica, en ascenso en los últimos años.
- La evolución y comportamiento de la función renal en pacientes nefrectomizados por neoplasias renales puede ser distinta a otras causas no neoplásicas.
- La medición del VRT en el riñón remanente en pacientes nefrectomizados por neoplasias renales puede ser útil en la evolución de la función renal.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Perazella MA, Dreicer R, Mitchell H. Renal cell carcinoma for the nephrologist. *Kidney Int.* 2018;94:471-83.
2. Cairns P. Renal cell carcinoma. *Cancer Biomark.* 2010;9:461-73.
3. Izzedine H, Perazella MA. Onco-nephrology: An appraisal of the cancer and chronic kidney disease links. *Nephrol Dial Transplant.* 2015;30:1979-88.
4. Lowrance WT, Ordóñez J, Udaltsova N, Russo P, Go S. CKD and the risk of incident cancer. *J Am Soc Nephrol.* 2014;25:2327-34.
5. Cho A, Lee JE, Kwon GY, Huh W, Lee HM, Kim YG, et al. Post-operative acute kidney injury in patients with renal cell carcinoma is a potent risk factor for new-onset chronic kidney disease after radical nephrectomy. *Nephrol Dial Transplant.* 2011;26:3496-501.
6. Schmid M, Krishna N, Ravi P, Meyer C, Becker A, Dalela D, et al. Trends of acute kidney injury after radical or partial nephrectomy for renal cell carcinoma. *Urol Oncol.* 2016;34:293.e1-10.
7. Scosyrev E, Messing EM, Sylvester R, Campbell S, Van Poppe H. Renal function after nephronsparing surgery versus radical nephrectomy: results from EORTC randomized trial 30904. *Eur Urol.* 2014;65:372-7.
8. Thompson RH, Lane BR, Lohse CM, Leibovich BC, Fergany A, Frank I, et al. Renal function after partial nephrectomy: effect of warm ischemia relative to quantity and quality of preserved kidney. *Urology.* 2012;79:356-60.
9. Huang WC, Levey AS, Serio AM, Snyder M, Vickers AJ, Raj GV, et al. Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: A retrospective cohort study. *Lancet Oncol.* 2006;7:735-40.
10. Schmid M, Abd-El-Barr AE, Gandaglia G, Sood A, Olugbade Jr K, Ruhotina N, et al. Predictors of 30-day acute kidney injury following radical and partial nephrectomy for renal cell carcinoma. *Urol Oncol.* 2014;32:1259-66.
11. Kim CS, Bae EH, Ma SK, Kweon SS, Kim SW. Impact of partial nephrectomy on kidney function in patients with renal cell carcinoma. *BMC Nephrol.* 2014;15:181.
12. Chapman AB, Bost JE, Torres VE, Woodford LG, Bae KT, Landsittel D, et al. Kidney volume and functional outcomes in autosomal dominant polycystic kidney disease. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2012;7:479-86.
13. Yu ASL, Shen C, Landsittel DP, Harris PC, Torres VE, Mrug M, et al. Baseline total kidney volume and the rate of kidney growth are associated with chronic kidney disease progression in Autosomal Dominant Polycystic Kidney Disease for the Consortium for Radiologic Imaging Studies of Polycystic Kidney Disease (CRISP). *Kidney Int.* 2018;93:691-9.
14. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: Development and validation. *J Chronic Dis.* 1987;40:373-83.
15. Levey AS, Coresh J, Greene T, Stevens LA, Zhang YL, Hendriksen S, et al. Chronic kidney disease epidemiology collaboration: Using standardized serum creatinine values in the modification of diet in renal disease study equation for estimating glomerular filtration rate. *Ann Intern Med.* 2006;145:247-54.
16. Kellum JA, Lameire N. Diagnosis, evaluation and management of acute kidney injury: A KDIGO summary (Part 1). *Crit Care.* 2013;17:204.
17. Barlow LJ, Korets R, Laudano M. Predicting renal function outcomes after surgery for renal cortical tumors: A multifactorial analysis. *BJU Int.* 2010;106:489-92.
18. Hunt JD, van der Hel OL, McMillan GP, Boffetta P, Brennan P. Renal cell carcinoma in relation to cigarette smoking: Meta-analysis of 24 studies. *Int J Cancer.* 2005;114:101-8.
19. Macleod LC, Hotaling JM, Wright JL, et al. Risk factors for renal cell carcinoma in the vitamin and lifestyle (VITAL) study. *J Urol.* 2013;190:1657-61.
20. Jeon HG, Choo SH, Sung HH, et al. Small tumor size is associated with new-onset chronic kidney disease after radical nephrectomy in patients with renal cell carcinoma. *Eur J Cancer.* 2014;50:64-9.
21. Donin NM, Suh LK, Barlow L, Hruby GW, Newhouse J, McKiernan J. Tumor diameter and decreased preoperative estimated glomerular filtration rate are independently correlated in patients with renal cell carcinoma. *BJU Int.* 2012;109:379-83.

22. Burballa C, Crespo M, Redondo-Pachón D, Pérez-Sáez MJ, Arias-Cabrales A, Mir M, et al. Factors associated with renal function compensation after donor nephrectomy. *Nefrologia*. 2018;38:528-34.
23. Malcolm JB, Bagrodia A, Derweesh IH, Mehrazin R, Diblasio CJ, Wake RW, et al. Comparison of rates and risk factors for developing chronic renal insufficiency, proteinuria and metabolic acidosis after radical or partial nephrectomy. *BJU Int*. 2009;104:476-81.
24. Sharma A, Mucino MJ, Ronco C. Renal functional reserve and renal recovery after acute kidney injury. *Nephron Clin Pract*. 2014;127:94-100.