

신장이식 환자에게 시행한 신장 조직검사 후 발생한 동정맥루 및 이식신 동맥 협착증의 악화에 따른 급성 신부전 1예

김원목 기념 봉생병원 내과¹, 고신대학교 의과대학 복음병원 내과학교실², 영상의학교실³

이진호¹ · 이희룡¹ · 최승호¹ · 정 필¹ · 오준석¹ · 김성민¹ · 신용훈¹ · 정연순² · 정규식³ · 김중경¹

Acute Renal Failure in a Renal Allograft Recipient Caused by a Post-Biopsy Renal Arteriovenous Fistula with Transplant Renal Artery Stenosis

Jin-Ho Lee, M.D.¹, Hee-Ryong Lee, M.D.¹, Seung-Ho Choi, M.D.¹, Peel Jung, M.D.¹, Joon-Seok Oh, M.D.¹, Seung-Min Kim, M.D.¹, Yong-Hun Sin, M.D.¹, Yeon-Soon Jung, Ph.D.², Gyoo-Sik Jung, Ph.D.³ and Joong-Kyung Kim, M.D.¹

Department of Internal Medicine, Bong Seng Memorial Hospital¹, Departments of Internal Medicine², Radiology³, Kosin University Gospel Hospital, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Renal biopsy is an essential diagnostic tool for detecting acute and chronic kidney rejection as well as recurrent and *de novo* nephropathies in renal allograft recipients. However, a well-known complication of percutaneous renal biopsy is arteriovenous fistula (AVF). Most post-biopsy AVFs are asymptomatic and regress spontaneously but some AVFs result in hypertension, hematuria, and renal insufficiency. Whether post-biopsy AVF superimposed on transplant renal artery stenosis (TRAS) also regresses spontaneously is unknown. We present a case of acute renal insufficiency in a 51-year-old female renal allograft recipient with post-biopsy AVF and TRAS. Percutaneous angioplasty with stent implantation was performed for the TRAS and transcatheter arterial coil embolization therapy applied for AVF. The patient's renal function returned to baseline levels and is currently being followed up for 6 months.

Key Words: Renal biopsy of the transplanted kidney, Arteriovenous fistula, Transplant renal artery stenosis, Acute renal failure
중심 단어: 이식신 생검, 동정맥루, 이식신 동맥 협착, 급성 신부전

서 론

신장이식 후 시행하는 조직검사는 급성 또는 만성 이식신기능 이상을 진단하는 필수적인 검사이다(1-3). 이식신 조직검사는 보편화되고 시행이 용이한 검사이지만, 시술 후에 합병증이 존재할 수 있다(4-6). 이식신 조직검사 합병증의 빈도는 낮은 것으로 알려져 있지만, 신기능을 저하시키고 특이 치료를 필요로 하는 합병증 중 하나가 동정맥루이다. 조직검사 후 발생한 동정맥루는 대부분 증상이 없으며 별다른 처치가 없이 저절로 호전되지만,

일부에서는 고혈압, 혈뇨, 신장기능 저하를 일으키기도 하여(7,8), 국소적인 색전술이나 수술적인 치료를 요하기도 한다.

그러나, 선행된 이식신 동맥협착에 동정맥루가 병발하였을 경우 그 경과를 명확하게 알려져 있지 않다. 이에 저자들은 이식신기능 저하로 시행한 이식신 조직검사 후 발생한 동정맥루 및 이식신 동맥협착증의 악화에 따른 급성 신부전의 증재적 시술 치료 1예를 보고하고자 한다.

증 례

환자: 박OO, 51세, 여자
주소: 혈중 크레아티닌 상승
병력: 2011년 6월 내원 당시에 반복적인 요로 결석증에 의한 말기 신부전 진단받고, 7월 7일 여동생으로부터

책임저자 : 김중경, 부산시 동구 중앙대로 401
김원목 기념 봉생병원 내과, 601-723
Tel: 051-664-4220, Fax: 051-664-4229
E-mail: kidney119@hotmail.com
접수일 : 2012년 9월 11일, 심사일 : 2012년 11월 26일
게재승인일 : 2012년 11월 27일

이식신 공여 받아 생체 신장이식을 시행하여 평소 혈중 크레아티닌 1.0 mg/dL로 정상적인 신기능을 유지하던 중, 5개월 후 정기검사에서 시행한 크레아티닌 검사상 1.9 mg/dL로 측정되어 진단 및 치료를 위해 입원하였다.

과거력: 신이식 전 요로 결석 및 신장 결석으로 인한 3차례 체외 충격파 쇄석술 치료의 병력이 있었다.

진찰소견: 환자는 특이 증상을 호소하지 않았고, 활력 징후는 내원 전 혈압 126/76 mmHg에서 내원 후 140/90 mmHg로 증가하였고, 맥박 70회/분, 체온 36.5°C였으며, 흉부 청진상 폐음은 정상이며 심박동도 규칙적이고 심잡음은 청진되지 않았다. 복부검사상 이식신의 압통이나 부종 소견은 없었고, 양측 하지에 함요 부종도 관찰되지 않았다.

검사소견: 내원 당시 혈색소 10.21 g/dL, 헤마토크릿 32.6%, 백혈구 6,700/mm³, 혈소판 200,000/mm³였고, 화학검사상 칼슘 9.1 mg/dL, 인 3.9 mg/dL, 혈청 요소 21.2 mg/dL, 크레아티닌 1.9 mg/dL, 혈청 나트륨 149 mEq/L, 칼륨 4.9 mEq/L, 알부민 4.3 g/dL로 측정되었다. 요검사상 요단백(-), 요당(-), 요단백/크레아티닌 비 0.20, FeNa 0.8% 소견 보였다. Tacrolimus의 정상 하한치(trough level)는 6.8 ng/mL였고, panel-reactive antibody class I, class II는 각각 7%, 0%로 측정되며, cytomegalovirus, BK virus, Epstein-Barr virus 등의 감염의 증거도 관찰되지 않았다.

치료 및 경과: 3일간 수액 치료하고 경과 관찰하면서 혈청 요소 및 크레아티닌 수치를 확인하였으나 정상치까지 회복되지 않아, 입원 4일차에 경피적 이식신 조직검사를 시행하였다. 조직검사 직전 시행한 이식신 초음파 영

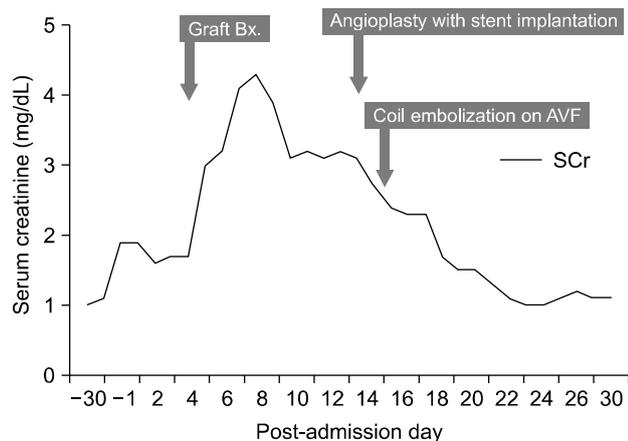


Fig. 1. Clinical course: percutaneous balloon angioplasty with stent implantation for the transplant renal artery stenosis, transcatheter arterial coil embolization therapy for arteriovenous fistula (AVF). Abbreviations: Bx., biopsy; SCr, serum creatinine.

상에서 해부학적인 이상은 보이지 않았으며, 동위원소 검사상에서도 특이 소견은 관찰되지 않았다. 조직검사 후 24시간이 경과한 후에 시행한 혈액검사상 혈청 요소 25.5 mg/dL, 크레아티닌 3.0 mg/dL로 증가하였고, 요검사상에서 적혈구 5~10/high power field (HPF)로 증가하였으나 육안적 혈뇨는 보이지 않았다(Fig. 1). 조직검사 이후에 시행한 초음파검사에서 이식신의 하부에 동정맥루 소견을 보였으나, 크기가 작아 경과 관찰하였다. 환자는 tacrolimus-mycophenolate mofetil-prednisolone 3자 요법을 유지하고 있었으며, 조직검사 3일 후 tacrolimus trough level은 13.2 ng/mL까지 증가하였다. 이식신장 조직검사 결과는 광학현미경 및 면역 형광 현미경 소견에서 정상적인 이식신 소견을 보였다. 조직검사 3일 후에 혈청 요소 56.8 mg/dL, 크레아티닌 4.1 mg/dL로 더욱 상승하고, 소변 내 적혈구는 many/HPF 소견 보이며, 소변량이 600 mL/day로 감소하였다. 초음파검사상 수신증의 증거는 없으나 동위원소 검사상 배설이 다소 지연되는 소견이 관찰되어, 방광경을 통한 요관 내 double J 카테터 삽입술 시행한 후 혈청 요소 및 크레아티닌은 다소 감소하였으나, 지속적으로 크레아티닌 2~3 mg/dL 소견을 보였고, 소변량은 800~1,400 mL/day를 유지하였다. 이식신 조직검사 7일 후 초음파검사에서는 동정맥루의 크기가 증가한 소견을 보이고(Fig. 2), 동정맥루가 없는 이식신 부위의 혈류가 크게 감소된 소견을 확인하여 시행한 전산화단층촬영(computed tomography, CT)을 통한 이식신 혈관 조영검사상 동정맥루와 함께 이식신 동맥과 환자의 우측 내부 장골 동맥문합 부위에 80% 이상의 협착을 보이는 이식신 동맥협착이 관찰되었다(Fig. 3). 이후 선택적 신혈관 조영술을 시행하여 이식신의 하부 신생검 부위에 동정맥루를 확인하였고, 동정맥루 부위에 plati-

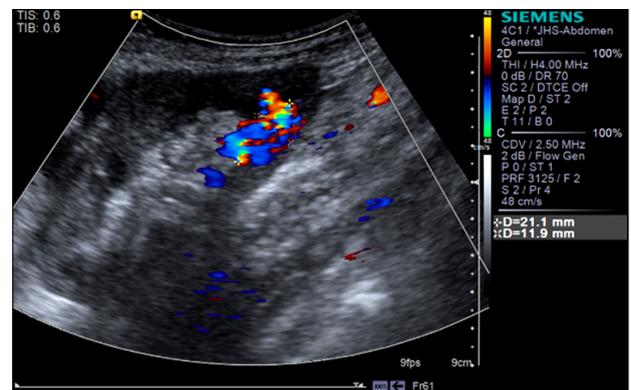


Fig. 2. Doppler ultrasound shows turbulent flow in a cystic mass, 2.1×1.2 cm sized (arteriovenous fistula at lower pole of graft kidney).



Fig. 3. Renal angio 3-dimensional computed tomography findings shows severe stenosis at anastomosis site of transplanted renal artery and right internal iliac artery (black arrow) and renal arteriovenous fistula in the lower pole of graft kidney (white arrow).

num coil을 이용하여 전색을 유도하면서(Fig. 4), 이와 함께 이식신 동맥협착 부위에 경피적 경혈관 신동맥 풍선확장술을 시행하였다. 하지만 검사 이후에 혈청 요소 및 크레아티닌, 소변 내 적혈구 양이 정상화되지 않고 도플러 초음파상에도 동정맥루 부위로 지속적인 혈류가 관찰되어 2일 뒤에 신혈관 조영술을 재시행하여, 동정맥루에 gelfoam을 통한 전색을 유도하면서, 이식신 동맥협착 부위에 스텐트를 사용하여 신동맥 성형술을 시행하였다(Fig. 5). 시술이 성공적으로 시행되고 4일 후에 혈청 요소 및 크레아티닌은 정상 범위로 회복하였다. 혈압도 정상화되어 내원 초기에 사용하던 항 고혈압제는 중단하였다. 그 이후 환자는 6개월 이상의 추적 기간에도 혈청 요소 19.6 mg/dL, 크레아티닌 1.1 mg/dL으로 안정적인 이식신 기능을 유지하고 있다.

고 찰

경피적 신장 조직검사 후에 발생하는 합병증은 드물지만 여러 가지 양상을 보일 수 있다. 대부분은 육안적 또는 현미경적 혈뇨, 신 주위 혈종, 불충분한 조직 검체, 혈관이나 요관 등의 신장 주변 장기의 손상, 통증, 감염 또는 동정맥루이다(9).

이때 발생하는 동정맥루는 대부분 무증상으로 저절로 호전되기도 하지만, 증상을 나타내는 경우에는 혈뇨, 고혈압, 신부전의 양상을 띠게 된다(10). 신장 조직검사 후



Fig. 4. Renal angiogram findings shows selective coiling of the feeding artery of the arteriovenous fistula with a platinum coil (white arrow) and stenosis at anastomosis site of transplanted renal artery and right internal iliac artery (black arrow).



Fig. 5. Renal angiogram findings shows stent insertion at the transplant renal artery stenosis site with a normal blood flow (black arrow) and embolization of the feeding artery of the arteriovenous fistula with a platinum coil and gelfoam (white arrow).

동정맥루의 발생 빈도는 약 18% 정도이며, 후천적인 동정맥루 중 조직검사 후 발생한 합병증이 차지하는 경우가 40%이다(11).

최근에는 컬러 도플러 초음파로 조기에 진단이 가능하며, 선택적인 신동맥 조영술을 통해 확인할 수 있다. 컬러 도플러 초음파는 비침습적이고 안전한 방법으로, 신장 조직검사 후에 발생하는 혈관 합병증을 진단하고 추적 관찰할 수 있다(12). 동정맥루가 있는 병변은 빠른 속도의 혈류와 함께 동정맥루에서 섞이는 혈류로 인해 컬러 도플러 초음파상에 색이 섞여있는 것으로 진단할 수 있다. 무

증상의 신생검 후 시행한 신동맥 조영술에서 9~11%의 빈도로 동정맥루가 관찰되었고, 6개월까지 추적 관찰한 경우에 빈도는 12~18%로 증가하는 보고도 있다(13).

동정맥루는 인접한 동맥과 정맥의 벽이 동시에 손상을 입게 되어, 압력이 높은 동맥혈이 정맥 내로 단락을 이루면서 생기게 된다. 증상이 발생한 동정맥루로 단락을 이루면 신장 실질로 가는 혈류량이 감소하여 신 허혈을 일으키고 이는 여과율의 감소로 이어져 레닌이 증가하여 고혈압과 신기능 부전이 발생한다.

신장 조직검사 후 발생하는 동정맥루의 치료는 대부분 경과 관찰이지만, 고혈압이 있는 환자나 신경화중, 신간질의 섬유화가 있는 경우에는 자연적인 폐쇄가 잘 일어나지 않고(14), 동맥색전이나 수술적인 결찰이 필요한 경우도 있다. 크기가 작거나(<1.8 cm) 무증상인 경우는 경과 관찰할 수 있으나, 향후 크기가 커지거나 증상을 나타낼 수 있어 병변이 있는 경우 생검 3개월 후, 6개월 후에 컬러 도플러 초음파를 재시행하여야 한다(15). 만약 동정맥루의 크기가 크거나, 고혈압, 혈뇨, 신부전의 증상이 있는 경우에는 선택적인 카테터 동맥 색전술을 시행한다(16-19). 동정맥루의 치료를 위해 주로 gelfoam, 스테인레스 스틸 또는 platinum coil을 사용할 수 있고, 동정맥루에서 혈류를 공급받는 정상적인 신실질에만 선택적인 색전술을 시행한다. 예측되는 신장 실질 조직의 손상은 대부분 0~30% 범위를 보이며, 이후에는 회복이 가능하다. 색전술이 실패하거나, 시술 후에 발생하는 대량 출혈 시에 수술적인 결찰술이 추가적으로 필요할 수 있다.

이와는 별도로, 이식신 동맥 협착은 신장 이식 후에 드물게 생기는 합병증이다(20,21). 하지만 이식 후에 환자가 심각한 고혈압이나 신기능의 부전이 있는 경우에는 반드시 고려해야 한다. 또한 이식신 동맥협착이 있는 경우는 협착이 없는 경우에 비해 이식신의 생존율이 감소할 수 있다(22).

이식신 동맥협착의 원인으로는 수술의 기술적인 문제나 이식신의 상태, 면역학적 원인이나 cytomegalovirus (CMV) 감염 등을 생각할 수 있다(23,24). 이식신 동맥의 내막이 손상되면 혈관이나 장기에 문합한 후에 과도한 장력이 생기게 되며 혈관 클램프는 이식신 동맥의 내피세포에 손상을 입히고, 부적절한 문합은 문합선의 협착을 일으킨다. 수술 직후에 동맥 꼬임이 발생할 수 있는데, 이식신의 동맥이 정맥보다 긴 경우에 발생할 수 있다. 또한 단측 문합술이 단단 문합술에 비해, 공여자의 신동맥과 수여자의 장골동맥 간의 접합부위가 더욱 예각을 이루어 혈류의 와류가 발생하기 때문에 이식신 신동맥협착이 잘 발생하는 것으로 알려져 있다(25). 하지만 일부 연

구에서는 두 문합술 간의 차이가 없는 것으로 나타났다(26). 생체이식에 비해 사체이식에서 이식신 동맥협착이 더 빈번한 것으로 보고된다. 이는 사체이식에서 냉허혈 시간이 길어지고, 지속적인 관류액의 주입으로 인하여 이식신 동맥의 내피세포 손상을 일으키기 때문이다(24). Wong 등(22)은 신장이식 후 발생하는 급성 거부반응과 이식신 동맥협착은 중요한 연관성을 보이는 것으로 보고하기도 하며, 특히 급성 세포성 거부반응에서 대조군과 비교하여 높은 이식신 동맥협착의 빈도를 보인다고 한다. 이는 거부반응과 관련한 염증 반응을 통해 신혈관이 협착하는 것으로 설명할 수 있다(22). 또한 CMV 감염은 이식신 신동맥협착과 연관이 있고, 바이러스 자체나 바이러스에 의해 발생하는 부산물에 의해 신혈관이 손상되기 때문이다(27).

CT angiography, magnetic resonance angiography, 도플러 초음파 등의 비침습적인 진단 방법이 이식신 동맥협착을 찾기 위해 사용되고 있으며, 비침습적이며 조영제를 사용할 필요가 없는 도플러 초음파가 초기 진단법으로 사용되고 있다. 하지만 초음파를 시행하는 시술자의 경험에 따라 진단율이 달라지기 때문에, 신장동맥 조영술이 확진하는 방법이다(28).

이식신 동맥협착은 경혈관 신동맥 혈관 성형술이나 수술적인 치료를 할 수 있다(29-32). 하지만, 향후 혈관 수술이 필요할 가능성이 있고, 이식신 소실이나 요관 손상, 수술로 인한 위험성이 존재하여 경혈관 신동맥 혈관 성형술을 일차 치료로 시행한다. 신동맥 혈관 성형술의 성공률은 60~90%를 보이며, 재발은 흔하지 않다(24).

본 증례에서는 선행되어 있는 이식신 동맥협착증에도 불구하고, 신기능 부전을 일으키지 않는 정도의 사구체 여과율이 신장 자체의 보상 기전에 의해 유지되고 있는 중, 신장 조직검사로 인한 이차적인 동정맥루가 발생하여 급격하게 이식신 기능을 떨어뜨리는 경우를 보고하는 것이다. 이식신 동맥협착이 있는 경우 rennin-angiotension 계는 활성화되고 angiotension II는 환자의 혈압을 증가시키고, 사구체의 수출 세동맥을 수축시켜 일정기간 사구체 여과율을 유지하게 된다(33). 본 환자의 경우에도 내원 시 고혈압증 발생 및 낮은 FeNa를 관찰할 수 있었다. 환자의 불안정한 사구체 여과율은 동정맥루 발생에 따른 효과적인 신장 혈류의 추가적인 감소를 야기하였고, 이는 요량 감소, 크레아티닌의 급격한 증가, 고질소혈증으로 이어졌다.

저자들은 본 증례의 경우와 같이 이식신 동맥협착이 이미 존재하고 그 이후에 발생한 동정맥루의 경우는 자연적인 치유를 기대하기 힘들다고 생각하고, 신동맥 혈관

성형술 및 스텐트 삽입술과 동정맥루 색전술을 동시에 시행하였다. 수술 후 4일째 환자의 혈압 및 혈청 크레아티닌도 정상화됨을 확인할 수 있었다.

결론적으로 이식신 조직검사 후 발생한 이식신 기능의 급격한 저하는 통상적인 동정맥루의 발생뿐만 아니라 이미 존재할 수 있는 신동맥협착증도 아울러 의심해 보아야 한다. 이에 저자들은 상기의 두 병변이 병합 발생하여 신기능이 저하된 환자에게 있어 중재적 시술로써 두 병변을 동시에 치료를 하고 회복된 이식신 기능 1예를 보고한다.

REFERENCES

- Rush DN, Henry SF, Jeffery JR, Schroeder TJ, Gough J. Histological findings in early routine biopsies of stable renal allograft recipients. *Transplantation* 1994;57:208-11.
- Ferreira LC, Karras A, Martinez F, Thervet E, Legendre C. Complications of protocol renal biopsy. *Transplantation* 2004;77:1475-6.
- Kee TY, Chapman JR, O'Connell PJ, Fung CL, Allen RD, Kable K, et al. Treatment of subclinical rejection diagnosed by protocol biopsy of kidney transplants. *Transplantation* 2006;82:36-42.
- Leiter E, Gribetz D, Cohen S. Arteriovenous fistula after percutaneous needle biopsy: surgical repair with preservation of renal function. *N Engl J Med* 1972;287:971-2.
- Riley JM. Renal arteriovenous fistula: a complication of percutaneous renal biopsy. *J Urol* 1965;93:333-5.
- Bennett AR, Wiener SN. Intrarenal arteriovenous fistula and aneurysm: a complication of percutaneous renal biopsy. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med* 1965;95:372-82.
- De Beukelaer MM, Schreiber MH, Dodge WF, Travis LB. Intrarenal arteriovenous fistulas following needle biopsy of the kidney. *J Pediatr* 1971;78:266-72.
- Smith GH Jr, Remmers AR Jr, Dickey BM, Sarles HE. Intrarenal arteriovenous fistula and systemic hypertension following percutaneous renal biopsy: report of a case. *Nephron* 1968;5:24-30.
- Hergesell O, Felten H, Andrassy K, Kühn K, Ritz E. Safety of ultrasound-guided percutaneous renal biopsy-retrospective analysis of 1090 consecutive cases. *Nephrol Dial Transplant* 1998;13:975-7.
- Alcázar R, de la Torre M, Peces R. Symptomatic intrarenal arteriovenous fistula detected 25 years after percutaneous renal biopsy. *Nephrol Dial Transplant* 1996;11:1346-8.
- Morse SS, Sniderman KW, Strauss EB, Bia MJ. Postbiopsy renal allograft arteriovenous fistula: therapeutic embolization. *Urol Radiol* 1985;7:161-4.
- Morton MJ, Charboneau JW. Arteriovenous fistula after biopsy of renal transplant: detection and monitoring with color flow and duplex ultrasonography. *Mayo Clin Proc* 1989;64:531-4.
- Renowden SA, Blethyn J, Cochlin DL. Duplex and colour flow sonography in the diagnosis of post-biopsy arteriovenous fistulae in the transplant kidney. *Clin Radiol* 1992;45:233-7.
- Imray TJ, Cohen AJ, Hahn L. Renal arteriovenous fistula associated with fibromuscular dysplasia. *Urology* 1984;23:378-80.
- Hübsch P, Schurawitzki H, Traindl O, Karnel F. Renal allograft arteriovenous fistula due to needle biopsy with late onset of symptoms: diagnosis and treatment. *Nephron* 1991;59:482-5.
- Naraynsingh V, Harnarayan P, Hariharan S. A safe surgical approach to a giant intrarenal arteriovenous fistula and aneurysm. *Urol J* 2009;6:295-7.
- Wallace S, Swarten DE, Smith DC, Gerson LP, Davis LJ. Intrarenal arteriovenous fistulas: transcatheter steel coil occlusion. *J Urol* 1978;120:282-6.
- Ettore GC, Francioso G, Francavilla I, Di Giulio G, Vinci R, Esposito T, et al. Renal arteriovenous fistulas after renal biopsy: percutaneous embolization. *Radiol Med* 2000;100:357-62.
- Winkler J, Neuman-Levin M, Boner G. A successful treatment of an intrarenal arteriovenous fistula by percutaneous embolization. *JAMA* 1991;265:631-2.
- Hurst FP, Abbott KC, Neff RT, Elster EA, Falta EM, Lentine KL, et al. Incidence, predictors and outcomes of transplant renal artery stenosis after kidney transplantation: analysis of USRDS. *Am J Nephrol* 2009;30:459-67.
- Etemadi J, Rahbar K, Haghighi AN, Bagheri N, Falaknazi K, Ardalan MR, et al. Renal artery stenosis in kidney transplants: assessment of the risk factors. *Vasc Health Risk Manag* 2011;7:503-7.
- Wong W, Fynn SP, Higgins RM, Walters H, Evans S, Deane C, et al. Transplant renal artery stenosis in 77 patients: does it have an immunological cause? *Transplantation* 1996;61:215-9.
- Moresco KP, Patel NH, Namyslowski Y, Shah H, Johnson MS, Trerotola SO. Carbon dioxide angiography of the transplanted kidney: technical considerations and imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 1998;171:1271-6.
- Gray DW. Graft renal artery stenosis in the transplanted kidney. *Transplant Rev* 1994;8:15-21.
- Greenstein SM, Verstandig A, McLean GK, Dafoe DC, Burke DR, Meranze SG, et al. Percutaneous transluminal angioplasty: the procedure of choice in the hypertensive renal allograft recipient with renal artery stenosis. *Transplantation* 1987;43:29-32.
- Munda R, Alexander JW, Miller S, First MR, Fidler JP. Renal allograft artery stenosis. *Am J Surg* 1977;134:400-3.
- Ardalan MR, Shoja MM, Tubbs RS, Ghabili K. Transplant renal artery stenosis associated with acute cytomegalovirus infection: resolution following ganciclovir administration. *Ren Fail* 2009;31:982-4.

- 28) Bruno S, Remuzzi G, Ruggenti P. Transplant renal artery stenosis. *J Am Soc Nephrol* 2004;15:134-41.
- 29) Bessede T, Droupy S, Hammoudi Y, Bedretdinova D, Durrbach A, Charpentier B, et al. Surgical prevention and management of vascular complications of kidney transplantation. *Transpl Int* 2012;25:994-1001.
- 30) Su CH, Lian JD, Chang HR, Wu SW, Chen SC, Tsai CF, et al. Long-term outcomes of patients treated with primary stenting for transplant renal artery stenosis: a 10-year case cohort study. *World J Surg* 2012;36:222-8.
- 31) Sharma S, Potdar A, Kulkarni A. Percutaneous transluminal renal stenting for transplant renal artery stenosis. *Catheter Cardiovasc Interv* 2011;77:287-93.
- 32) Seratnaheci A, Shah A, Bodiwala K, Mukherjee D. Management of transplant renal artery stenosis. *Angiology* 2011;62:219-24.
- 33) Nishikimi T, Frohlich ED. Glomerular hemodynamics in aortocaval fistula rats: role of renin-angiotensin system. *Am J Physiol* 1993;264(4 Pt 2):R681-6.