

기능부전 및 폐쇄된 자가 동정맥루 인터벤션

Intervention of the Dysfunctional and Thrombosed Autogenous Vascular Access

김용재

순천향대학교 서울병원 영상의학과

Yong Jae Kim, M.D., Ph.D.

Department of Radiology, Soon Chun Hyang University, Seoul Hospital, Seoul, Korea

책임저자 주소: 140-743, 서울시 용산구 한남동 657번지

순천향대학교 서울병원 영상의학과

Tel: 02-709-9397, Fax: 02-795-3928

E-mail: intervention.kim@gmail.com

투고일자: 2010년 10월 30일, 심사일자: 2010년 11월14일, 게재확정일자: 2010년 12월 2일

Abstract

In South Korea at the end of 2006, the total number of patients that had undergone renal replacement therapy was 46,730 (hemodialysis: 62.1%, peritoneal dialysis: 17.1%, functioning kidney transplantation: 20.8%). There were 9,197 new renal replacement therapy patients in 2006 and the incidence rate per million 185.3. In South Korea, the most common primary cause of end stage renal disease was diabetic nephropathy (42.3%), hypertensive nephrosclerosis (16.9%), and chronic glomerulonephritis (13.0%). The National Kidney Foundation Dialysis Outcomes Quality Initiative (K/DOQI) has recommended placement of autogenous arteriovenous fistulas over alternatives including the use of arteriovenous grafts and central venous catheters to improve the overall outcome of patients undergoing hemodialysis. However, autogenous arteriovenous fistulas, like poly-

tetrafluoroethylene grafts, are also subject to dysfunction and eventual failure. Since first described in 1982, percutaneous transluminal balloon angioplasty has become the mainstay of treatment for accesses failing because of underlying central or peripheral venous stenoses. When angioplasty alone fails, alternative treatment modalities, including stent placement and atherectomy, allow immediate salvage in most cases. Consequently, interventional treatment should be attempted first for dysfunctional and thrombosed autogenous vascular access and should be initiated in all dialysis centers so long as the local radiologists are trained and enthusiastic.

Key Words: Autogenous arteriovenous fistula, Dysfunction, Thrombosis, Percutaneous transluminal balloon angioplasty

서론

2006년 현재 우리나라 신 대체 요법 환자(renal replacement therapy)는 총 46,730명(혈액투석: 62.1%, 복막투석: 17.1%)이며, 2006년 새로 발생한 신 대체 요법 환자는 9,197명이다.¹ 신 대체 요법의 원인으로는 당뇨병콩팥병증 42.3%, 고혈압콩팥병증 16.9%, 만성사구체신염 13.0% 등이다.¹ 혈액투석을 받는 만성신부전 환자에서 동정맥루의 기능 유지는 매우 중요한 문제다. 특히 새로 발병하는 만성 신부전 환자는 50대와 60대가 많고 원인질환으로 당뇨병콩팥병증이 많은데 고령이며 여러 가지 내과적인 질환을 가진 환자는 신장이식수술이나 복막투석이 적합하지 않기 때문에 혈액투석이 필수적이다.¹

혈액투석은 1960년대 Quinton 등이 도관을 이용한 방법을 제시하였고,² Brescia 등은 말초혈관에서 자가 피하동정맥루를 만들어 투석에 이용하였다.³ 그리고 1972년 Chinitz 등은 bovine graft를 이용한 동정맥루를 만들었다.⁴ The National Kidney Foundation Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (DOQI)에서는 상대적으로 낮은 합병증과 우수한 장기 개통률에 근거해 혈액투석을 위한 영구적 혈관접근 수술 시 인조혈관 보다는 자가 동정맥루를 우선적으로 권장하고 있다.⁵ 인조혈관 동정맥루보다는 우수하지만 자가 동정맥루에서도 결국엔 협착 및 폐쇄가 발생한다. 노동맥-노쪽피부정맥 동정맥루(radiocephalic arteriovenous fistula)에서는 문합부위 주변 3 cm 이내에, 위팔동맥-노쪽피부정맥 동정맥루(brachiocephalic arteriovenous fistula)에서는 노쪽피부정맥궁(cephalic arch) 협착이 가장 많이 발생한다.^{6,7}

동정맥루의 합병증이나 폐쇄를 줄이기 위해 적극적인 선별검사(screening test)와 조기 경피적치료가 중요하다.^{8,9} 경피적 풍선성형술(percutaneous angioplasty)은 1982년 처음 소개되었고,^{10,11} 현재는 기능부전 동정맥루의 주된 치료법이 되었다.

본 론

1. 진단적 셋길조영술(Diagnostic Fistulography)

DOQI 투석접근혈관 지침에서는 투석접근혈관의 폐쇄를 예방하기 위해 정기적인 검사를 하도록 유도하고 있다. 일주일에 한번씩 이학적검사를 시행하여 투석접근혈관에서 맥동(pulsatility)이 촉진되거나 정상적인 진음(thrill)이 느껴지지 않았을 때 셋길조영술을 시행하도록 권장하고 있다.¹²

본원에서는 일반적으로 스칼프베인세트(BD Korea Inc., Gyeongsangbukdo, Korea)를 사용하여 셋길조영술을 시행한다. 진단적 셋길조영술 시행 직후 풍선성형술 등 인터벤션 치료를 시행하기 위해선 바늘 천자 위치 및 방향이 중요하다. 정맥 유출로 협착이 의심된다면 앞방향(antegrade) 천자를, 동정맥 문합부 주위 협착이 의심된다면 협착 근위부에서 역방향(retrograde) 천자를 해야 한다. 혈류량이 많지 않아 천자가 어렵다면 압박띠(tourniquet)로 근위부를 압박한 후 천자를 하면 된다. 동정맥 문합부는 혼한 협착 부위이므로 천

자 근위부를 혈압기 가압대나 손으로 압박하여 조영제를 동맥쪽으로 역류시켜 확인해야 한다. 저자의 경험으로는 일반적인 환자는 손으로 압박하는 것만으로 조영제를 역류시킬 수 있으며 중심정맥협착으로 상지부종이 있거나 환자가 거대한 경우 혈압기 가압대(blood pressure cuff)를 사용하여 조영제를 역류시킬 수 있다(Fig. 1). 투석접근혈관이 미성숙(immature) 또는 깊은 곳에 위치하여 천자하기 어려울 때나 영양동맥(feeding artery)에 협착이 의심된다면 위팔동맥(brachial artery)을 천자하여 영양동맥부터 유출정맥까지 함께 검사할 수 있다.

Rajan 등이 94명의 노동맥-노쪽피부정맥 동정맥루와 57명의 위팔동맥-노쪽피부정맥 협착을 분석한 결과 노동맥-노쪽피부정맥 동정맥루에서는 동정맥 문합부 3 cm 이내의 노쪽피부정맥(64%), 팔꿈치 아래 노쪽피부정맥(20%) 순으로 협착이 흔하였으며, 위팔동맥-노쪽피부정맥 동정맥루에서는 노쪽피부정맥궁(30%), 노쪽피부정맥 유출부(24%), 동정맥 문합부 3 cm 이내의 노쪽피부정맥(22%) 순이었다.⁷ 본원에서 1997년부터 2006년까지 10년간 자가동정맥루 협착이 의심되 시행한 셋길조영술 1,624예를 분석한 결과 팔꿈치아래 노쪽피부정맥 협착(54%), 중심정맥협착(15%), 동맥 또는 동정맥 문합부 협착(10%), 팔꿈치위 노쪽피부정맥 협착

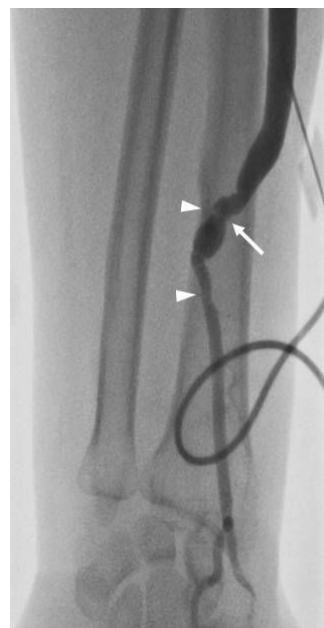


Fig. 1. Following suprasystolic inflation of a blood pressure cuff, fistulogram demonstrates reflux across the arteriovenous anastomosis, revealing a short high-grade stenosis (arrow) and radial artery (arrowheads).

(8%) 순이었다(Fig. 2).

2. 기능부전 자가 동정맥루의 인터벤션 치료

1) 시술방법

현재는 기능부전 동정맥루의 치료로 풍선성형술이 매우

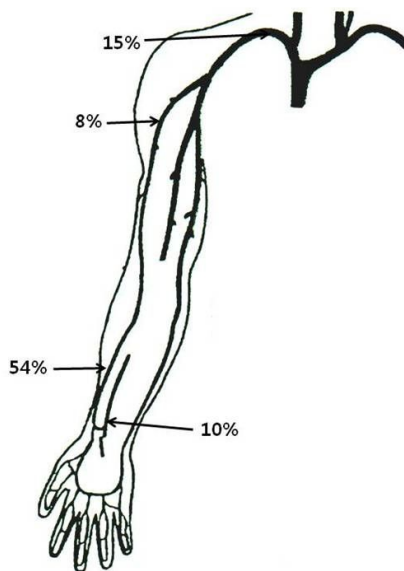


Fig. 2. Frequency of stenoses identified at first intervention.

널리 사용되고 있다. 또한 경피적 인터벤션의 엄격한 보고표준(reporting standard)도 마련되어 있다.¹³ 본원에서는 시술전 전치치(premedication)로 tramadol hydrochloride 50 mg과 chlorpheniramine maleate 2 mL를 근육주사한다. 진단적 색갈조영술을 시행했던 바늘 주위를 베타딘으로 소독한 후 천자주위를 리도케인으로 국소마취한다. 그 후 바늘을 유도철사를 이용하여 혈관 안내 도관집(vascular introducer sheath)으로 교체한다. 혈관 안내 도관집은 사용될 풍선카테터가 들어갈 수 있는 최소 크기를 사용하여 혈관손상을 최소화 한다. 본격적인 풍선성형술 전에 2,000-5,000 단위의 헤파린을 투여할 수도 있지만 혈전이 없는 경우 일반적이지 않다.^{10, 14, 15} 노동맥 협착이나 노동맥 문합부 주위 협착인 경우 4 mm 크기의 풍선을, 팔꿈치 아래 노쪽피부정맥 협착인 경우 5-8 mm 크기의 풍선을 일반적으로 사용한다. 문합부 주위 협착의 풍선성형술 시행시 동맥의 경련(spasm)이 발생할 수 있으므로 유도철사를 동맥에 위치 시킨 후 풍선성형술을 시행하는 것이 좋다(Fig. 3). 풍선확장 시간은 보통 20-30초 정도로 하며 탄성반동이 있거나 풍선성형술 후 혈관의 파열(rupture) 또는 박리(dissection)가 발생한 경우 2-3분까지 할 수 있다. 투석을 위한 자가 동정맥루에서는 협착부위에 섬유띠(fibrous band)가 있는 경우가 있다. 이 경우 풍선확장 압력을 15 atm 이상 올리는 경우가 많아 주사기 보다

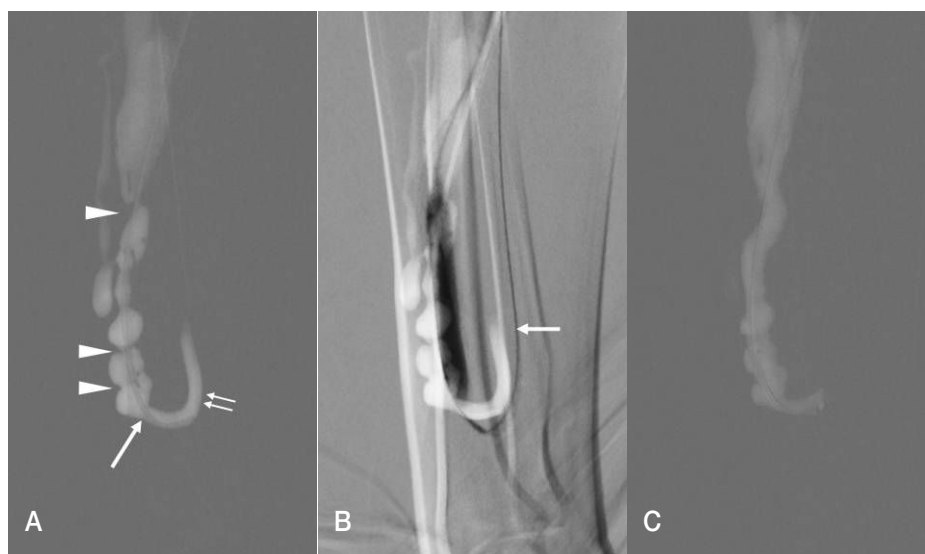


Fig. 3. A 40-year-old man with right radio-cephalic fistula. A) A road-map fistulogram shows radial artery (small arrows), anastomotic site (arrow), and multiple stenoses at the cephalic vein adjacent to arteriovenous anastomosis (arrowheads). B) The stenoses are dilated using a 7mm balloon catheter. Note that the guidewire (arrow) has been left across the radial artery. C) Immediate post-procedural fistulogram shows improvement of the stenosis.

는 팽창기(inflator)를 사용하여 풍선을 확장시켜야 한다. 풍선성형술 후에도 협착이 해결되지 않는 경우 1) 추가적인 유도철사를 협착부위에 거치 시킨 후 유도철사와 같이 풍선성형술을 시행, 2) 1 mm 큰 크기의 풍선을 사용, 3) 절단풍선(cutting balloon)을 사용, 4) 고압력풍선(high-pressure balloon)을 사용하여 극복할 수 있다. 풍선성형술 시 통증이 심할 수 있는 데 협착 주위를 리도케인으로 국소마취를 하면 통증을 경감시킬 수 있다. 일반적으로 풍선성형술 후 해부학적 성공은 잔존협착이 30% 미만인 경우이며, 임상적 성공은 치료전 호소하던 증상(비정상적 이학적 검사, 투석 후 긴 지혈 시간, 투석 시 천자의 어려움 등)이 해결 되었거나 치료 후 1회 이상 정상적인 투석을 시행 받은 경우로 하고 있다. 저자의 경우 풍선성형술 후 잔존협착이 30% 미만이고 이학적 검사에서 진음(thrill)이 촉진되면 성공적인 풍선성형술로 간주한다.

위팔 또는 아래팔 동정맥루 기능부전에 대한 치료로 스텐트 설치는 극히 드물다. 일반적인 스텐트 설치 적응증으로 풍선성형술 후 정맥과열 또는 탄성반동(elastic recoil)이다. 그러나 투석을 위한 동정맥루는 투석 시 천자와 압박지혈이 반복되므로 스텐트 설치하는 피하는 것이 바람직하다.

2) 결과

기능부전 자가 동정맥루 치료로 풍선성형술 후 개통률은 많은 논문들에서 보고되었다.^{14, 16-18} 발표된 논문들에서는 풍선성형술 후 6개월 비보조 개통률(unassisted patency rates)을 40-50%로 보고하고 있다. 수술적 치료 후 개통률은 주로 누적 개통률(cumulative patency)로 보고하여 풍선성형술 후 개통률과 비교하지는 어렵지만 1년 비보조 개통률이 50%가 되도록 권고하고 있다.⁵ Turmel-Rodrigues 등¹⁹은 200예 이상의 기능부전 자가 동정맥루를 풍선성형술로 치료하였는데 아래팔 동정맥루의 1년 일차 개통률은 50%, 2년 일차 개통률은 37%로 보고하였고, 위팔 동정맥루의 1년 일차 개통률은 35%, 2년 일차 개통률은 24%로 보고 하였다. 위팔 동정맥루의 결과가 좋지 않은 것은 아마도 노쪽피부정맥궁(cephalic arch)에 대한 치료가 어려웠기 때문인 것으로 생각하였다. 풍선성형술 후 이차개통률은 매우 좋은 것으로 보고되었다.^{19, 20} 아래팔 동정맥루인 경우 Manninen 등²⁰은 1년 이차개통률은 85%로 보고하였고, Turmel-Rodrigues 등¹⁹은 1년 이차개통률은 85%, 4년 이차개통률은 77%로 보고하였다. 위팔 동정맥루에서는 1년 이차개통률이 92%, 4년

이차개통률이 60%로 보고하였다.¹⁹

3. 자가 동정맥루의 혈전성 폐쇄의 치료

최근 영상의학과 논문에서는 자가 동정맥루의 혈전성 폐쇄의 경우 일반적인 수술보다 혈관내 치료(endovascular treatment)가 더 효과적이고 조만간 자가 동정맥루 혈전성 폐쇄의 절대적 표준(gold standard)로 자리 잡게 될 것으로 예측하고 있다.^{21, 22}

일반적으로 성숙된 자가 동정맥루는 인조혈관 동정맥루보다 혈전성 폐쇄의 위험성이 떨어진다. 그 이유로는 첫째, 혈전성 폐쇄가 되기 위해선 매우 심한 협착과 이에 따른 혈류의 감소가 있어야 하지만 자가 정맥의 내피세포에서 항응고요소(local anticoagulant factor)를 분비하여 느린 혈류 상황에서도 혈전을 예방할 수 있으며, 둘째, 천천히 협착이 진행되어 수 많은 측부혈관(collaterals)이 발생하여 혈류가 유지될 수 있도록 도와 주기 때문이다. 이처럼 자가 동정맥루에서 혈전성 폐쇄가 인조혈관 동정맥루보다 드물지만 일단 혈전이 발생하면 인조혈관 동정맥루에 비해 혈관내 치료의 어려움이 있다. 그 이유로는 첫째, 해부학적으로 복잡하여 문합부 및 협착 위치를 찾기가 어렵고, 둘째, 인조혈관 동정맥루에 비해 협착이 다발성이며, 셋째, 협착이 매우 심하여 유도철사의 통과가 어려울 수 있고, 넷째, 측부혈관이 주 정맥 유출로 오인 받을 수 있고, 다섯째, 혈전의 양이 많아 모두 제거하기가 어려울 수 있으며 특히 인조혈관 동정맥루에 비해 동맥류(aneurysm)가 많고 그 내부에 있는 오래된 혈전은 제거하기가 어려울 수 있다. 자가 동정맥루 혈전성 폐쇄에 대한 혈관내 치료 금기²³로는 감염, 미성숙 동정맥루, 매우 큰 동맥류, 100 cc 이상의 혈전이 있는 경우 등이 있으나 저자의 경험으로는 감염만이 절대적 금기이며 그 외에는 증례에 따라 치료방침을 정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

1) 시술방법

혈전이 발생했을 때 가능하면 빨리 치료를 하는 것이 좋다. 오래 될 수록 혈관내 치료가 어려워 질 수 있다. 본격적인 치료전에 가능하면 셋길조영술이나 초음파를 시행하여 혈전과 협착의 위치를 확인하는 것이 치료에 도움이 된다. 혈전이 없는 부위의 동정맥루나 혈전을 직접 천자 한 후 조영제를 천천히 주입하면 혈전 사이로 조영제가 이동하여 혈전 및 협착의 위치를 확인할 수 있다(Fig. 4). 동정맥 문합부에 협착이 없고 혈전이 문합부 상부에 위치한 경우 문합부 부위에서 심장

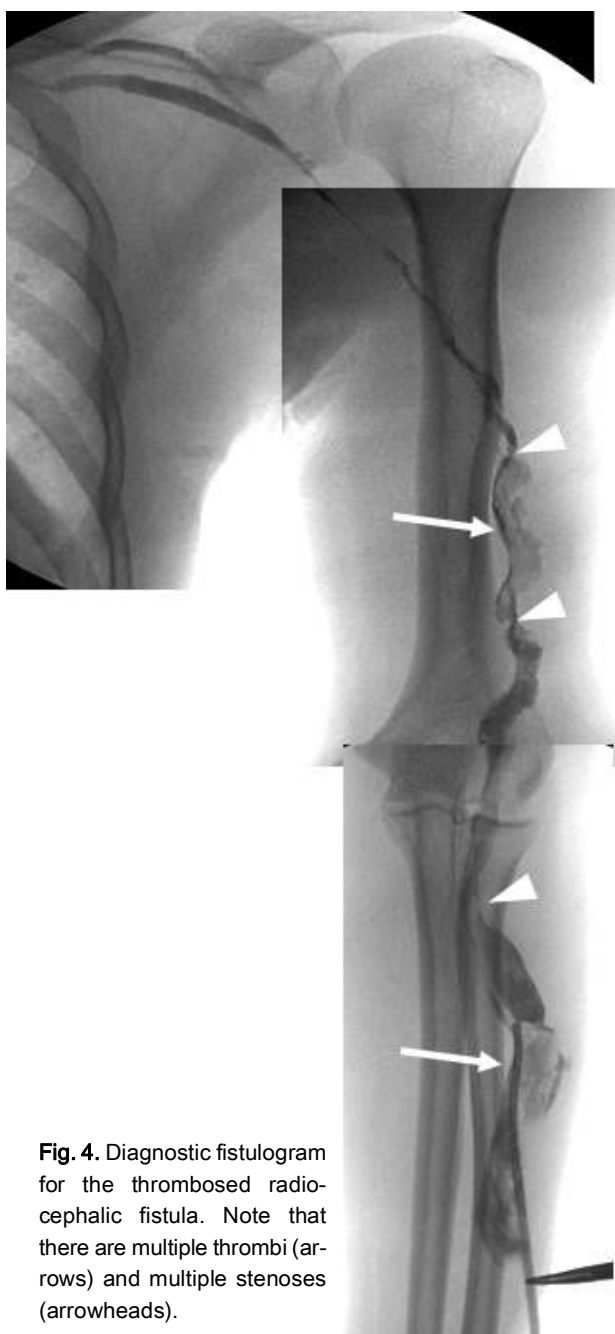


Fig. 4. Diagnostic fistulogram for the thrombosed radio-cephalic fistula. Note that there are multiple thrombi (arrows) and multiple stenoses (arrowheads).

쪽으로 천자를 하고, 문합부까지 혈전이 있으면 혈전 상부에서 문합부 쪽으로 천자를 한다. 또한 혈전이 문합부 부위까지 있고 혈전 상부를 천자하기가 어렵다면 초음파 유도하에 혈전을 직접 천자해야 한다. 이 경우 인조혈관 동정맥루 혈전성 폐쇄와 같이 정맥 유출부 쪽으로 천자를 하여 혈전제거와 협착에 대한 풍선성형술을 한 후 반대 방향으로 다시 천자 하여 문합부 쪽의 혈전을 제거하면 된다(Fig. 5). 본 원에서는 천

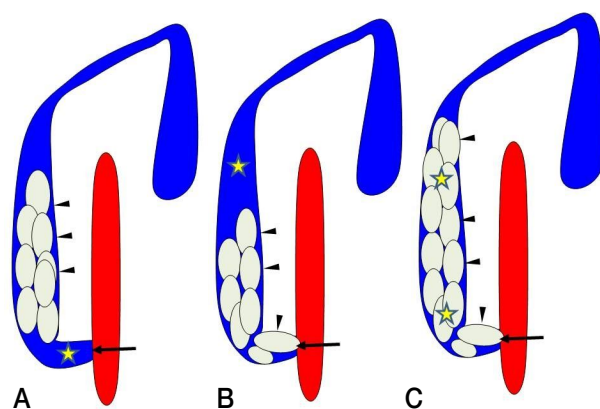


Fig. 5. Schemas of puncture site by considering thrombus locations. A) If there is no thrombus (arrowheads) at the cephalic vein adjacent to arteriovenous anastomosis (arrow), an antegrade puncture (star) can be performed just after the anastomosis. B) If there are thrombi (arrowheads) at the anastomotic site (arrow), a retrograde puncture (star) can be performed just after the thrombus. C) If the thrombi (arrowheads) are clumped together in the fistula, antegrade and retrograde puncture (stars) in the thrombi should be performed.

자가 된 경우 Desilets-Hoffman sheath (COOK, Bloomington, IN, USA)를 삽입한 후 10 cc 주사기를 연결하여 음압을 유발시키면서 정맥 유출부 쪽의 혈전을 흡입(manual catheter-directed thromboaspiration)한 후 2,000-5,000 단위의 헤파린을 일시주사하고 협착부위에 대한 혈관성형술을 시행한다. 그 후 처음 삽입한 Desilets-Hoffman sheath 상부에 추가적인 혈관 안내 도관집(vascular introducer sheath)을 삽입하고 문합부 혈전과 협착을 해결하고 있다. 혈전이 혈관벽에 단단히 붙어 흡입이 되지 않는 경우 Arrow-Trerotola Percutaneous Thrombectomy Device (PTD; Arrow International, Reading, RA)를 사용 할 수 있다.²⁴ 혈관이 Arrow-Trerotola Percutaneous Thrombectomy Device 보다 큰 경우 회전날이 혈전에 접촉하지 않아 효과가 없을 경우가 있으므로 손가락으로 혈관을 눌러주어 회전날과 접촉할 수 있게 하면 효과적으로 혈전을 부술 수 있다. 혈전이 많은 경우 pharmacologic thrombolysis를 사용 할 수 있다.²⁵⁻²⁸ 초음파나 색조조영술로 혈전의 위치를 확인 한 후 스칼프베인세트(BD Korea Inc., Gyeongsangbukdo, Korea) 또는 angiocatheter (BD Angiocath Plus, BD Korea Inc., Gyeongsangbukdo, Korea)를 삽입한 후 혈전 용해제를 주입한다. 혈전용해제로는 보통 urokinase를 사용 하며 주입속도는 35,000 U/h 22에서부터 1,200,000 U/h 29



Fig. 6. A 56-year-old woman with thrombosed radio-cephalic fistula. A, B) The arterial inflow and the venous outflow are blocked by Forgy catheter (arrow). C) The surgical curette(arrow) scrapes the old thrombi off the radio-cephalic fistula. D) The stenosis is dilated using a 7 mm balloon catheter. E, F) In the post-procedural fistulogram, there are no residual stenosis and thrombi.

까지 다양하다. 본원에서는 보통 100,000 U에서 200,000 U의 urokinase를 일시주사하고 1시간에서 2시간 후 남아 있는 혈전을 Desilets-Hoffman sheath로 흡입한다. 혈전의 양이 많거나 오래된 혈전인 경우 혈전용해제를 사용해도 해결되지 않는 경우가 있어 본원에서는 다른 방법을 사용하고 있다. 첫째는 외과와 협진(joint treatment)이다. 인터벤션 전

문의가 동정맥루 문합부와 정맥 유출부를 풍선카테터나 5F Forgy catheter (Edwards Lifesciences, CA, USA)로 차단해 혈전이 동맥이나 폐로 이동하지 못하게 한 후, 외과 전문의가 혈전이 있는 동정맥루 부위를 절개해 외과용 큐렛(surgical curette)으로 혈전을 제거 한 후, 다시 인터벤션 전문의가 정맥 유출부 협착부위에 대해 풍선성형술을 시행하

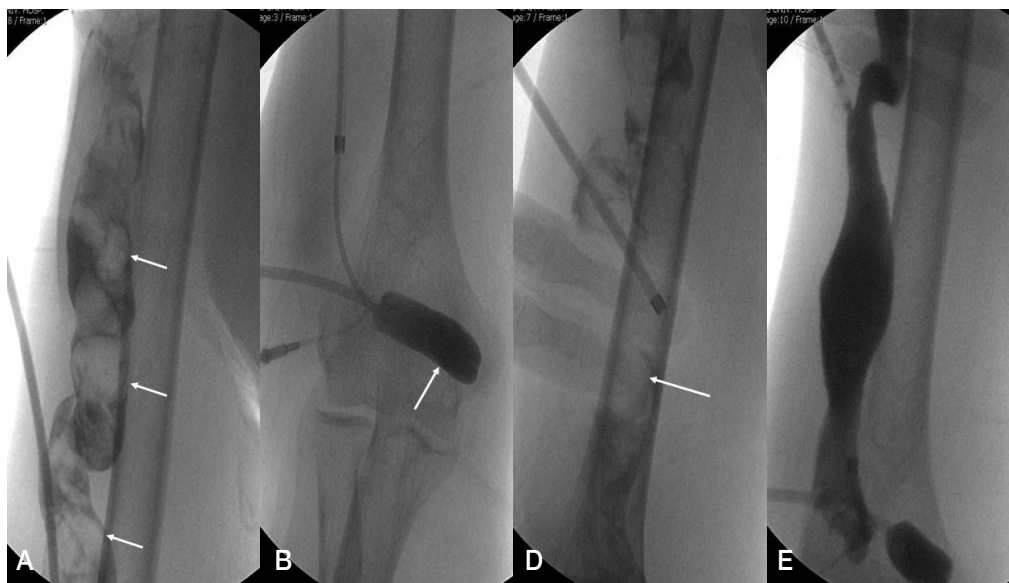


Fig. 7. A 45-year-old man with thrombosed brachio-cephalic fistula. A) There are large amount of thrombi (arrows) in the brachio-cephalic fistula. B) The blood flow is blocked by Forgarty catheter (arrow). C) The operator's fingers (arrow) are pushing the thrombi out of the fistula. D) In the post-procedural fistulogram, there are no residual thrombi.

는 것이다(Fig. 6). 혈전 양이 많고 혈전이 혈관벽에 단단히 붙어 있는 경우 유용하다. 둘째는 혈전 양은 많으나 급성혈전으로 혈관벽에 단단히 붙어 있지 않은 경우, 동정맥루 문합부와 정맥 유출부를 풍선카테터나 5F Forgarty Catheter (Edwards Lifesciences, CA, USA)로 차단한 후 혈전이 있는 동정맥루 부위를 절개한 후 손가락을 사용하여 동정맥루 혈전을 절개 부위로 이동시켜 제거하는 하는 방법이다(Fig. 7).

2) 합병증

폐색전증, 동맥색전증, 정맥박리(venous dissection), 가성동맥류(Pseudoaneurysm), 감염 등이 보고되었다.¹⁶⁻¹⁸

3) 결과

Turmel-Rodrigues와 Haage 등^{21, 22}은 각각 50 증례 이상의 자가 동정맥루 혈전성폐쇄의 혈관내 치료에 대해 보고하였다. Turmel-Rodrigues 등²¹은 아래팔 동정맥루에서 성공률, 1년 일차개통률 및 1년 이차개통률이 각각 93%, 49%, 81% 였고, 위팔 동정맥루에서 성공률, 1년 일차개통률 및 1년 이차개통률이 각각 76%, 9%, 50% 였다. Haage 등²²이 보고한 논문에서는 대부분 아래팔 동정맥루였으며 일부 위팔 동정맥루가 있었고, 성공률, 1년 일차개통률 및 1년 이차

개통률이 각각 89%, 27%, 51% 였다.

결론

기능부전 동정맥루 치료로 풍선성형술 후 이차 개통률은 매우 좋다.^{19, 20} 그러나 모든 협착에서 결과가 좋은 것은 아니다. 특히 노작피부정맥궁 협착인 경우 풍선성형술의 결과가 좋지 않다. 따라서 환자의 이학적 검사, 색조조영술, 초음파 검사 등 결과를 종합적으로 판단하여 환자의 치료방침을 결정하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 자가 동정맥루의 혈전성폐쇄의 인터벤션치료는 수술적 치료와 비교했을 때 치료결과가 나쁘지 않다. 그러나 인조혈관 혈전성폐쇄 보다는 혈전의 양이 많고 해부학이 복잡하여 좀 더 긴 학습곡선(learning curve)가 필요하다. 감염 등과 같은 시술 금기가 없다면 수술적 방법에 앞서 시도하는 것이 바람직하다.

References

1. ESRD Registry Committee of Korean Society of Nephrology. Current renal replacement therapy in Korea.

- The Korean Journal of Nephrology(abstract book) 2006:S459-S81.
2. Quinton WE, Dillard DH, Scribner BH. Cannulation of blood vessels for prolonged hemodialysis. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1960;6:104.
 3. Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, Hurwicz BJ. Chronic hemodialysis using venipuncture and a surgically created arteriovenous fistula. *N Engl J Med* 1966;275:1089-92.
 4. Chinitz JL, Yokoyama T, Bower R, Swartz C. Self-sealing prosthesis for arteriovenous fistula in man. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1972;18:452.
 5. NKF-DOQI clinical practice guidelines for vascular access. National Kidney Foundation Dialysis Outcomes Quality Initiative. *Am J Kidney Dis* 1997;30:S154-61.
 6. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Baudin S, Testou D, Abaza M, Dahdah G, Mouton A, Blanchard D. Treatment of stenosis and thrombosis in haemodialysis fistulas and grafts by interventional radiology. *Nephrol Dial Transplant* 2000;15:2029-36.
 7. Rajan DK, Bunston S, Misra S, Pinto R, Lok CE. Dysfunctional autogenous hemodialysis fistulas: outcomes after angioplasty-are there clinical predictors of patency? *Radiology* 2004;232:508-15.
 8. Sullivan KL, Besarab A. Hemodynamic screening and early percutaneous intervention reduce hemodialysis access thrombosis and increased graft longevity. *J Vasc Interv Radiol* 1997;8:163-70.
 9. Schwab SJ, Oliver MJ, Suhocki P, McCann R. Hemodialysis arteriovenous access: detection of stenosis and response to treatment by vascular access blood flow. *Kidney Int* 2001;59:358-62.
 10. Beathard GA. Percutaneous transvenous angioplasty in the treatment of vascular access stenosis. *Kidney Int* 1992;42:1390-7.
 11. Gordon DH, Glanz S, Butt KM, Adamsons RJ, Koenig MA. Treatment of stenotic lesions in dialysis access fistulas and shunts by transluminal angioplasty. *Radiology* 1982;143:53-8.
 12. Trerotola SO, Scheel PJ Jr, Powe NR, Prescott C, Feeley N, He J, Watson A. Screening for dialysis access graft malfunction: comparison of physical examination with US. *J Vasc Interv Radiol* 1996;7:15-20.
 13. Rutherford RB, Becker GJ. Standards for evaluating and reporting the results of surgical and percutaneous therapy for peripheral arterial disease. *JVIR* 1991;2:169-74.
 14. Schwab SJ, Raymond JR, Saeed M, Newman GE, Dennis PA, Bollinger RR. Prevention of hemodialysis fistula thrombosis: early detection of venous stenoses. *Kidney Int* 1989;36:707-11.
 15. Safa AA, Valji K, Roberts AC, Ziegler TW, Hey RJ, Oglevie SB. Detection and treatment of dysfunctional hemodialysis access grafts: effect of a surveillance program on graft patency and the incidence of thrombosis. *Radiology* 1996;199:653-7.
 16. Beathard GA. Percutaneous angioplasty for the treatment of venous stenosis: a nephrologists view. *Semin Dial* 1995;8:166-70.
 17. Kanterman RY, Vesely TM, Pilgram TK, Guy BW, Windus DW, Picus D. Dialysis access grafts: anatomic location of venous stenosis and results of angioplasty. *Radiology* 1995;195:135-9.
 18. Glanz S, Gordon DH, Butt KMH, Hong J, Lipkowitz GS. The role of percutaneous angioplasty in the management of chronic hemodialysis fistulas. *Ann Surg* 1987;206:777-81.
 19. Turmel-Rodrigues L, Mouton A, Birmele B, Billaux L, Ammar N, Grezard O, Hauss S, Pengloan J. Salvage of immature forearm fistulas for hemodialysis by interventional radiology. *nephrol Dial Transplant* 2001;16:2365-71.
 20. Manninen HI, Kaukanen ET, Ikaheimo R, Karhapää P, Lahtinen T, Matsi P, Lampainen E. Endovascular treatment of failing Brescia-Cimino hemodialysis fistulae by brachial artery access: initial success and long-term results. *Radiology* 2001;218:711-8.
 21. Turmel-Rodrigues L, Pengloan J, Rodrigue H, Brillet G, Lataste A, Pierre D, Jourdan JL, Blanchard D. Treatment of failed native arterio-venous fistulae for hemo-

- dialysis by interventional radiology. *Kidney Int* 2000;57:1124-40.
22. Haage P, Vorwerk D, Weldberger J, Piroth W, Schurmann K, Gunther RW. Percutaneous treatment of thrombosed primary arteriovenous hemodialysis access fistulae. *Kidney Int* 2000;57:1169-75.
23. Turmel-Rodrigues L. Endovascular treatment of thrombosed autologous fistulae. In: Gray RJ, ed. *Dialysis access: a multidisciplinary approach*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2002:229-41.
24. Shatsky JB, Berns JS, Clark TW, Kwak A, Tuite CM, Shlansky-Goldberg RD, Mondschein JI, Patel AA, Stavropoulos SW, Soulen MC, Solomon JA, Kobrin S, Chittams JL, Trerotola SO. Single-center experience with the Arrow-Trerotola Percutaneous Thrombectomy Device in the management of thrombosed native dialysis fistulas. *J Vasc Interv Radiol* 2005;16:1605-11.
25. Mangiarotti G, Canavese C, Thea A, Segoloni GP, Stratta P, Salomone M, Vercellone A. Urokinase treatment for arteriovenous fistulae declotting in dialyzed patients. *Nephron* 1984;36:60-4.
26. Poulain F, Raynaud A, Bourquelot P, Knight C, Rovani X, Gaux JC. Local thrombolysis and thromboaspiration in the treatment of acutely thrombosed arteriovenous hemodialysis fistulas. *Cardiovasc Intervent Radiol* 1991;14:98-101.
27. Schilling JJ, Eiser AR, Slifkin RF, Whitney JT, Neff MS. The role of thrombolysis in hemodialysis access occlusion. *Am J Kidney Dis* 1987;10:92-7.
28. Cohen MAH, Kumpe DA, Durham JD, Zwerdinger SC. Improved treatment of thrombosed hemodialysis access sites with thrombolysis and angioplasty. *Kidney Int* 1994;46:1375-80.
29. Brunner MC, Matalon TAS, Patel SK, McDonald V, Jensik SC. Ultrarapid urokinase in hemodialysis access occlusion. *J Vasc Interv Radiol* 1991;2:503-6.