

Clinical Usefulness of Doppler Ultrasonography before Percutaneous Transluminal Angioplasty for Immature Native Arteriovenous Fistula¹

미성숙 자가동정맥루에 대한 경피적 혈관성형술 시행 전 도플러 초음파
검사의 임상적인 유용성¹

Jeong Eun Kim, MD¹, Young Kwon Cho, MD², Jae Chan Sim, MD¹, So Young Lee, MD³,
Su Ah Sung, MD³, Young Hwan Hwang, MD³

¹Department of Radiology, Inje University Seoul Paik Hospital, College of Medicine, Inje University, Seoul, Korea
²Departments of ²Radiology, ³Nephrology, Eulji General Hospital, College of Medicine, Eulji University, Seoul, Korea

Purpose: To report the clinical efficacy of preprocedural doppler ultrasound examination for the treatment of immature arteriovenous fistula by means of percutaneous transluminal angioplasty (PTA) and the efficacy of PTA about its treatment.

Materials and Methods: From November 2008 to May 2013, 28 patients who were diagnosed with immature arteriovenous fistula using doppler ultrasound examination and obtained successful maturation of it after PTA were included in this study. A retrospective comparative analysis was performed according to the findings between doppler ultrasound examination and fistulography during the procedure. The success rate of PTA and patency of fistula were evaluated in each patient.

Results: Doppler ultrasound examination revealed stenosis in twenty three patients and thrombotic total occlusion in five patients. Stenosis was located in the proximal cephalic vein 2 cm from the anastomosis in 67.8% (19/28). In the five cases of thrombotic total occlusion, the lesions were long lesions from the anastomosis to the entire proximal cephalic vein at the elbow joint level. Fistulography revealed 5 patients with thrombotic total occlusion and 24 stenosis sites in 23 patients, respectively. The location and characteristics of all lesions were consistent on doppler ultrasound examination. Only four cases were observed as non-thrombotic total occlusion on fistulography, which had more than 90% stenosis on doppler ultrasound examination. The initial success rate of PTA for immature arteriovenous fistula was 96.4% (27/28). In three patients, clinical success was obtained after four times of additional PTA. Six additional PTAs were performed during follow-up, no complications related to the procedures were found. The primary patency rate was 92.9% at 3 months, 60.7% at 6 months and 39.3% at 12 months. The estimated mean survival of arteriovenous fistula was 347.9 days and the estimated median survival was 232 days. Also, the 12 months primary patency rates between the stenosis group and occlusion group showed no significant statistical difference.

Conclusion: Assessment of immature arteriovenous fistula using doppler ultrasound examination is a very useful method that can replace diagnostic fistulography. Also, PTA of immature arteriovenous fistula is considered an effective initial treatment for inducing successful growth maturation.

Index terms

Arteriovenous Fistula
Autologous Transplantation
Doppler Ultrasonography
Angioplasty
Renal Dialysis

Received June 17, 2013; Accepted August 20, 2013

Corresponding author: Young Kwon Cho, MD
Department of Radiology, Eulji General Hospital, College of Medicine, Eulji University, 68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu, Seoul 139-711, Korea.
Tel. 82-2-970-8290 Fax. 82-2-970-8346
E-mail: ykchoman@eulji.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

자가동정맥루는 인조혈관에 비해 수술 후 필연적으로 생기는

협착과 폐쇄, 감염 등의 합병증 발생빈도가 낮고 평균 개통기간이 58~70개월로 인조 혈관에 비해 양호하여 최근 발표된 Dialysis Outcomes Quality Initiative guideline에서 자가혈관

동정맥루를 우선 시행할 것을 권고하고 있다(1). 동정맥루의 실패(fistula failure)는 조기(early failure)와 후기(late failure) 실패로 분류하는데, 동정맥루 수술 후 단 한 번도 투석을 하지 못했거나 투석을 시작하였으나 3개월 이내에 기능부전이 생기는 경우를 조기실패라 하며 3개월 이상 투석한 이후에 기능부전이 생기는 경우를 후기실패라 한다(2). 자가동정맥루는 혈액투석을 할 수 있을 정도로 혈관이 성숙되는 데 평균 4~8주 정도가 소요되나, 20~30%는 성숙에 실패하는 것으로 알려져 있다. 이러한 조기실패의 주된 원인으로는 동정맥루의 성숙부전 또는 조기 혈전형성(early AVF thrombosis)에 기인하는 것으로 알려져 있고, 이러한 동정맥루의 성숙부전은 주로 해부학적인 문제와 관계가 있어, 문합부 정맥의 협착과 부수정맥의 존재가 가장 흔한 원인이며 두 병변이 공존하는 경우도 드물지 않게 있다(2-4).

이학적 검사에서 불충분한 성숙이 의심되면 이에 대한 확진을 위해 동정맥루 조영술을 시행하는 것을 원칙으로 하였지만 동정맥루 시행에 있어 기술적으로 미성숙된 동정맥루를 천자하는 데 어려움이 많고, 동정맥루 천자부위에 손상을 줄 가능성이 높으며, 사용하는 조영제 역시 환자의 신장기능에 부담을 줄 가능성이 높아 동정맥루 조영술 대신 도플러 초음파 검사(doppler ultrasonography)를 이용하여 미성숙 동정맥루를 진단한 연구 보고들이 있다(5-8). 과거에는 미성숙 자가동정맥루에 대해서는 혈관의 직경이 작아 접근자체가 쉽지 않고 혈관 벽 두께가 얇아 시술 중 합병증의 빈도가 높다는 인식 때문에 경피적 혈관성형술(percutaneous transluminal angioplasty)은 금기로 여겨졌으나 최근 들어 미성숙 동정맥루에 대한 혈관성형술이 성숙을 유도하여 동정맥루의 장기 개통률을 높일 수 있음이 입증되었다(9). 또한, Kim 등(10) 또는 Chung 등(11)은 협착성 병변에 대한 혈관성형술 후 높은 시술 성공률과 누적 개통률을 보여 주었고, Miller 등(12)도 혈전에 의해 성숙이 안된 동정맥루의 완전폐쇄에 대해서도 경피적 혈전제거술을 통하여 높은 시술 성공률과 누적 개통률을 보인다고 보고하였다.

Table 1. Clinical and Demographic Features of Subjects with a Immature Arteriovenous Fistula

Characteristic	No. of Subjects (n = 28)
Male	17
Female	11
Age (y)	42-85 (mean; 67.4)
Diabetic nephropathy	26
Hypertensive nephropathy	2
Fistula location	
Radio-cephalic	22
Brachio-cephalic	6

본 연구에서는 이학적 검사와 도플러 초음파 검사를 이용하여 미성숙 동정맥루로 진단한 28예를 대상으로 하였고, 혈관성형술을 통하여 치료를 시도하였다. 이를 통하여 미성숙 동정맥루 진단에 있어 도플러 초음파 검사의 유용성과 정확성을 평가하고자 하였다. 더불어 미성숙 동정맥루를 유발시킨 다양한 혈관병변을 혈관조영술과 비교 분석하고 치료적 방법으로 혈관성형술의 유용성을 알아보려고 한다.

대상과 방법

환자

2008년 11월부터 2013년 5월까지 자가동정맥루 수술을 시행한 말기 신부전증 환자 중에서 동정맥루의 미성숙으로 혈관성형술을 시행 받은 28명의 환자를 대상으로 하였다. 대상 환자들 중 남자는 17명, 여자는 11명, 연령 분포는 42~85세(평균 67.4세)로 말기 신부전증의 원인으로는 당뇨병성 신부전이 26명이었고 고혈압성 신부전이 2명이었다. 이 중 22명은 요골동맥-두부정맥 동정맥루(Brescia-Cimino fistula), 6명은 상완동맥-두부정맥 동정맥루였다. 28명의 환자 중 23명에서 자가동정맥루 수술 전 투석을 시작하였으며 이 중 17명은 영구 투석 도관(permanent catheter)을 통하여 2일~4.5년(평균 154일)의 기간 동안 투석을 시행 받고 있었다(Table 1). 6명은 이전에도 동정맥루 수술을 받았으나 이 중 5명에서 실패하여 재수술을 시행하였다. 수술 후 도플러 초음파로 미성숙이 진단되기까지의 기간은 16~89일(평균 34.2일)이었으며 진단 후 혈관성형술을 시행하기까지 기간은 1~68일(평균 11.8일)이었다. 연구에서는 시술 전 진단을 위한 동정맥루 조영술은 1예에서도 시행하지 않았다.

도플러 초음파

초음파 검사는 IU-22와 HDI-5000 (Philips Ultrasound, Bothell, WA, USA)을 이용하여 시행하였고, 도플러 초음파 검사상 미성숙 동정맥루의 진단 기준은 1) 혈관의 구경이 최소 4 mm 이하이거나 혈관의 직경이 50% 이상 좁아졌을 경우와, 2) 350~300 mL 이하의 체적 흐름(volume flow)을 동시에 보일 경우 의미 있는 협착으로 보았고, 3) 혈전으로 인하여 내부의 혈류 흐름이 전혀 관찰되지 않는 경우에는 완전폐쇄(total occlusion)로 간주하였다(13). 협착부와 정상 두부정맥의 구경을 측정 비교하였고, 혈류의 체적 흐름(volume flow)을 협착부 그리고 정상 구경의 두부정맥(문합부로부터 평균 2 cm, 5 cm)에서 측정하였으며 추가적으로 부수정맥 등의 소견이 있는지를 관찰하였다(Fig. 1).

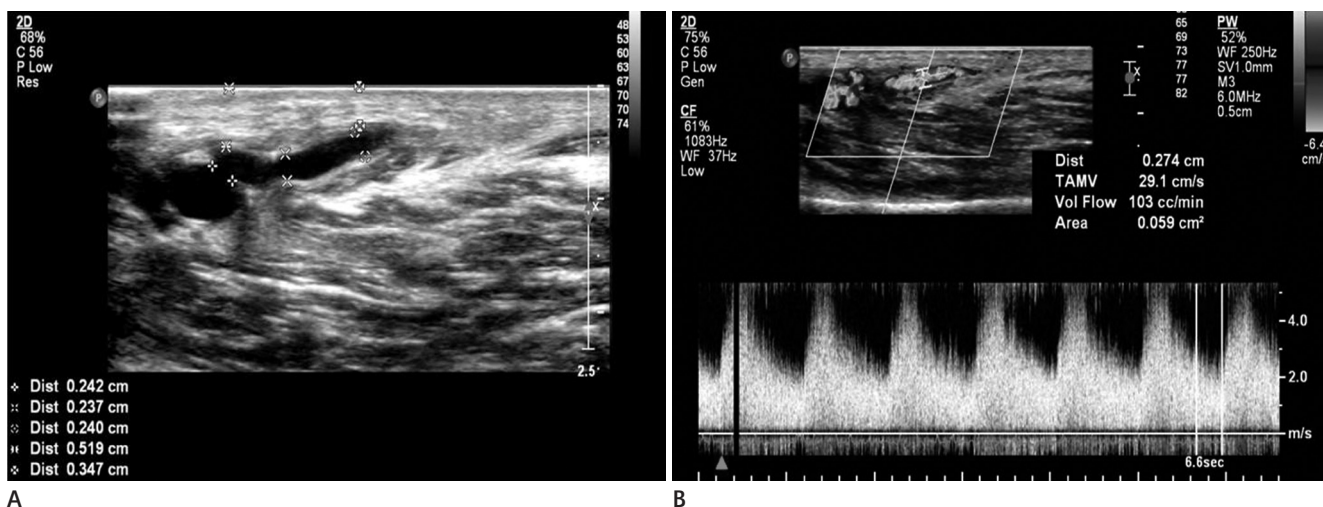


Fig. 1. An 80-year-old male with immature radiocephalic arteriovenous fistula.

A. The gray-scale of doppler ultrasonography shows a diameter of anastomosis, a serial caliber difference of proximal venous limb and depth of fistula.

B. The pulse wave doppler measurement shows a small volume flow along proximal venous limb of fistula.

병변의 위치 기술은 동정맥루 문합부를 기준으로 동맥 문합부 2 cm 이내의 두부정맥 병변은 문합부 인접 정맥 병변(juxta-anastomotic), 문합부 2 cm 이후부터 중심정맥 사이의 두부정맥 병변은 문합부 상부정맥 병변(proximal)으로 정의하였다. 쇄골하정맥, 무명정맥, 상대정맥의 병변은 중심정맥 병변(central)으로 분류하여 기술하였고 동맥에 이상이 있을 경우는 동맥병변으로 기술하였다(5).

혈관성형술(Percutaneous Transluminal Angioplasty)

원위부 두부정맥의 크기가 매우 작아 천자의 어려움이 있는 24예에서 Micropuncture set (Cook, Bloomington, IN, USA)의 21 G 바늘을 이용하여 초음파 유도하에 동맥을 통한 접근법을 우선 시행하였고, 18명에서 상완동맥을, 6명에서 요골동맥을, 3명에선 원위부 두부정맥을 천자하였다. 1명에선 상완동맥과 손목 이하 원위부 요골동맥 두 군대를 천자하였다.

천자 후 혈관조영술을 시행하여 시술 전 도플러 초음파 결과와 일치하는지를 확인하였다. 혈관조영술은 공급혈관인 요골동맥 또는 상완동맥을 포함하여 동정맥 문합부에서 쇄골하정맥까지 시행하였다. 이후 천자부위를 통하여 4 Fr short vascular sheath (Terumo, Tokyo, Japan)를 삽입한 후 헤파린(녹십자, 서울, 한국) 3000 unit를 주입하였다. 요골동맥 두부정맥 동정맥루(Brescia-Cimino fistula)의 경우 상완동맥을 순방향(antegrade)으로 천자하였고, 4 Fr curved diagnostic catheter (Cook, Bloomington, IN, USA)를 요골동맥을 통하여 동정맥 문합부까지 진입시켰다. 다음으로 다양한 미세 유도 철사를 이용하여 문합부 자체와 이의 근위부의 협착 및 폐쇄 병변을 통과한 후 직경

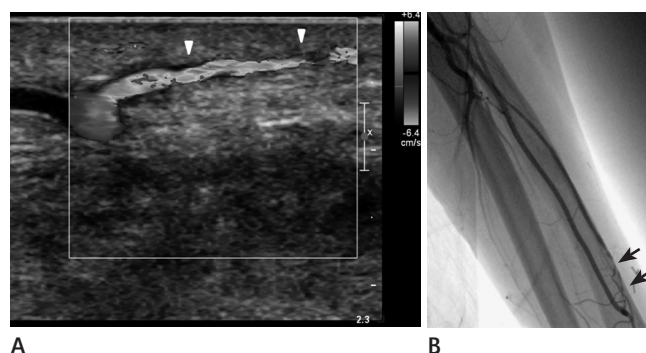


Fig. 2. A 51-year-old male with immature radiocephalic arteriovenous fistula (AVF). Comparison between color Doppler ultrasound examination and angiography.

A. The color Doppler ultrasonography shows a less 2 mm diameter of anastomosis and proximal venous limb of radiocephalic AVF (arrowheads).

B. The angiography after puncture of left brachial artery shows a focal severe stenosis of proximal venous limb of radiocephalic AVF (arrows).

3~5 mm, 길이 2~20 cm 크기의 풍선카테터(Savvy™, Cordis, Miami Lakes, FL, USA)로 협착부위와 폐쇄부위에 대하여 정상기압으로 1~5분 정도 풍선확장술을 시행하였다(Fig. 2).

또한, 문합부에서 유출정맥 원위부 사이의 10 cm 이상 길이의 완전 혈전성 폐쇄에 대하여도 우선 유도철사를 통과시킨 후 10 cm 이상의 긴 풍선카테터를 이용하여 혈관확장술을 병변 전체에 대하여 반복적으로 시행하였다(Fig. 3). 이 경우 풍선 혈관확장술을 시행하기 전에 혈전 용해술은 전 예에서 시행하지 않았다. 상완동맥-두부정맥 동정맥루의 경우 상완동맥 중간부위를 같은 방법으로 역방향(retrograde)으로 천자한 후 4 Fr short vascular sheath (Terumo, Tokyo, Japan)를 삽입하고

병변 부위 유도철사 통과 후 직경 5~7 mm, 길이 2~20 cm 크기의 풍선카테터를 이용하여 정상기압으로 1~5분 정도 풍선 혈관성형술을 시행하였다.

시술 부위의 지혈은 지혈패드(Clo-Sur^{plus} P.A.DTM, SCION, Miami, FL, USA)와 지혈용 압박 밴드(TR BandTM, Terumo, Tokyo, Japan)를 이용하였다.

시술 성적의 지표는 시술의 기술적인 성공률(technical success)과 시술 후 혈관의 성숙이 진행되어 혈액 투석을 성공적으로 시행 받는 임상적 성공률(clinical success)로 기술하였으며 SIR (the society of interventional radiology) assessment committee의 기준에 의하였다(14). 기술적 성공이란 협착의 경우 잔존협착이 혈관 구경의 30% 이하로 남아 있을 때로 정의하였으며, 폐쇄의 경우 폐쇄된 부분의 재개통과 더불어 혈관 구경 30% 이하의 잔존협착이 남아있을 때로 정의하였다. 추적 검사 시 병변의 재발은 협착(stenosis)과 폐쇄(occlusion)로 기술하였으며 협착의 경우 정상부위 직경(diameter)의 50% 이하로 감소하였을 때로 정의하였고 폐쇄는 병변 부위 원위부의 혈류가 보이지 않을 때로 정의하였다(15). 임상적 성공이란 혈관성형술 후 적어도 1회 이상 중단 없이 투석을 할 수 있는 것으로 정의하였다(16). 1차 개통률은 혈관성형술 후 재차 협착이나 폐쇄가 발생하여 다시 성형술을 하는 시점까지로 정의하였고, 2차 개통률은 혈관성형술 후 동정맥루를 더 이상 쓸 수 없게 되거나 수술로 교정하는 시점까지로 정하였다(16). 추적기간에 따른 시술 후

개통률을 Kaplan-Meyer법을 이용하여 분석하였고, 통계적 유의수준은 p 값이 0.05 미만인 경우로 정의하였으며 협착군과 폐색군의 개통률 비교는 Log Rank test를 이용하여 시행하였다.

결과

도플러 초음파-혈관조영술의 비교

도플러 초음파상 병변의 특성은 혈전성 완전폐쇄가 5명, 협착이 23명에서 관찰되었으며 협착은 모두 24예였다. 90% 이상의 심한 협착이 12예, 70% 이하의 협착이 8예에서 확인되었으며, 1명에서는 70% 이하의 협착이 두 군데에서 관찰되었다. 병변의 위치는 혈전성 완전폐쇄의 경우 5예에서 문합부 근위부에서 팔꿈치 관절까지의 두부정맥 전장에 걸쳐 혈전이 보이고 혈류가 전혀 관찰되지 않았다. 협착은 모두 24예였고, 19예에서는 인접정맥 병변(juxta-anastomotic)에, 그리고 5예에서는 상부정맥 병변(proximal)에 위치하고 있었다. 이 중 1예에서는 인접정맥 병변과 상부정맥 병변 두 곳에 협착이 있었다. 협착부 구경은 평균 1.27 mm, 정상 두부정맥은 평균 3.9 mm로 관찰되었고, 협착부 혈류의 체적 흐름(volume flow)은 평균 61 mL/min으로 측정되었다. 70% 이하의 협착군과 90% 이상의 협착군의 측정된 체적 흐름은 각각 평균 60 mL/min과 55 mL/min으로 통계적인 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

혈관조영술상 병변의 특성은 협착성 병변 중 도플러 초음파

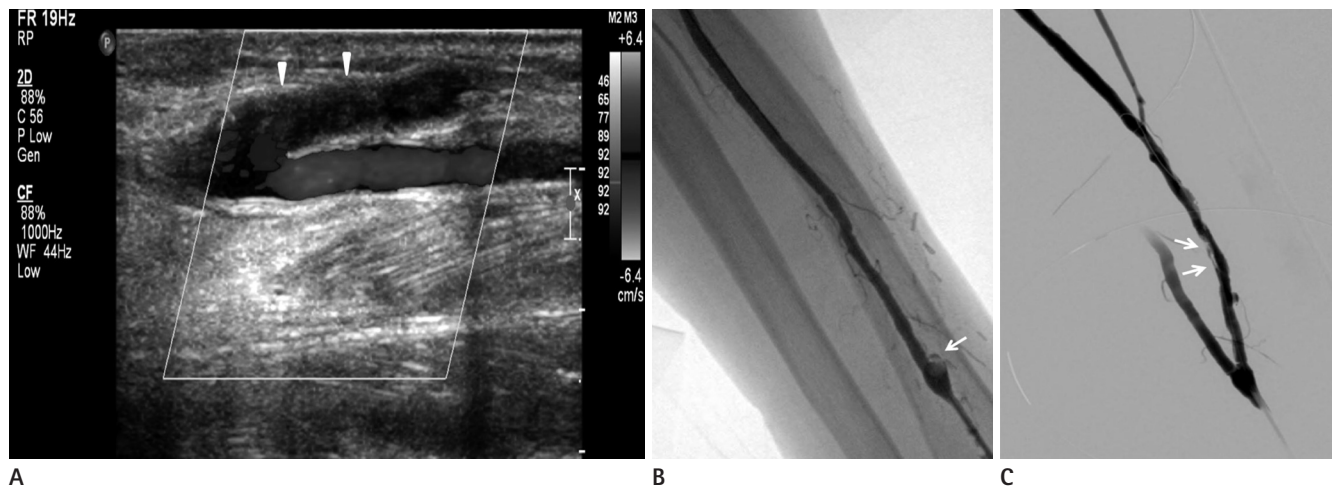


Fig. 3. A 77-year-old male with immature radiocephalic arteriovenous fistula (AVF). Comparison between color doppler ultrasound examination and angiography of totally thrombotic occluded radiocephalic AVF.

A. The color-scale longitudinal doppler ultrasonography shows a totally occluded flow and large amount of echogenic thrombus through entire proximal venous limb of fistula (arrowheads).

B. The angiography after puncture of left brachial artery shows a totally occluded proximal venous limb of fistula from just distal from anastomosis (arrow).

C. After percutaneous balloon angioplasty with 3 mm × 15 cm balloon catheter, the final angiography shows a completely recanalized entire proximal venous limb of fistula without residual stenosis, but small amount remained thrombi was observed around venous wall of proximal venous limb of fistula (arrows).

검사에서 90% 이상 심한 협착으로 관찰되었으나 혈관조영술에는 비혈전성 완전폐쇄로 관찰된 4예를 제외하고는 초음파 검사와 동일한 소견이었다. 팔목관절보다 원위부의 두부정맥이나 중심정맥에 병변은 1예에서도 관찰되지 않았다. 혈전성 완전폐쇄의 경우 3예서 15 cm 이상, 1예서 8 cm, 1예에서 6 cm의 병변 길이를 보여주었다. 협착 병변의 경우 13예에서 2 cm 이하의 협착부위, 7예에서 4 cm 이하, 1예에서 6 cm 이하, 2예에서 8 cm 이하, 1예에서 12 cm의 협착 길이가 관찰되었다.

도플러 초음파와 혈관조영술을 비교하여 협착 병변으로 관찰된 24예 중 4예를 제외하고 병변의 위치 및 협착의 정도가 일치하였고, 일치하지 않은 4예의 경우 비혈전성 국소적인 완전폐쇄로 혈관조영술에서 관찰되었다. 혈전성 완전폐쇄의 경우 도플러 초음파와 혈관조영술에서 혈전의 위치와 병변의 길이가 모두 일치함을 보여주었다. 협착이 있던 환자 중 4예와 혈전성 완전폐쇄를 보인 1예에서 혈관조영술상 도플러 초음파에서 발견되지 않았던 부수정맥이 관찰되었다. 28명 모두에서 혈관조영술상 쇄골하정맥 등의 중심정맥에는 이상이 없었다(Table 2).

혈관성형술 결과

(가) 미성숙 동정맥루에 대한 혈관성형술의 초기 성공률은 96.4%(27/28)였다.

(나) 3명에서 총 4회의 추가적인 혈관성형술을 시행 받았는데 2명에서 1회, 1명에서 2회의 추가적인 혈관성형술을 시행 받은 후 임상적인 성공을 거둘 수 있었다(Table 3).

(다) 혈관성형술 후 첫 투석 시작까지의 기간은 1~105일(평균 28.9일)이었다.

(라-1) 모든 예에서 천자부위의 혈종이나 출혈 등의 합병증은 발생하지 않았다.

(라-2) 1예에서는 문합부 2 cm 근위부의 협착 병변에 대한 혈관성형술 직후 가성동맥류가 발생하여 수회에 걸친 balloon tampodade를 시행하였으나 지혈에 실패하였고, 이후 수술적으로 다른 동정맥루를 새로 만들었다(Fig. 4).

(마-1) 관찰기간의 범위는 평균 467일(107~1569일)이었으며 이 기간 중에 사망한 환자는 없었다. 투석 시작 전에 3명에서 1회씩의 혈관성형술을 시행 받은 후 임상적인 성공을 거둘 수 있었고, 투석을 시작한 후 3명에서 재협착이 생겨 총 2명에서 1회, 1명에서는 4회의 혈관성형술을 추가로 시행 받아 혈관성형술의 1차 개통률은 3개월에 92.9%, 6개월에 60.7%, 12개월에 39.3%였고 347.9일의 estimated mean survival과 232일의 estimated median survival이 관찰되었다(Fig. 5A).

(마-2) 협착군(18예)과 폐색군(9예)을 비교하여 개통률에 있어 유의한 통계적인 차이는 관찰되지 않았다(p value = 0.115) (Fig. 5B).

고찰

수술 후 자가동정맥루의 불충분한 성숙의 원인이 되는 동맥의 구조적 이상은 동맥 자체의 직경이 작거나, 동맥경화성 병변

Table 2. The Findings of Doppler Ultrasonography and Fistulography

Doppler US ($n = 28$)		Fistulography ($n = 28$)	
Thrombotic total occlusion	5	Thrombotic total occlusion	5
Stenosis (%)		Stenosis (%)	
> 90	16	Total occlusion	4
70-90	0	> 90	12
< 70	8	70-90	0
Juxta-anastomotic	19	< 70	8
Proximal	5	Juxta-anastomotic	19
		Proximal	5

Note.—US = ultrasonography

Table 3. Additional Percutaneous Transluminal Angioplasty Findings before the Start of Hemodialysis

Pt.	1st PTA			Next PTA	
	Site*	Lesion	After 1st PTA	Site*	Lesion
Pt. 1	Juxta-anastomotic	< 70% stenosis	41 day	Proximal	Stenosis
Pt. 2	Juxta-anastomotic	Total thrombotic occlusion	45 day	Proximal	Stenosis (multifocal)
			120 day	Proximal	Stenosis (multifocal)
Pt. 3	Proximal	> 90% stenosis	120 day	Juxta-anastomotic	Stenosis

Note.—*From anastomosis site.

PTA = percutaneous transluminal angioplasty

이 있는 경우로 동정맥루에 충분한 혈류량을 공급하지 못하여 성숙을 방해한다(17). 이전의 천자 등에 의해 정맥의 협착이 있는 경우도 성숙을 방해하는데 정맥의 협착은 어느 부위에서나 발생할 수 있으나 동정맥루 수술 후에는 특징적으로 동정맥 문합부 바로 인접한 정맥에서 잘 발생한다. 이런 특정한 곳에 발생하는 협착의 원인은 아직 정확히 밝혀지진 않았지만 동정맥 문합부로부터 상방 5 cm까지의 두부정맥은 수술시에 요골동맥과의 문합을 위해 원래의 해부학적 위치에서 이동을 시키는데, 이

렇게 이동되는 부분에 협착이 잘 생겨 수술 술기와 연관되었을 가능성이 제시되고 있다(18). Falk 등(18)의 연구에서 문합부 바로 인접한 정맥의 협착이 85%(55/65)로 가장 많았으며, Chung 등(11)의 연구에서도 50%(11/22)에서 이 부위의 협착이 원인이었다. 저자들의 경우도 협착 병변 중 79.1%에서 문합부에 인접한 정맥부위에 협착이 생기는 것을 보았다.

그동안 동정맥루의 미성숙을 진단하는 데는 이학적 검사와 동정맥루 조영술이 이용되었고 동정맥루의 정상적인 성숙은 이학적 검사상 충분히 직경이 자라난 두부정맥의 강한 진동음(thrill)이 수축기와 이완기 모두에서 느껴지고 매우 부드러운 맥박(pulse)이 감지됨으로 알 수 있었고, 미성숙 동정맥루의 경우 동정맥루의 진동음이 수축기와 이완기에 걸쳐 일률적이지 않고, 유출정맥 촉진시 만져지는 정맥의 길이가 짧고 구경이 작은 경우 의심하였다(4). 이런 경우 이학적 검사에서 이상소견이 있더라도 임상에서는 미성숙 진단을 보류하여 한 달 정도 성숙을 충분히 기다린 후에도 이학적 소견이 호전되지 않으면 동정맥루 조영술을 시행한다. 하지만 미성숙된 원위부 정맥을 천자하기가 기술적으로 어려운 경우가 많고 천자로 인해 혈관에 손상을 줄 수 있으며 검사시 사용하는 조영제의 신장 독성과 경제적인 측면에서 제한점이 있다(11).

최근 들어 동정맥루 수술 후 도플러 초음파 검사가 비 침습적으로 동정맥루를 평가하는 데 이용되고 있으며(19-21), 도플러 초음파상 동정맥루의 미성숙을 평가하는 지표로서 동정맥루 접합부의 근위부 유출정맥의 직경과 유출정맥을 통한 체적 흐름(volume flow) 및 peak systolic velocity, 동반된 해부학적 이상 등을 관찰하였다(22). 도플러 초음파에서 체적 흐름(volume flow)의 측정은 polytetrafluoroethylene (이하 PTFE)의

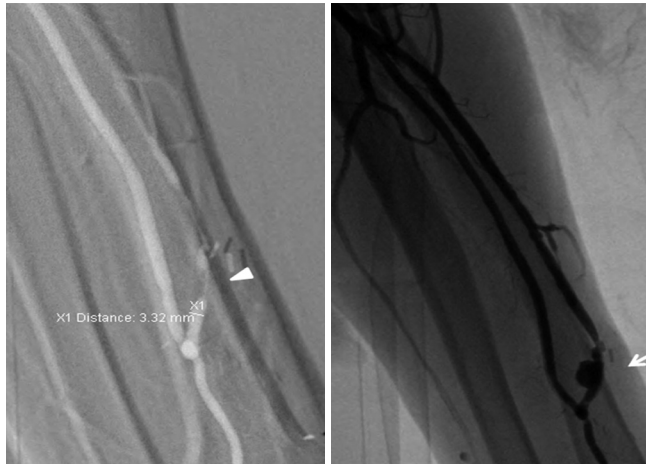


Fig. 4. A 78-year-old male with a pseudoaneurysm of proximal venous limb of radiocephalic arteriovenous fistula (AVF) after percutaneous transluminal angioplasty (PTA).
A. The angiography after puncture of brachial artery shows a focal severe stenosis of proximal venous limb of immature radiocephalic AVF (arrowhead).
B. After PTA with 3.0 mm × 4 cm balloon catheter, the final angiography shows an acute onset of pseudoaneurysm at most stenosis site of proximal venous limb of immature radiocephalic AVF (arrow).

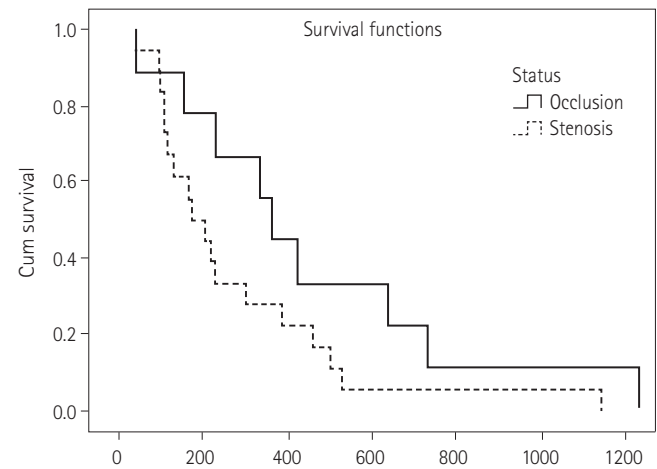
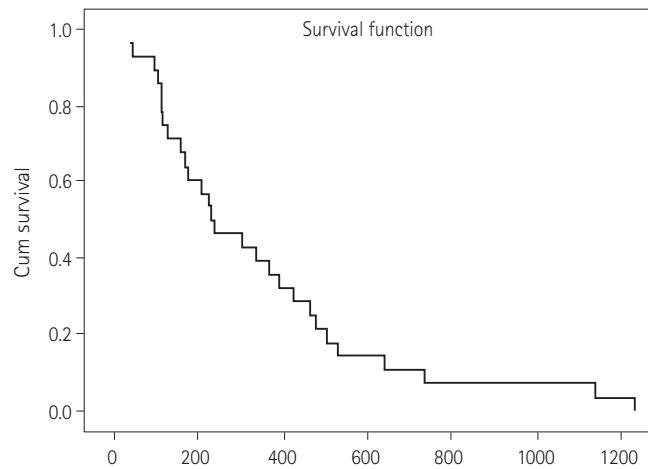


Fig. 5. Clinical success analysis of all patients.
A. Kaplan-Meier estimation of primary patency of arteriovenous fistula after percutaneous transluminal angioplasty.
B. The Log Rank test estimation of statistical difference between stenosis group and occlusion group.

이식실패(graft failure)를 예측하는 데는 의미가 있으나 자가동정맥루에서는 도움이 되지 않는다고 알려졌지만(23), 최근에는 자가동정맥루의 실패를 평가하는 데도 가장 의미 있는 예측인자로 보고되고 있다(24). PTFE graft와 자가동정맥루의 영양동맥(feeding artery)을 지나는 체적 흐름(volume flow)을 측정하여 PTFE graft 경우 650 mL/min 이하, 자가동정맥루는 500 mL/min 이하의 감소된 체적 흐름(volume flow)을 보이면 vascular access failure를 예측할 수 있으며 도플러 초음파 검사에서 확인된 50% 이상의 협착은 동정맥루 조영술과 비교하였을 때 76~87%의 민감도(sensitivity)를 보여주었다(24-26). Michelle 등(7)은 두부정맥의 최소직경이 4 mm 이상이거나 500 mL/min 이상의 체적 흐름(volume flow)을 보일 때 동정맥루가 성숙이 가능한 것으로 평가하여 이 두 가지 조건을 모두 충족하는 경우에는 95%에서 투석이 가능하였음을 보고하였고, 다른 연구에서도 체적 흐름(volume flow)과 혈관 직경 측정이 도플러 초음파에서 미성숙을 판단하는 데 가장 유용하다고 하였다(19). 저자들 역시 이러한 기준으로 미성숙여부를 평가하였으나 대상 환자가 동양인이고 여성이 많은 점을 고려하여 기준이 되는 체적 흐름(volume flow)을 350~300 mL 이하로 더 작게 설정하였다. 하지만 이러한 기준 역시 자가동정맥루의 영양동맥(feeding artery)이나 동정맥루 접합부에서 측정된 것을 제시한 것으로 본 연구에서 협착부에서 측정한 체적 흐름(volume flow) 값과는 큰 차이가 있었다.

단지 혈관조영술에서 도플러 초음파와 비교하여 더 협착이 심한 비혈전성 국소적인 완전폐쇄로 나타난 4예의 경우 도플러 초음파로 미성숙을 진단하고 혈관성형술을 하는 사이에 병변이 진행되었을 가능성 또는 혈관조영술이 협착의 정도를 더욱 더 잘 보여주는 특성에 기인한 것으로 사료된다. 이는 임상적으로 미성숙이 진단되면 되도록 빨리 혈관성형술을 시행하는 것이 중요하다는 것을 시사할 수 있다. 이러한 불일치를 보인 4명의 환자에서 미성숙이 진단되고 혈관성형술을 하기까지의 기간은 평균 2.8일(1~5일)이었다.

동정맥루 수술 후 24시간 이내부터 동정맥루를 통한 혈류량의 증가가 일어나며, 4 mm 이상의 정맥 구경 또는 500 mL/min 이상의 혈류량이 초기에 관찰되면 성공적인 동정맥루의 성숙을 나타내는 지표로 볼 수 있고, 수술 후 이러한 정맥 구경과 혈류량이 초기에 발생되고 나면 2달, 3달, 4달 후 측정된 동정맥루의 혈류량과 정맥의 직경은 큰 차이가 없다(27, 28). 이는 수술 후 초기 4~6주에 이미 동정맥루의 적절성이 결정됨을 시사하며 수술 후 적어도 4주 후에는 동정맥루를 평가할 것이 권고되고, 저자들 역시 수술 후 평균 4~6주에 도플러 초음파를 실시하였다. 또한, Ascher 등(21)은 초음파 추적검사를 통한 volume

flow 증가의 확인이 혈관성형술의 효과를 평가하고 첫 투석 시행 전 혈관의 성숙여부를 추적하는 데 도움이 된다고 보고하였고(24), Kian과 Vassalotti (28)에 따르면 미성숙 동정맥루에 대한 혈관성형술 후 투석을 시작할 수 있을 정도로 정맥루가 성숙되는 데 평균 25.5일이 소요되었다.

일반적으로 자가동정맥루의 혈관성형술을 위한 접근 경로는 정맥을 통한 후향적 접근(retrograde approach)을 하거나 동맥과 정맥 두 부위를 통한 접근이 이용되고 있다. 그러나 미성숙 동정맥루의 경우 정맥이 충분히 확장되지 않아 정맥 천자가 어려울 수 있으며 문합부에 인접한 정맥의 협착이 있는 경우 좁아진 정맥 내로 조영제가 역행하지 못하여 동맥까지 혈관조영을 시행하기 어렵다(11, 29). 저자들은 85.7%에서 동맥천자를 통한 접근을 우선 시행하였고, 이러한 접근법은 우선 천자와 시술 후 지혈이 용이하고, 동맥, 문합부, 유출정맥, 중심정맥까지 한번에 혈관조영이 가능하고, 유출정맥에 다수의 협착부위가 있거나, 원위부 유출정맥에 병변이 위치할 경우 치료도 동시에 시행할 수 있었다. 단지, 동정맥루 접합부의 형성이 예각으로 형성된 경우 유도철사와 풍선카테터의 통과가 용이치 않은 경우가 종종 있고, 동맥을 통한 접근이 천자부위의 동맥 협착이나 가성동맥류 형성, 동맥 파열 등의 부작용이 있는 것으로 알려져 있으나 저자들의 경우 천자 부위의 합병증은 한 예도 발생하지 않았다(29, 30).

시술과 관련하여 가성동맥류의 합병증이 발생한 1예의 경우 미성숙된 동정맥루는 근위부 구경이 3 mm 이내이고 협착부의 직경은 이보다 더 작은 1 mm 내외인 것을 고려하면 확장술시 사용한 풍선카테터의 크기가 가성동맥류의 원인으로 추정되며, 혈관성형술시 혈관이 과도하게 확장되면서 국소적인 혈관 파열이 생기고 이로 인해 가성동맥류가 생겼을 가능성이 가장 높을 것으로 사료된다. 따라서 협착부에 대한 혈관성형술시 풍선카테터의 크기 선택에 더욱 신중해야 할 것으로 사료된다.

또한, Kim 등(10) 또는 Chung 등(11)의 협착성 병변에 대한 1차 혈관성형술 후 95.5%의 높은 초기 성공률과 6개월 후 50%의 높은 누적 개통률에 대한 연구 보고와 혈전에 의해 성숙이 안된 동정맥루의 완전폐쇄에 대해서 경피적 혈전제거술 시행 후 79%의 높은 초기 성공률과 시술 12개월 후 90%의 높은 누적 개통률과 비교하여, 저자들의 연구에서도 혈관조영술에서 협착성 병변으로 관찰된 18예에서 시술 12개월 후 77.8%, 폐색성 병변으로 관찰된 9예에서 88.9%의 높은 개통률을 보여주었다(12).

이 연구의 제한점은 1) 대상 환자의 수가 적고 추적관찰 기간의 범위가 짧으며, 2) 중심정맥의 협착 병변이나 동정맥루의 성숙실패에 영향을 줄만한 부수정맥에 대한 시술이 한 예도 없었다는 점이다.

결론적으로 미성숙 동정맥루의 평가에 있어 도플러 초음파를 이용하면 동정맥루의 blood flow와 정확하게 혈관의 구경을 파악하고, 협착과 폐쇄를 동정맥루 조영술 수준으로 볼 수 있어 형태학적 이상 소견을 잘 알 수 있다. 더불어 동정맥루의 혈액역학적 기능도 평가할 수 있으므로, 침습적인 동정맥루 조영술과 비교하여 보다 더 유용한 정보를 제공한다. 또한, 미성숙 동정맥루 치료에 있어 혈관성형술은 매우 우수한 기술적 성공률과 임상적인 성공률을 보여주어 동정맥루 성숙에 있어 가장 효과적인 일차적인 치료법으로 고려된다.

참고문헌

1. Vascular Access 2006 Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis* 2006;48 Suppl 1:S176-S247
2. Asif A, Roy-Chaudhury P, Beathard GA. Early arteriovenous fistula failure: a logical proposal for when and how to intervene. *Clin J Am Soc Nephrol* 2006;1:332-339
3. Nassar GM. Endovascular management of the "failing to mature" arteriovenous fistula. *Tech Vasc Interv Radiol* 2008;11:175-180
4. Beathard GA. An algorithm for the physical examination of early fistula failure. *Semin Dial* 2005;18:331-335
5. Beathard GA, Arnold P, Jackson J, Litchfield T; Physician Operators Forum of RMS Lifeline. Aggressive treatment of early fistula failure. *Kidney Int* 2003;64:1487-1494
6. Gadallah MF, Paulson WD, Vickers B, Work J. Accuracy of Doppler ultrasound in diagnosing anatomic stenosis of hemodialysis arteriovenous access as compared with fistulography. *Am J Kidney Dis* 1998;32:273-277
7. Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, Gallichio MH, Young CJ, Deierhoi MH, et al. Hemodialysis arteriovenous fistula maturity: US evaluation. *Radiology* 2002;225:59-64
8. Singh P, Robbin ML, Lockhart ME, Allon M. Clinically immature arteriovenous hemodialysis fistulas: effect of US on salvage. *Radiology* 2008;246:299-305
9. Turmel-Rodrigues L, Mouton A, Birmelé B, Billaux L, Ammar N, Grézard O, et al. Salvage of immature forearm fistulas for haemodialysis by interventional radiology. *Nephrol Dial Transplant* 2001;16:2365-2371
10. Kim YO, Song HH, Kim NI, Yoon SA, Song HC, Choi EJ, et al. The effect of percutaneous angioplasty on the treatment of poor maturation of the native arteriovenous fistula. *Korean J Med* 2000;59:40-46
11. Chung JY, Song HH, Kim KT, Kim YO, Yoon SA. Efficacy of percutaneous transluminal angioplasty for treating nonmaturing brescia-cimino fistulas. *J Korean Radiol Soc* 2004;51:281-290
12. Miller GA, Hwang W, Preddie D, Khariton A, Savransky Y. Percutaneous salvage of thrombosed immature arteriovenous fistulas. *Semin Dial* 2011;24:107-114
13. Lockhart ME, Robbin ML. Hemodialysis access ultrasound. *Ultrasound Q* 2001;17:157-167
14. Gray RJ, Sacks D, Martin LG, Trerotola SO; Society of Interventional Radiology Technology Assessment Committee. Reporting standards for percutaneous interventions in dialysis access. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14(9 Pt 2):S433-S442
15. Aruny JE, Lewis CA, Cardella JF, Cole PE, Davis A, Drooz AT, et al. Quality improvement guidelines for percutaneous management of the thrombosed or dysfunctional dialysis access. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14(9 Pt 2):S247-S253
16. Manninen HI, Kaukanen E, Mäkinen K, Karhapää P. Endovascular salvage of nonmaturing autogenous hemodialysis fistulas: comparison with endovascular therapy of failing mature fistulas. *J Vasc Interv Radiol* 2008;19:870-876
17. Mercado C, Salman L, Krishnamurthy G, Choi K, Artikov S, Thomas I, et al. Early and late fistula failure. *Clin Nephrol* 2008;69:77-83
18. Falk A, Teodorescu V, Lou WY, Uribarri J, Vassalotti JA. Treatment of "swing point stenoses" in hemodialysis arteriovenous fistulae. *Clin Nephrol* 2003;60:35-41
19. Alamdaran A, Nazemian F, Taheri H. Doppler ultrasound assessment of well-functioning native hemodialysis access: comparison with sufficient dialysis. *Iran J Radiol* 2008;5:101-105
20. Pietura R, Janczarek M, Zaluska W, Szymanska A, Janicka L, Skubiewska-Bednarek A, et al. Colour Doppler ultrasound assessment of well-functioning mature arteriovenous fistulas for haemodialysis access. *Eur J Radiol* 2005;55:113-119
21. Ascher E, Hingorani A, Marks N. Duplex scanning-derived access volume flow: novel predictor of success following endovascular repair of failing or nonmaturing arteriove-

- nous fistulae for hemodialysis. *Vascular* 2010;18:9-13
22. Ives CL, Akoh JA, George J, Vaughan-Huxley E, Lawson H. Pre-operative vessel mapping and early post-operative surveillance duplex scanning of arteriovenous fistulae. *J Vasc Access* 2009;10:37-42
 23. Bay WH, Henry ML, Lazarus JM, Lew NL, Ling J, Lowrie EG. Predicting hemodialysis access failure with color flow Doppler ultrasound. *Am J Nephrol* 1998;18:296-304
 24. Wiese P, Nonnast-Daniel B. Colour Doppler ultrasound in dialysis access. *Nephrol Dial Transplant* 2004;19:1956-1963
 25. Middleton WD, Picus DD, Marx MV, Melson GL. Color Doppler sonography of hemodialysis vascular access: comparison with angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1989;152:633-639
 26. Lumsden AB, MacDonald MJ, Kikeri D, Cotsonis GA, Harker LA, Martin LG. Prophylactic balloon angioplasty fails to prolong the patency of expanded polytetrafluoroethylene arteriovenous grafts: results of a prospective randomized study. *J Vasc Surg* 1997;26:382-390; discussion 390-392
 27. Yerdel MA, Kesenci M, Yazicioglu KM, Döşeyen Z, Türkçapar AG, Anadol E. Effect of haemodynamic variables on surgically created arteriovenous fistula flow. *Nephrol Dial Transplant* 1997;12:1684-1688
 28. Kian K, Vassalotti JA. The new arteriovenous fistula: the need for earlier evaluation and intervention. *Semin Dial* 2005;18:3-7
 29. Hong HP, Kim SK. Usefulness of percutaneous intervention with transarterial approach in the salvage of nonmaturing native fistulas status-post transvenous approach failure: transarterial approach in the salvage of nonmaturing native fistulas. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2009;32:1252-1256
 30. Liang HL, Pan HB, Chung HM, Ger LP, Fang HC, Wu TH, et al. Restoration of thrombosed Brescia-Cimino dialysis fistulas by using percutaneous transluminal angioplasty. *Radiology* 2002;223:339-344

미성숙 자가동정맥루에 대한 경피적 혈관성형술 시행 전 도플러 초음파 검사의 임상적인 유용성¹

김정은¹ · 조영권² · 심재찬¹ · 이소영³ · 성수아³ · 황영환³

목적: 미성숙 자가동정맥루의 치료로서 혈관성형술 시행 전 도플러 초음파 검사의 임상적인 유용성과 혈관성형술의 유용성에 대해서 보고하고자 한다.

대상과 방법: 2008년 11월부터 2013년 5월까지 자가동정맥루 수술 후 도플러 초음파 검사를 통해 미성숙 자가동정맥루로 진단받고 경피적 혈관성형술을 시행 받은 28명의 환자를 대상으로 하였다. 각 환자의 시술 전 도플러 초음파 검사 소견과 시술시 시행한 혈관조영술의 소견을 후향적으로 비교 분석하고 혈관성형술의 성공률과 개통률을 조사하였다.

결과: 도플러 초음파 검사 소견상 협착 병변은 23명이었으며 5명은 혈전성 완전폐쇄 병변이었고 협착 병변의 위치는 67.8(19/28)예에서 문합부에서 2 cm 내의 근위부 두부정맥이었으며 혈전성 완전폐쇄에서 5예에서 문합부 근위부에서 팔꿈치 관절까지의 두부정맥 사이의 긴 병변이었다. 혈관조영술상 혈전성 완전폐쇄가 5명, 23명에서 24부위의 협착 병변으로 나타났으며, 도플러 초음파 검사에서 90% 이상의 협착으로 관찰된 12예 중 혈관조영술에서 비혈전성 완전폐쇄로 관찰된 4예를 제외하고, 모든 병변의 위치와 특성은 도플러 초음파와 혈관조영술 소견이 일치하였다. 미성숙된 자가동정맥루에 대한 혈관성형술의 기술적인 성공률(technical success)은 96.4%(27/28)였으며 이 중 3명에서 총 4회의 혈관성형술을 추가로 시행하여 임상적 성공을 이루었다. 관찰기간 중 총 6회의 추가적인 시술이 이루어졌다. 기술적인 실패는 시술 직후 가성동맥류가 발생한 1예에서 관찰되었다. 혈관성형술의 1차 개통률은 3개월에 92.9%, 6개월에 60.7%, 12개월에 39.3%였고 347.9일의 estimated mean survival과 232일의 estimated median survival이 관찰되었다. 또한, 협착군(18예)과 폐색군(9예)을 비교하여 개통률에 있어 유의한 통계적인 차이는 관찰되지 않았다.

결론: 도플러 초음파 검사를 통한 미성숙 자가동정맥루의 평가는 진단적 동정맥루 조영술을 대체할 수 있는 유용한 검사이며, 미성숙 자가동정맥루에 대한 혈관성형술은 동정맥루 성숙을 유도하는 데 있어 매우 효과적인 치료방법으로 사료된다.

¹인제대학교 의과대학 서울백병원 영상의학과, 을지대학교 을지병원 ²영상의학과, ³신장내과