

Case report

ENDOVASCULAR MANAGEMENT OF RENAL ARTERY STENOSIS IN RENAL TRANSPLANTATION

MANEJO ENDOVASCULAR DE LA ESTENOSIS DE LA ARTERIA RENAL EN EL TRASPLANTE RENAL

Maria Peraire-Lores^{1*}, José Luis Bauza-Quetglas¹, Ana Martínez-Moreno¹, Vicent Riera-Marí¹, Valentí Tubau-Vidaña¹, Jordi Guimerà-Garcia¹, Laura Aizpiri-Antoñana¹, Iris Coello-Torà¹, Luis Ladaria-Sureda¹, Carlos Aliaga-Ayuni¹, Enrique Pieras-Ayala¹.

¹Urology Department, Hospital Universitari Son Espases. Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain.

*Correspondence Author:

Urology Department, Hospital Universitari Son Espases, Carretera de Valldemossa 79, 07120, Palma de Mallorca, Balearic Islands, Spain.

Email: mperairelores@gmail.com

Received: 17 November 2019, Approved: 21 December 2019, Published: November 2020

Abstract

Introduction: transplant renal artery stenosis is a recognized complication of kidney transplantation associated with allograft dysfunction and even graft loss. It is a commonly missed but potentially treatable complication that may present from months to years after transplant surgery. Its prompt diagnosis and adequate therapeutic management are essential to avoid renal function loss.

Material And Methods: we retrospectively analysed the data from two 72-year-old patients transplanted in 2017 at our institution. Both with arterial hypertension, chronic ischemic heart disease and end-stage renal disease due to nephroangiosclerosis and membranous glomerulonephritis, respectively; presented allograft dysfunction in the immediate postoperative period. With this finding and the evidence of peak systolic velocity of >200 cm/s in the transplant renal artery we suspected transplant renal artery stenosis, confirmed by angiography and CT scan. An endovascular management with stent placement was performed.

Results: both patients were managed by percutaneous transluminal renal angioplasty and stent placement with good morphological outcomes. After the procedure both patients presented a progressive renal function improvement, being discharged after 8 and 11 days, respectively. Since then, both patients have remained with stable renal function, presenting a glomerular filtration rate of 67 mL/min/1.73m² and 60 mL/min/1.73m² 12 months after the surgery. No complications have been noticed after 14 months.

Conclusion: percutaneous transluminal renal angioplasty and stent placement is an effective and safe technique. Nevertheless, high experience is mandatory to reduce the number of complications and optimize the results of this technique.

Resumen

Introducción: la estenosis de la arteria renal es la complicación vascular más frecuente del trasplante renal y una de las principales causas de pérdida del injerto y muerte prematura en los pacientes trasplantados. A pesar de ser potencialmente tratable, es frecuentemente infradiagnosticada, por lo que su diagnóstico precoz y manejo terapéutico adecuado resulta fundamental para evitar la pérdida de función renal.

Material y métodos: analizamos retrospectivamente el caso de dos pacientes de 72 años trasplantados en nuestro centro en 2017. Ambos pacientes, con antecedentes de hipertensión arterial, cardiopatía isquémica crónica y enfermedad renal crónica terminal secundaria a nefroangioesclerosis y glomerulonefritis membranosa, respectivamente; presentaron un empeoramiento de la creatinina en el postoperatorio inmediato del trasplante renal. Ante este hallazgo y la evidencia de velocidades pico sistólicas >200 cm/s en la ecografía-doppler se sospechó una estenosis de la arteria del injerto, posteriormente confirmada con angiografía y angio-TC, respectivamente. Por lo que se realizó una revascularización percutánea e implante de stent.

Resultados: se realizó la angioplastia con balón y colocación de stent, bajo anestesia local, obteniendo un buen resultado morfológico, sin complicaciones inmediatas. Tras el procedimiento ambos pacientes presentaron una mejoría progresiva de la función renal manteniendo un buen ritmo de diuresis, siendo dados de alta a los 8 y 11 días del mismo. Desde entonces, la función renal de ambos pacientes se ha mantenido estable presentando a los 12 meses un filtrado glomerular alrededor de 67 mL/min/1.73m² y 60 mL/min/1.73m², respectivamente. Sin evidencia de complicaciones tras 14 meses del procedimiento.

Conclusiones: la angioplastia con balón y colocación de stent en la estenosis de la arteria renal en el trasplante es una técnica segura y efectiva. Sin embargo, es necesaria una elevada experiencia para disminuir el número de complicaciones y optimizar los resultados de esta técnica.

Keywords: kidney transplant, arterial stenosis, minimally invasive, endovascular surgery

Introducción

La enfermedad renal en estadio terminal (ESRD) era considerada una situación terminal antes del descubrimiento de las terapias de sustitución renal. En actualidad se trata de una enfermedad crónica con múltiples opciones de tratamiento que incluyen distintas modalidades de diálisis, además del trasplante renal [1]. Es importante destacar que la prevalencia de la ESRD ha aumentado significativamente durante las últimas décadas, principalmente debido al aumento de las prevalencias de otras enfermedades como la diabetes mellitus y de la hipertensión arterial (HTA).

El trasplante renal constituye el tratamiento de elección en muchos pacientes con ESRD, ya que es costo-efectivo en comparación con la

diálisis [2-6], ofrece una mayor supervivencia a largo plazo [2,7,9] y una mayor calidad de vida [2,9]. Sin embargo, y pese a los esfuerzos de los profesionales del sector en la búsqueda de nuevas fuentes de órganos (ejemplos: donante vivo, donación en asistolia...), existe un gran desequilibrio entre la oferta y la demanda de órganos [2,4,10]. Por este motivo, es fundamental que cada riñón trasplantado sea optimizado al máximo para conseguir una mayor supervivencia a largo plazo tanto del paciente como del injerto.

Durante las dos últimas décadas, la aparición de nuevos fármacos inmunosupresores más potentes ha permitido una mejor modulación de la respuesta inmune del huésped, reduciendo así la prevalencia del rechazo agudo, principal causa de pérdida prematura del injerto [2,11,12]. Por

este motivo, otras causas como la recurrencia de la enfermedad primaria [2,13,14], las infecciones [2,15,16], las complicaciones urológicas [2,17,18] y vasculares (fístula arteriovenosa, trombosis, pseudoaneurismas, estenosis de la arteria renal del injerto o estenosis de la arteria iliaca) han adquirido mayor relevancia [1,2,19,20].

La estenosis de la arteria renal del injerto (TRAS) es la complicación vascular más frecuente y puede ocurrir desde días hasta años después del trasplante. Su prevalencia varía entre el 1-25% entre las diferentes series [21-24], principalmente debido a la falta de consenso en la definición de los criterios diagnósticos y que es frecuentemente infradiagnosticada. Es una causa mayor de pérdida de injerto renal y muerte prematura en pacientes trasplantados [24].

El objetivo de este trabajo es presentar la evolución clínica de dos pacientes con estenosis de la arteria del trasplante renal tratados mediante angioplastia percutánea con colocación de stent y realizar una revisión de la literatura existente sobre la TRAS.

Caso Clínico 1

Varón de 72 años con enfermedad renal crónica terminal secundaria a nefroangioesclerosis, hipertensión arterial y cardiopatía isquémica

crónica tratada mediante revascularización percutánea en 2015. En tratamiento con hemodiálisis desde 2015. En noviembre de 2017 recibió un trasplante renal de donante en asistolia controlada Maastrich III. Se trató de un riñón derecho con vena, arteria y uréter único, procedente de un donante de 67 años. Durante la intervención quirúrgica se realizó una anastomosis arterial termino-lateral a la arteria iliaca externa del receptor, sin incidencias intraoperatorias. La eco-doppler de control del primer día postoperatorio mostró un pedículo vascular permeable, una velocidad pico sistólica (VPS) en la anastomosis arterial de 400cm/s y un índice de resistencia de 0.42 (Fig. 1A), sugiriendo una estenosis severa de la anastomosis del injerto renal que fue confirmada mediante angiografía (Fig. 1B). Se decidió realizar una angioplastia con balón y colocación de un stent HercuLink 6 x 18mm, sin complicaciones inmediatas (Fig. 1C). Tras el procedimiento el paciente presentó una mejoría progresiva de la función renal, manteniendo un buen ritmo de diuresis. Ninguna otra complicación fue detectada durante el postoperatorio, por lo que el paciente fue dado de alta a los 9 días. A los 12 meses postrasplante, el paciente presentó un filtrado glomerular de 67 mL/min/1.73m².

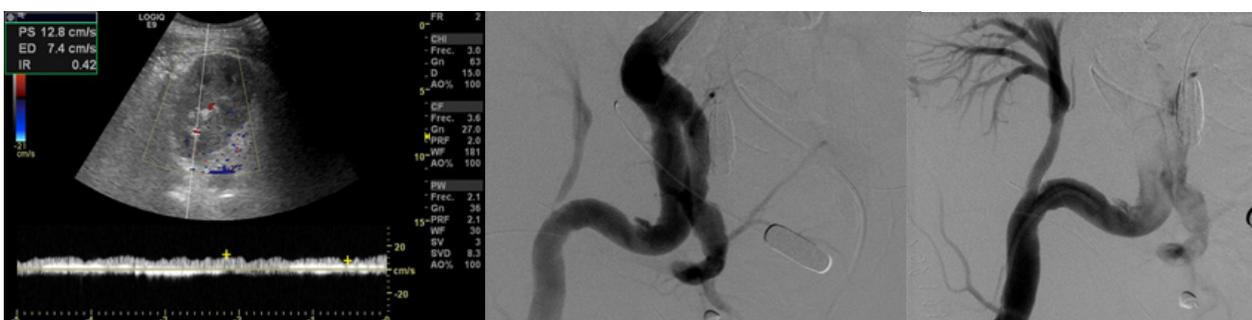


Figura 1A. Ecografía doppler que muestra una escasa perfusión del riñón trasplantado y un IR: 0.42, sugiriendo la presencia de una estenosis de la anastomosis.

Figura 1B. La angiografía confirma el diagnóstico de estenosis de la anastomosis, destaca la escasa perfusión periférica del injerto.

Figura 1C. Aspecto angiográfico tras la angioplastia y colocación de stent. Se aprecia la recuperación de la perfusión periférica del injerto

Caso Clínico 2

Varón de 72 años con antecedentes de hipertensión arterial, diabetes mellitus no insulino dependiente, cardiopatía isquémica crónica con necesidad de revascularización percutánea con 2 stents en 2005 y enfermedad renal crónica estadio V secundaria a glomerulonefritis membranosa primaria desde noviembre 2009; tratado mediante hemodiálisis desde 2015. En febrero de 2018 recibió un trasplante renal de donante en muerte encefálica. Se trató de un riñón derecho con vena, arteria y uréter único, procedente de un donante de 62 años. La intervención quirúrgica se desarrolló siguiendo la técnica descrita anteriormente, sin incidencias intra-operatorias. Ante la ausencia de completa mejoría de la función renal en el postoperatorio inmediato se realizó una ecografía

doppler de control en el sexto día post-trasplante que objetivó la ausencia de diástole en el córtex renal, con un índice de resistencia de 1. Sin embargo, el pedículo vascular era permeable. Ante la sospecha clínica de estenosis de la arteria del trasplante renal, se solicitó un angio-TAC que objetivó la presencia de una estenosis de la arteria del injerto renal inmediatamente distal a la anastomosis arterial (Fig. 2A). Finalmente, se realizó una angioplastia con balón y colocación de un stent Herculink 6x18 mm, sin complicaciones inmediatas, con buen resultado morfológico (Fig. 2C). El paciente presentó una normalización progresiva de la función renal, pudiendo ser alta al 10º día postrasplante. El filtrado glomerular a los 12 meses fue de 60 mL/min/1.73m².

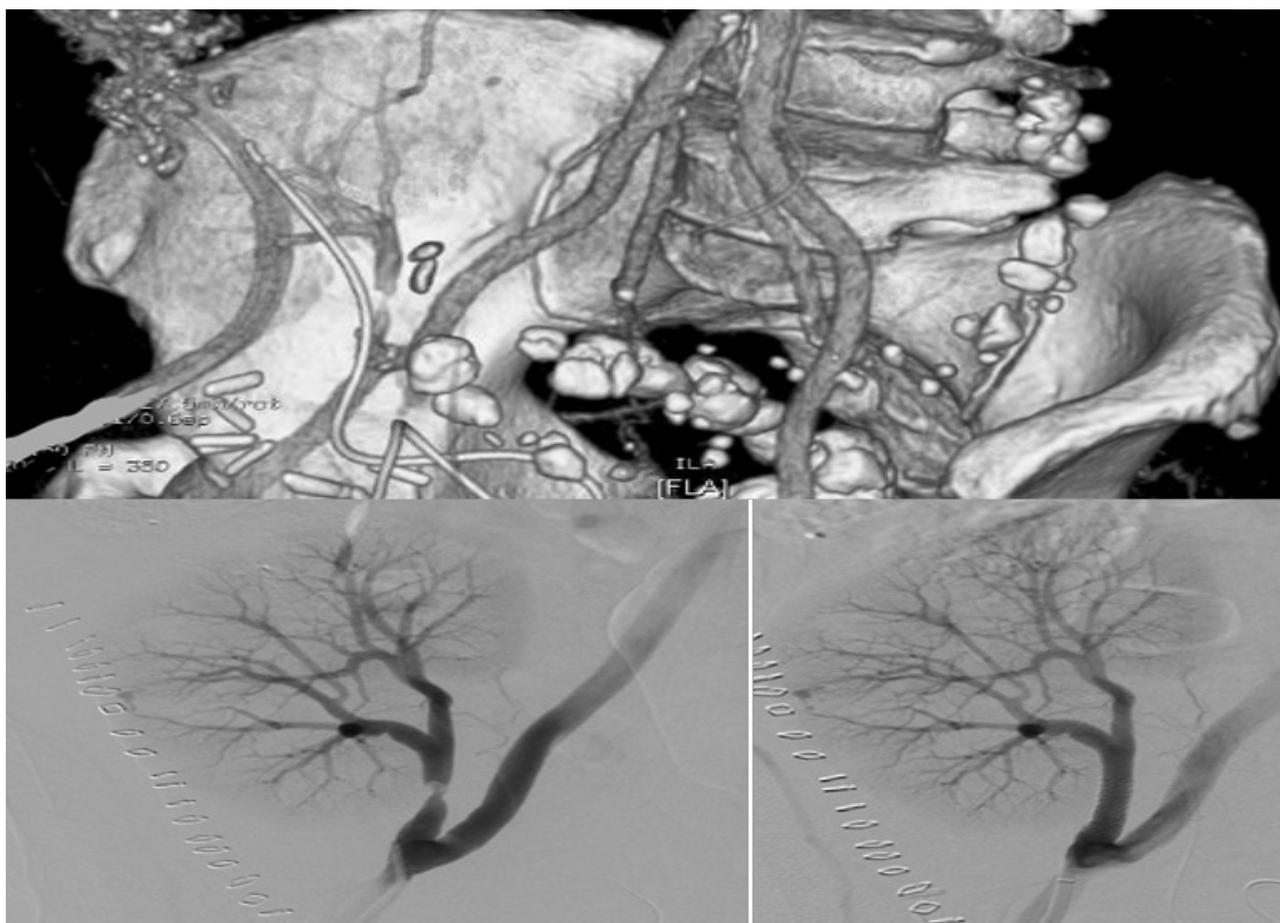


Figura 2A. Reconstrucción angiográfica del TAC. Las flechas señalan el punto de la estenosis de la arteria del injerto y destacan la ausencia de una adecuada perfusión arterial.

Figura 2B. Estenosis postanastomótica confirmada angiográficamente.

Figura 2C. Imagen de la arteria del trasplante renal tras la colocación del stent.

Discusión

La incidencia de la estenosis de la arteria del injerto renal varía entre el 1 y el 25% [21-24] probablemente por su infradiagnóstico, ya que el deterioro de la función renal se atribuye con mayor frecuencia al rechazo o infección [26-28]. Así mismo, existe variabilidad en el diagnóstico de TRAS, sin existir criterios bien definidos en la literatura [29].

Los factores de riesgo para el desarrollo de la misma están relacionados con la técnica quirúrgica (técnica de sutura, daño sobre la arteria ilíaca o arteria renal en el trasplante), ausencia de parche arterial, lesión de la íntima en el momento de la perfusión o ateromatosis a nivel de la anastomosis [21]. También deben ser considerados otros factores: edad avanzada de donante y receptor, criterios de donación extendidos, cardiopatía isquémica, anticuerpos específicos del donante, función retardada del injerto o infección por citomegalovirus [30].

La TRAS puede aparecer desde días a años tras el trasplante renal, siendo más frecuente a los 6 meses de la intervención [24]. La forma más común de presentación clínica es la hipertensión arterial refractaria a tratamiento médico, aunque también puede presentarse como un aumento de la creatinina sérica sin evidencia de hidronefrosis ni de infección urinaria o retención aguda de líquidos [1,2,22]. Se produce una activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), de forma similar a la que ocurre con la estenosis de la arteria renal bilateral o unilateral en pacientes monorrenos; con la consiguiente retención de sodio y agua, pudiendo desarrollar edema periférico, insuficiencia cardíaca congestiva o edema agudo de pulmón [25].

La arteriografía renal continúa siendo la prueba diagnóstica de elección en la TRAS. Pero se trata de una exploración invasiva pudiendo presentar complicaciones (fístulas arteriovenosas, pseudoaneurismas, hematomas, tromboembolismos), por lo que se reserva para aquellos pacientes con resultados inconcluyentes

en otras pruebas. Como prueba diagnóstica inicial ante la disfunción del injerto renal, la ecografía Doppler puede ser útil en el diagnóstico de TRAS, mostrando un tiempo de aceleración en la arteria donante de $\geq 0.1s$, un ratio entre la velocidad pico sistólica (VPS) entre la arteria donante y la arteria ilíaca externa >1.8 o una VPS $>200cm/s$ en la arteria donante; siendo este último el criterio más sensible para el diagnóstico de TRAS clínicamente significativa [31,32]. Sin embargo esta técnica es muy operador dependiente y pueden presentarse dificultades en la visualización de los vasos del injerto. En caso de dudas, también pueden ser consideradas otras pruebas de imagen, como el renograma, el TAC y la RMN.

Es muy importante determinar si se trata de una estenosis hemodinámicamente significativa. En general, las estenosis $>50\%$ son consideradas de riesgo para la pérdida de función renal [22]. Los pacientes con TRAS $<50\%$ y asintomáticos pueden ser tratados de forma conservadora, con un seguimiento estrecho con realización de ecografías Doppler seriadas y valoración de parámetros clínicos y analíticos por el posible riesgo de disfunción del injerto renal [2]. Los pacientes con TRAS $>50\%$ y/o con sintomatología asociada requieren tratamiento para prevenir la pérdida definitiva de función del injerto. Las opciones terapéuticas en este caso son: angioplastia (\pm stent) transluminal percutánea o reparación quirúrgica [33]. El manejo endovascular constituye la primera opción terapéutica en los pacientes con estenosis de la arteria renal, excepto en aquellos pacientes considerados no tributarios al mismo por trasplante reciente, estenosis largas y estrechas, estenosis múltiples o tras una angioplastia fallida previa. Dichos pacientes podrían beneficiarse del tratamiento quirúrgico [1,2,33].

Las guías clínicas de la European Association of Urology recomiendan la angioplastia (\pm stent) como primera opción terapéutica para los

pacientes con TRAS clínicamente significativa [34]. Sin embargo, la evidencia científica existente es contradictoria. No existen ensayos clínicos comparativos de los resultados de las diferentes estrategias terapéuticas, aunque revisiones sistemáticas retrospectivas favorecen el tratamiento endovascular [29,30].

Las series publicadas describen un éxito funcional y morfológico entre el 80-100% del tratamiento endovascular con angioplastia (\pm stent) [2,23,37-42]. Ngo et al. [29] realizaron una revisión sistemática de 32 estudios en los que se evaluaban los resultados de la angioplastia, objetivando un beneficio clínico entre el 65.5 i 94%. Entre los 28 estudios que evaluaron la función renal, la media de creatinina sérica se redujo 0.45 mg/dl a los 30 días y 0.82 mg/dl a los 6 meses del procedimiento. En los 11 estudios que se evaluó el eGFR mostraron una mejoría de 8.6 mL/min/ 1.73m² a los 3 meses del tratamiento endovascular. La literatura existente sugiere que la angioplastia con colocación de stent tiene un menor grado de reestenosis comparada con la angioplastia como único tratamiento. Esto podría deberse a una menor estenosis residual con la colocación de stent o al uso de terapia antiagregante o anticoagulante en este grupo [29-31]. Así mismo, las complicaciones entre estos dos procedimientos no difieren [30,31].

Sin embargo, existen estudios que muestran ausencia de beneficio clínico de la angioplastia como tratamiento de la TRAS [44,45] y otros, como el de Benoit et al.[43] que muestran mejores resultados con la reconstrucción quirúrgica (81.5 vs 40.8%). La heterogeneidad de los resultados puede deberse, en parte, a la falta de consenso en cuanto a la definición del éxito clínico, además de tratarse de series cortas y sin seguimiento a largo plazo. Cabe destacar también que se trata de técnicas muy “operador dependiente”, por lo que los resultados publicados pueden estar muy influidos por la experiencia de los profesionales que han realizado la técnica.

La angioplastia percutánea presenta una tasa de complicaciones de 0-10%, incluyendo

hematomas, aneurismas, disección de la íntima arterial, recurrencia de la estenosis y pérdida del injerto [33]. Por otro lado, la reconstrucción quirúrgica es considerada una opción más invasiva y su tasa de complicaciones varía entre 0-12%, incluyendo pérdida del injerto, lesión ureteral, recurrencia de la estenosis e incluso con varios casos de muerte registrados [46]. En nuestros dos casos la angioplastia con implantación de stent resultó exitosa y sin complicaciones permitiendo una mejoría de la función renal hasta niveles dentro de la normalidad, que se mantienen tras 14 meses de seguimiento.

Conclusión

La angioplastia con balón y colocación de stent en la estenosis de la arteria renal en el trasplante es una técnica segura y efectiva. Sin embargo, es necesaria una elevada experiencia para disminuir el número de complicaciones y optimizar los resultados de dicha técnica.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no tienen ningún conflicto de intereses sobre este estudio. No se proporcionaron fondos para esta investigación.

Bibliografía

1. Seratnaehaei A., Shah A., Bodiwala K., et al. Management of transplant renal artery stenosis. *Angiology*. 2011; 62 (3): 219-224.
2. Ghazanfar A., Tavakoli A., Augustine T., et al. Management of transplant renal artery stenosis and its impact on long term allograft survival: a single centre experience. *Nephron Dial Transplant*. 2011; 26: 336-343.
3. Ardine de Wit G, Ramsteijn P, De Charro F. Economic evaluation of end-stage renal disease treatment. *Health Policy*. 1998; 44: 215–232 2.
4. Collett D. On behalf of the Statistics and Audit Department. UK transplant activity report 2005–2006. 2007;12–20.
5. Cogne-van Weydevelt F, Ngohou C, Pontefract R et al. Hemodialysis and transplantation cost-effectiveness analysis. *Transplant Proc*. 1996; 28: 2838.

6. Kaminota M. Cost-effectiveness analysis of dialysis and kidney transplants in Japan. *Keio J Med.* 2001; 50: 100–108.
7. Rabbat CG, Thorpe KE, Russell JD et al. Comparison of mortality risk for dialysis patients and cadaveric first renal transplant recipients in Ontario, Canada. *J Am Soc Nephrol.* 2000; 11: 917–922.
8. Port FK, Wolfe RA, Mauger EA et al. Comparison of survival probabilities for dialysis patients vs cadaveric renal transplant recipients. *JAMA.* 1993; 270: 1339–1343.
9. Pietrabissa A, Ciaramella A, Carmellini M et al. Effect of kidney transplantation on quality of life measures. *Transpl Int.* 1992; 5: 708–710.
10. Ravanan R, Udayaraj U, Steenkamp R et al. UK Renal Registry 11th Annual Report (December 2008). Chapter 5. Demographics and biochemistry profile of kidney transplant recipients in the UK in 2007: national and centre-specific analyses. *Nephron Clin Pract.* 2009; 111: 69–96.
11. Hariharan S, Johnson C, Bresnahan BA et al. Improved graft survival after renal transplantation in the United States, 1988 to 1996. *N Engl J Med.* 2000; 342: 605–612.
12. Gentil Govantes MA, Rodriguez-Benot A, Sola E et al. Trends in kidney transplantation outcome: the Andalusian kidney transplant registry, 1984–2007. *Transplant Proc.* 2009; 41: 1583–1585.
13. Tang Z, Ji SM, Chen DR et al. Recurrent or de novo IgA nephropathy with crescent formation after renal transplantation. *Ren Fail.* 2008; 30: 611–616.
14. Joshi K, Nada R, Minz M et al. Recurrent glomerulopathy in the renal allograft. *Transplant Proc.* 2007; 39: 734–736.
15. Nampoory MR, Johny KV, Costandy JN et al. Infection related renal impairment: a major cause of acute allograft dysfunction. *Exp Clin Transplant.* 2003; 1: 60–64.
16. Hayat A, Mukhopadhyay R, Radhika S et al. Adverse impact of pretransplant polyoma virus infection on renal allograft function. *Nephrology (Carlton).* 2008; 13: 157–163.
17. Neri F, Tsivian M, Coccolini F et al. Urological complications after kidney transplantation: experience of more than 1,000 transplantations. *Transplant Proc* 2009; 41: 1224–1226.
18. Dinckan A, Tekin A, Turkyilmaz S et al. Early and late urological complications corrected surgically following renal transplantation. *Transpl Int* 2007; 20: 702–707.
19. Dimitroulis D, Bokos J, Zavos G et al. Vascular complications in renal transplantation: a single-center experience in 1367 renal transplantations and review of the literature. *Transplant Proc* 2009; 41: 1609–1614.
20. Osman Y, Shokeir A, Ali-el-Dein B et al. Vascular complications after live donor renal transplantation: study of risk factors and effects on graft and patient survival. *J Urol* 2003; 169: 859–862.
21. Koukoulaki M., Brountzos E., Loukopoulos I, et al. Successful endovascular treatment of transplant stenosis in renal transplant recipients: Two case reports. *World J Transplant.* 2015; 5(2): 68-72.
22. Fervenza FC, Lafayette RA, Alfrey EJ et al. Renal artery stenosis in kidney transplants. *Am J Kidney Dis* 1998; 31: 142–148 21.
23. Patel NH, Jindal RM, Wilkin T et al. Renal arterial stenosis in renal allografts: retrospective study of predisposing factors and outcome after percutaneous transluminal angioplasty. *Radiology.* 2001; 219: 663–667.
24. Hurst FP, Abbott KC, Neff RT et al. Incidence, predictors and outcomes of transplant renal artery stenosis after kidney transplantation: analysis of USRDS. *Am J Nephrol.* 2009; 30: 459–467.
25. Messerli FH, Bangalore S, Makani H et al. Flash pulmonary oedema and bilateral renal arterystenosis: the Pickering syndrome. *Eur Heart J.* 2011; 32:2231–2235.
26. Vathsala A. Preventing renal transplant failure. *Ann Acad Med Singapore* 2005; 34: 36–43
27. Nankivell BJ, Borrows RJ, Fung CL et al. The natural history of chronic allograft nephropathy. *N Engl J Med* 2003; 349: 2326–2333.
28. Goldfarb DA. The natural history of chronic allograft nephropathy. *J Urol.* 2005; 173: 2016.

29. Ngo AT, Markar SR, De Lijster MS, Duncan N, Taube D, Hamady MS. A Systematic Review of Outcomes Following Percutaneous Transluminal Angioplasty and Stenting in the Treatment of Transplant Renal Artery Stenosis. *CardiovascIntervent Radiol*. 2015; 38(6): 1573.
30. Chen LX, De Mattos A, Bang H, et al. Angioplasty vs stent in the treatment of transplant renal artery stenosis. *Clin Transplant* 2018; 32: e13217.
31. Leertouwer TC, Gussenhoven EJ, Bosch JL, Jaarsveld BCv, Dijk LCv, Deinum J, et al. Stent Placement for Renal Arterial Stenosis: Where Do We Stand? A Meta-analysis. *Radiology*. 2000; 216: 78.
32. de Morais RH, Muglia VF, Mamere AE et al. Duplex Doppler sonography of transplant renal artery stenosis. *J Clin Ultrasound*. 2003; 31:135–141.
33. O’neill WC, Baumgarten DA. Ultrasonography in renal transplantation. *Am J Kidney Dis*. 2002; 39: 663-678.
34. Wang L., Liu B., Yan J., et al. Interventional therapy for transplant renal artery stenosis is safe and effective in preserving allograft function and improving hypertension. *Vascular and Endovascular surgery*. 2017; 51 (1): 4-11.
35. Breda A., Budde K., Figueiredo A., et al. EAU guidelines on renal transplantation. <http://uroweb.org/wp-content/uploads/EAU-Guidelines-on-Renal-Transplantation-2018-large-text.pdf>. Last accessed: 29/04/2018.
36. Patil AB., Ramesh D., Desai SC., et al. Transplant renal artery stenosis: the impact of endovascular management and their outcomes. *Indian Journal of Urology*. 2016; 32 (4): 288-292.
37. Greenstein SM., Verstanding A., McLean GK., et al. Percutaneous transluminal angioplasty. The procedure of choice in the hypertensive renal allograft recipient with renal artery stenosis. *Transplantation*. 1987; 43: 29-32.
38. Audard V, Matignon M, Hemery F, Snanoudj R, Desgranges P, Anglade MC, et al. Risk factors and long-term outcome of transplant renal artery stenosis in adult recipients after treatment by percutaneous transluminal angioplasty. *Am J Transplant*. 2006;6:95-9.
39. Becker BN, Odorico JS, Becker YT, Leveson G, McDermott JC, Grist T, et al. Peripheral vascular disease and renal transplant artery stenosis: a reappraisal of transplant renovascular disease. *Clin Transplant*. 1999; 13:349-55.
40. Salsamendi J, Pereira K, Baker R, Bhatia SS, Narayana G. Successful technical and clinical outcome using a second generation balloon expandable coronary stent for transplant renal artery stenosis: our experience. *J Radiol Case Rep*. 2015; 9:9-17.
41. Sankari BR, Geisinger M, Zelch M, Brouhard B, Cunningham R, Novick AC. Post-transplant renal artery stenosis: impact of therapy on long-term kidney function and blood pressure control. *J Urol*. 1996;155:1860-4.
42. Valle LGM, Cavalcante RN, Motta-Leal-Filho JM, et al. Evaluation of the efficacy and safety of endovascular management for transplant renal artery stenosis. *Clinics*. 2017; 72(12): 773–779.
43. Benoit G., Moukarzel M., Hiesse C., et al. Transplant renal artery stenosis: experience and comparative results between surgery and angioplasty. *Transpl Int*. 1990; 3 (3): 137-140.
44. Zupunski A., Buturovic-Ponikvar J. Duplex-Doppler long-term follow up of renal transplant artery stenosis: case controlled study. *Ther Apher Dial*. 2005; 9 (3): 265-269.
45. Geddes CC., McManus SK., Koteeswaran S., et al. Long term outcome of transplant renal artery stenosis managed conservatively or by radiological intervention. *Clin Transplant*. 2008; 22 (5): 572-578.
46. Bruno S., Remuzzi G., Ruggneti P. Transplant renal artery stenosis. *J Am Soc Nephrol*. 2004; 15 (1): 134-141.