

혈액투석을 위한 동정맥루 내 압력의 경향 분석을 이용한 기능부전의 조기 진단

관동대학교 의과대학 명지병원 외과학교실¹, 영상의학과교실², 내과학교실³, 연세대학교 의과대학 외과학교실⁴

안형준¹ · 이종훈¹ · 박성일² · 윤수영³ · 이상철³ · 양성자³ · 김유선⁴ · 박기일¹

Early Detection of Hemodialysis Arteriovenous Fistula Dysfunction by Trend Analysis of Intra-access Pressure

Hyung Joon Ahn, M.D.¹, Jong Hoon Lee, M.D.¹, Sung Il Park, M.D.², Soo Young Yoon, M.D.³
Sang Choel Lee, M.D.³, Sung Ja Yang, R.N.³, Yu Seun Kim, M.D.⁴ and Kiil Park, M.D.¹

Departments of Surgery¹, Radiology² and Nephrology³, Kwandong University College of Medicine, Goyang
Department of Surgery⁴, Yonsei University College of Medicine, Seoul

Purpose : To detect early arteriovenous fistula (AVF) dysfunction, we have developed a new method of intra-access total pressure (p_T), and static pressure (p_S) measurements. The purpose of this study is to assess the relationship between intra-access pressure and vascular stricture in order to establish the clinical validity of the method.

Methods : Total 46 of native AVFs were enrolled. They were measured intra-access p_S and p_T monthly. In initial angiography, 6 of 10 inflow stricture (As), 6 of 7 outflow stricture (Vs) and 2 having both lesions were taken PTA (percutaneous angioplasty) and compared pressure and ratio changes. If Δp ($p_T - p_S$) decreased more than 10% over 3 months or p_T /MAP (mean arterial pressure) ratio dropped more than 10% over 3 months with below 0.8, then the patients were referred to angiography. Thirty-one patients were performed final angiography, and we compared the results with those of initial angiography.

Results : Although p_T /MAP ratio and Δp were increased after PTA, there was no statistical significance in 6 As (+) patients ($p > 0.05$). Six Vs (+) and 2 As (+) and Vs (+) patients' Δp were increased significantly ($p < 0.05$). Two As (+) and 5 Vs (+) were detected with Δp or p_T /MAP ratio change. However, 2 Vs (+) were unable to be detected with Δp , but detected only by final angiography. Among 15 As (-) and Vs (-) patients in both initial and final angiography, p_T and MAP were not reproducible ($p_i < 0.4$), but p_S and Δp showed intermediate reproducibility ($p_i > 0.45$).

Conclusion : Intra-access stricture could be detected with p_T /MAP ratio and Δp change. However, more careful MAP and p_T measurement should be recommended for accurate diagnosis.

Key Words : Arteriovenous fistula, Vascular stricture, Pressure, Angiography

서 론

*본 연구는 2006년도 대한신장학회 박스터 연구비지원으로 수행되었으며
요지는 2007년 5월 대한신장학회 춘계학술대회(서울)에서 구연 되었음.

접수 : 2008년 6월 16일, 승인 : 2008년 10월 10일

책임저자 : 이종훈 경기도 고양시 덕양구 화정동 697-24

관동대학교 의과대학 외과학교실

Tel : 031)810-7432, Fax : 031)810-7329

E-mail : hartsol@kwandong.ac.kr

혈액 투석을 위한 동정맥루는 조성술 뿐만이 아니고 장기 간의 사용에 따른 혈관 변성에 대한 감시가 필수적이다¹⁾. 저자들은 경제적이고 간편한 동정맥루의 기능 평가 방법을 개발하기 위해 여러 가지 실험적 연구를 발표한 바 있다. 초기

연구로는 단면적이 일정한 혈액 투석관 내 혈류량을 계산하기 위해 투석관 내에서 정압 (static pressure: p_s)을 측정하고 반대편 상완에서 측정한 평균 동맥압 (mean arterial pressure; MAP)을 측정하여 베르누이 방정식 (Bernoulli's equation)를 이용하여 투석관 내 혈류량을 계산하였다^{2,3)}.

그러나 이 측정 방법은 동정맥루의 정맥 유출로의 협착 소견을 진단할 수 있었으나, 동정맥루 유입로에 해당하는 동맥 및 문합부와 그 부근 정맥의 협착은 발견할 수 없는 한계가 발견되었다⁴⁾. 저자들은 이와 같은 단점을 보완하여 동정맥루 유입로에 해당되는 혈관의 협착도 발견할 수 있는 방법의 개발을 위해 직접 동정맥루 내에서 p_T 과 p_s 을 측정하고, 혈관조영술에 의한 유입 혈관 및 유출 혈관의 협착 소견과 비교하여 p_T /MAP ratio는 유입 혈관의 협착, p_T 와 p_s 의 차 (ΔP)는 유출 혈관의 협착과 상관관계가 있다고 발표한 바 있다⁵⁾.

이 연구의 목적은 실제 동정맥루를 통해 혈액 투석을 받고 있는 환자들을 대상으로 연속적으로 동정맥루 내에서 p_s 과 p_T 를 측정하여 압력의 변화와 혈관 조영술에 의해 확인된 혈관 협착과의 상관관계를 규명하고, 본 연구 방법의 임상적 유용성을 증명하고자 함이다.

대상 및 방법

1. 대상

기존의 연구 대상이었던 조성 후 최소 3개월이 경과한 자가 혈관에 의한 동정맥루를 통해 혈액투석을 하고 있는 46명의 환자를 대상으로 2006년 01월 01일부터 2006년 12월 31일까지 12개월 동안 연구를 진행하였다. 이 중 초기 혈관 조영술에서 동맥 측 천자 부위 이전의 유입 혈관 중 영양 동맥과 비교하여 50% 이상의 협착 소견 (A_s)을 보인 환자는 모두 10 (21.7%)명이었다. 동맥 측 천자 부위 이후의 유출 혈관 중 상-하위의 정맥과 비교하여 50% 이상의 협착 소견 (V_s)을 보인 환자는 모두 7 (15.2%)명이었다. 2 (4.3%)명의 환자에서는 V_s 와 A_s 의 소견을 동시에 가지고 있었다. 나머지 27 (58.7%)명의 환자에서는 50% 이상의 임상적으로 유의한 혈관 협착 소견을 발견할 수 없었다⁵⁾.

2. 초기 동정맥루 중재술

초기 혈관 조영술에서 A_s 소견을 보인 10명 중 6명에서, V_s 소견을 보인 7명 중 6명에서, 그리고 두 가지 병변을 동

시에 가지고 있는 2명의 환자에서 2개월 이내에 경피적 혈관 성형술 (percutaneous angioplasty: PTA)을 실시 하였다. 환자들의 시술 전 후 MAP, p_T 와 p_s 를 각각 측정하였으며, 이를 바탕으로 p_T /MAP ratio, ΔP ($p_T - p_s$) 및 동정맥루 내 정압비 (static intra-access pressure ratio; SIAPR)를 계산하여 비교하였다. 투석 중 정맥압 (dynamic venous dialysis pressure; VDP)도 측정하여 시술 전후의 측정값의 차이를 비교하였다.

3. 압력의 측정 및 p_T /MAP ratio, ΔP 와 SIAPR의 계산

MAP와 동정맥루 내 p_s 와 p_T , 및 VDP의 측정은 앞선 연구 보고에서와 같은 방법으로 매월 1회씩 혈액 투석 시작 직전에 측정하였으며, 이 측정 값으로 p_T /MAP ratio, ΔP 및 SIAPR를 각각 계산하였다⁵⁾. 계산된 p_T /MAP ratio는 연속된 3개월 동안 10% 이상 감소 추세에 있으면서 0.8 이하의 측정값일 경우, 그리고 ΔP 가 연속된 3개월 동안 10% 이상 감소 시 혈관 조영술을 실시하고 협착의 정도는 초기 혈관 조영술과 마찬가지로 pixel로 측정하여 50% 이상의 협착인 경우 임상적 의미가 있다고 판단하였다. 동정맥루 내 협착이 확인된 경우 VDP 및 SIAPR이 진단 기준에 맞는 지 확인하였다. 혈관 조영술로 확인된 동정맥루의 협착은 진단 1개월 이내에 PTA로 교정하였다.

4. 최종 혈관 조영술

연구 종료 1개월 전 모든 환자에서 다시 혈관 조영술을 실시하여 초기 혈관 조영술 소견과 비교하여 혈관 협착의 발생 유무를 다시 판정하였다. 혈관 조영술로 협착이 발견된 경우 압력 측정에 의해 계산된 VDP, p_T /MAP ratio, ΔP 및 SIAPR의 변화를 재검토하였다. 초기와 최종 혈관 조영술에서 협착 소견을 보이지 않은 환자만을 대상으로 VDP, MAP, p_T , p_T /MAP ratio, p_s , ΔP 및 SIAPR의 재현성 (reproducibility)의 정도를 알아 보았으며, 각각의 상관관계를 구하고자 하였다.

5. 통계

모든 통계 분석은 컴퓨터 통계 프로그램인 윈도우용 SPSS 12.0을 사용하였다. 혈관 협착이 있는 환자의 PTA

전후의 p_T , p_T /MAP ratio, p_s , ΔP , SIAPR 및 VDP의 비교에는 paired sample-t test를 사용하였다. 초기 및 최종 혈관 조영술에서 협착 소견을 보이지 않았던 환자들의 VDP, MAP, p_T , p_T /MAP ratio, p_s , ΔP 및 SIAPR의 재현성 비교에는 intra-class correlation을 사용하였고, 각각의 상관관계는 linear regression을 이용하였다. 모든 통계적 유의성은 p-value 0.05 미만으로 하였다.

결 과

1. 대상 환자의 동정맥루 관련 정보

기존 연구 대상이었던 전체 46명의 환자 중 15 (32.6%)명이 추적 소실 되었으며 평균 추적 기간은 8.4 ± 4.6 (1-12)개월이었다. 추적 소실 원인은 타 의료 기관으로 전원 11 (23.9%)명, 사망 2 (4.3%)명, 신장이식 1 (2.2%)명, 복막 투석으로 전환 1 (2.2%)명 등이었다. 최종 혈관 조영술을 할 수 있었던 31 (67.4%)명의 환자는 남자가 16명이었고, 평균 연령은 59.8 ± 13.0 (32-89)세, 동정맥루 조성술 후 평균 28.1 ± 33.0 (3-130)개월이 경과 되었으며, 요골동맥을 이용한 동정맥루를 가진 환자가 22 (71.0%)명, 상완 동맥을 이용한 동정맥루를 가진 환자가 9 (29.0%)명 이었다.

2. 초기 혈관 조영술에서 협착이 발견된 환자들의 혈관 성형술 결과

As가 발견된 10명의 환자들 중 6명과 Vs가 발견된 7명의 환자들 중 6명, 그리고 As와 Vs가 모두 존재했던 2명의 환

자들에서 각각 PTA를 시행하였다. As가 있던 환자들에서는 시술 후 p_T , p_T /MAP ratio, p_s , ΔP , SIAPR 및 VDP가 모두 증가하였으나 통계적 의미는 없었으며 ($p > 0.05$), Vs가 존재했던 환자들에서는 p_s 와 SIAPR는 의미 있게 감소하였고 ΔP 는 의미 있게 증가하였으나 ($p < 0.05$), p_T , p_T /MAP ratio와 VDP의 변화는 통계적 의미가 없었다 ($p > 0.05$). As와 Vs가 모두 존재했던 2명의 환자들은 PTA후에 p_T /MAP ratio가 각각 0.73, 0.80에서 0.81, 1.03으로 증가하였으며, ΔP 는 각각 23.7 mmHg, 23.8 mmHg에서 56.0 mmHg, 69.3 mmHg로 증가하였으나 2명의 환자만으로 통계적 의미를 언급하기 어려웠다. VDP는 두 명 모두에서 PTA후에도 차이가 없었으며, SIAPR는 각각 0.763, 0.578에서 0.298, 0.441로 감소하였다 (Table 1, Fig 1).

3. p_T /MAP ratio 및 ΔP 의 변화로 진단된 혈관 협착

p_T /MAP ratio가 연속된 3번의 측정에서 10% 이상의 감소를 보이면서 0.8이하인 환자는 2 (4.3%)명이었으며, 이 환자들은 혈관 조영술 결과 모두 As소견을 보였다. 이들은 모두 초기 혈관 조영술에서 As 소견을 보여 PTA를 시행했던 환자들로 PTA 후 각각 3개월과 7개월 경과 후 었으며, 협착 부위는 초기 혈관 조영술에서 발견되었던 부위의 재협착이었다. SIAPR는 1명의 환자에서는 유입 혈관의 협착을 의심할 수 있는 측정 값인 0.13 이하이었으나, PTA 후의 변화는 미미하였으며, 나머지 1명의 환자에서는 0.13 이상의 측정 값을 나타내었다. PTA 후 2명 모두에서 ΔP 와 p_T 가 증가된 값을 보였으나, p_s 의 변화는 심하지 않았다. 한 명은 초기 혈관 조영술 상 As와 Vs를 모두 가진 환자로 PTA 후 그래프

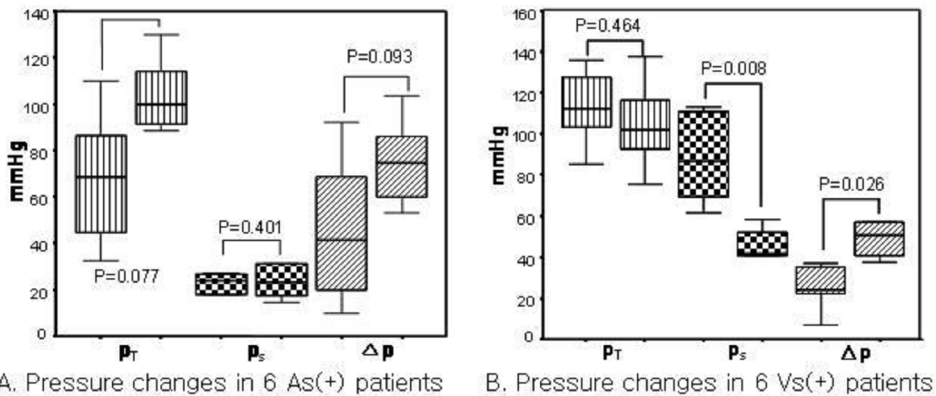


Fig. 1. Graphic representation of pressure change after intervention. (A) Pressure changes in 6 As (+) patients; (B) Pressure changes in 6 Vs (+) patients.

Table 1. Pressure and Ratio Changes after Intervention

Patients with As (+) (n=6)							Paired Difference		
Before/After	1	2	3	4	5	6	Mean ±SD	Min/Max	p-value
p _T (mmHg)	32.6/130.0	110.0/96.0	86.4/96.0	60.2/114.2	44.7/91.2	76.7/88.3	-35.4 ± 0.3	-76.5/5.7	0.077
p _T /MAP ratio	0.32/1.15	0.88/0.87	0.84/0.86	0.83/0.86	0.46/0.94	0.70/1.10	-0.3 ± 0.3	-0.64/0.06	0.088
p _S (mmHg)	22.9/26.2	18.0/14.7	17.7/17.3	27.3/65.5	24.9/31.1	26.7/20.0	-5.4 ± 14.4	-20.5/9.7	0.401
ΔP (mmHg)	9.7/103.6	2.0/81.3	68.8/86.0	32.8/53.2	19.8/60.0	50.0/68.3	-29.9 ± 35.3	-67.0/7.2	0.093
SIAPR	0.22/0.26	0.17/0.13	0.17/0.17	0.25/0.52	0.26/0.32	0.24/0.16	-0.04 ± 0.12	-0.17/0.09	0.445
VDP (mmHg)	60/180	60/50	40/83	100/90	40/60	100/80	-23.8 ± 52.6	-79.0/31.4	0.318

Paired Difference in Vs (+) (n=6)							Paired Difference		
Before/After	1	2	3	4	5	6	Mean ±SD	Min/Max	p-value
p _T (mmHg)	106.7/104.5	103.6/137.7	135.7/116.3	117.8/92.6	127.3/75.7	85.5/99.5	98.4 ± 30.4	-63.7/33.7	0.464
p _T /MAP ratio	1.23/1.08	0.94/1.37	1.35/1.12	0.98/0.81	1.09/0.78	0.80/1.03	0.03 ± 0.3	-0.27/0.34	0.791
p _S (mmHg)	69.6/58.5	81.2/40.6	113.3/40.7	110.7/51.8	92.1/121.0	61.7/42.7	45.6 ± 26.4	17.9/73.3	0.008
ΔP (mmHg)	37.1/46.0	22.3/97.0	24.3/37.5	7.2/40.9	35.2/54.8	23.8/56.8	-30.5 ± 23.9	-55.6/-5.4	0.026
SIAPR	0.80/0.61	0.74/0.41	1.13/0.76	0.92/0.46	0.79/0.22	0.58/0.44	0.35 ± 0.16	0.17/0.51	0.003
VDP (mmHg)	80/80	100/120	80/120	140/100	60/150	100/80	-15.0 ± 46.4	-63.7/33.7	0.464

Paired Difference in As (+) & Vs (+) (n=2)		
Before/After	Patient 1	Patient 2
p _T (mmHg)	80.5/85.2	85.5/99.5
p _T /MAP ratio	0.73/0.80	0.80/1.03
p _S (mmHg)	76.3/29.2	61.7/35.66
ΔP (mmHg)	23.7/56.0	23.8/69.3
SIAPR	0.76/0.298	0.578/0.44
VDP (mmHg)	120/120	100/80

Abbreviations : As, inflow stricture; Vs, outflow stricture; p_T, total pressure; MAP, mean arterial pressure; p_S, static pressure; ΔP, p_T-p_S; SIAPR, static intra-access pressure ratio; VDP, venous dynamic pressure

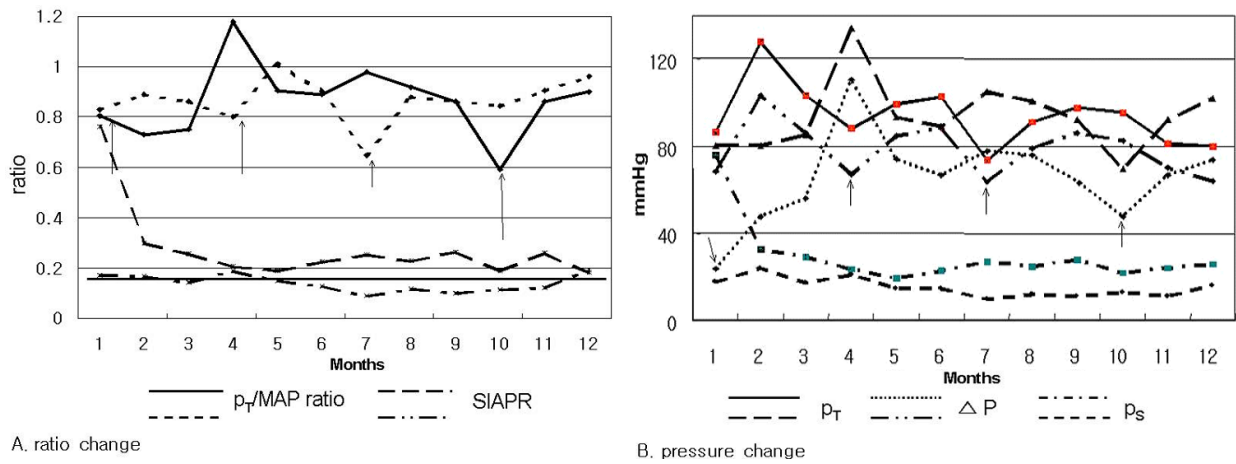


Fig. 2. Pressure and ratio changes in 2 patients with newly developed inflow stricture diagnosed by P_T/MAP ratio change (A, ratio change; B, pressure change; arrows indicate the time of PTA).

초기에 p_S와 SIAPR의 변화가 심하게 나타났다 (Fig. 2). 연속된 3번 이상의 측정에서 10% 이상의 ΔP 감소를 보인 5 (10.9%)명의 환자는 혈관 조영술 상 모두 V_S 소견을

보였다. 이들 중 3명의 환자는 초기 혈관 조영술에서 V_S가 발견되어 PTA를 시행했던 환자들이었다. 세 명의 환자에서 두 번 V_S가 발견되었고, 1명의 환자의 병변은 초기 병변의

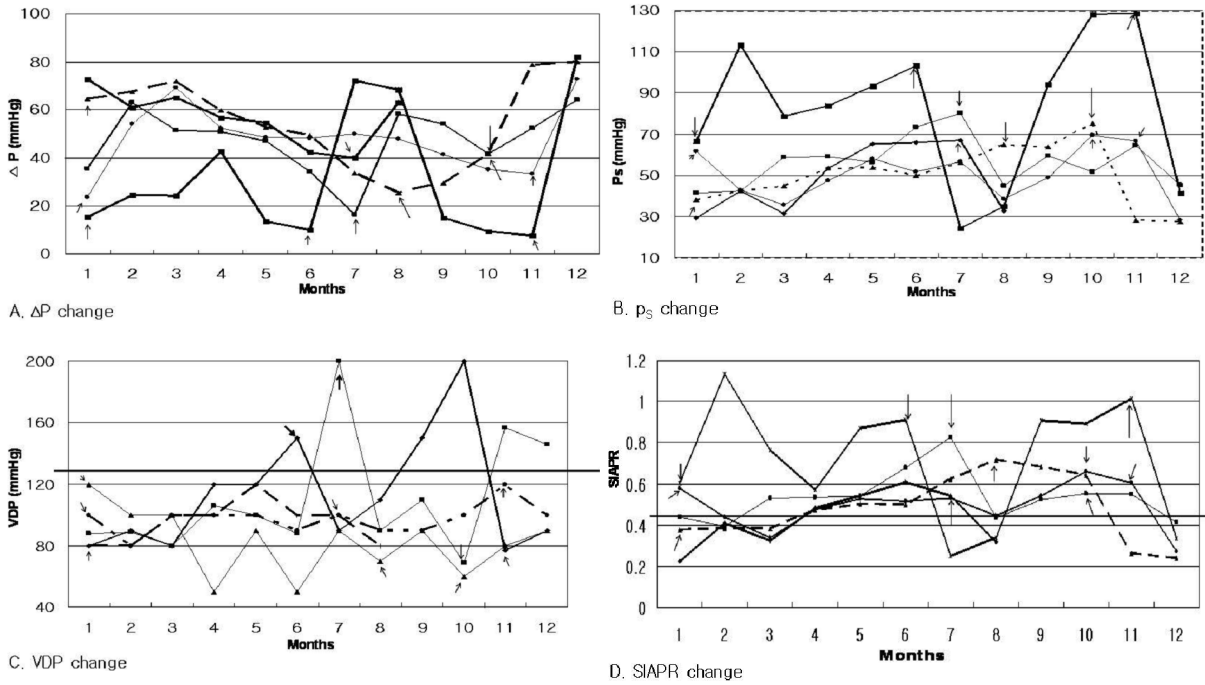


Fig. 3. Pressure and ratio changes in patients with outflow stricture detected with ΔP decrement (A, ΔP change; B, p_s change; C, VDP change; D, SIAPR change; arrows indicate the time of PTA).

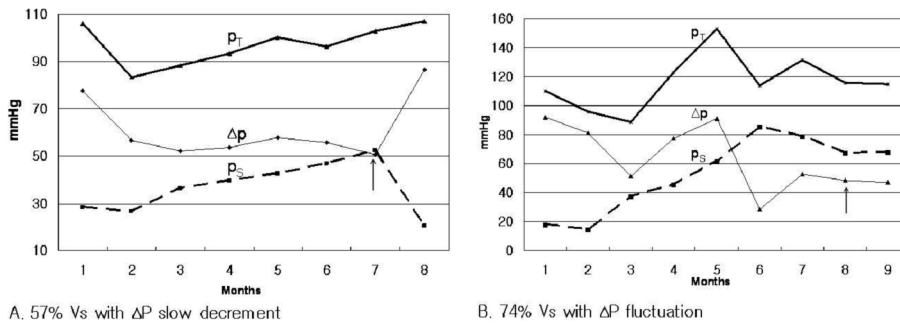


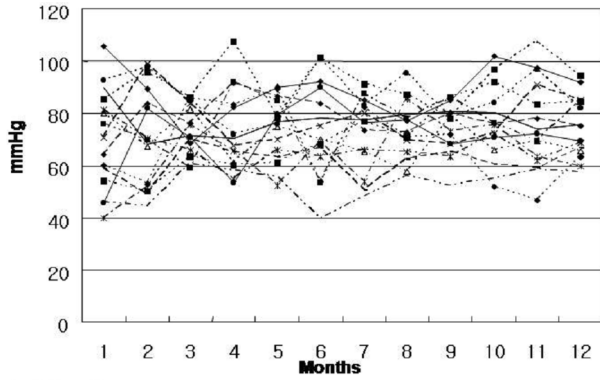
Fig. 4. Pressure changes in outflow stricture detected with final angiography (A, 57% Vs with ΔP slow decrement; B, 74% Vs with ΔP fluctuation; Arrows indicate the time of PTA).

재협착이었다. Vs 소견을 보인 모든 환자들은 PTA 후 ΔP 의 증가 소견을 보였다. Vs 진단 시 VDP는 2명만이 125 mmHg 이상으로 측정되었으며, PTA 후에도 감소하지 않는 예측할 수 없는 그래프로 나타났다. SIAPR은 모두 0.43 이상으로 측정되었으며, PTA로 교정 후에는 1명을 제외하고 모두 0.43 이하로 감소하였다 (Fig 3).

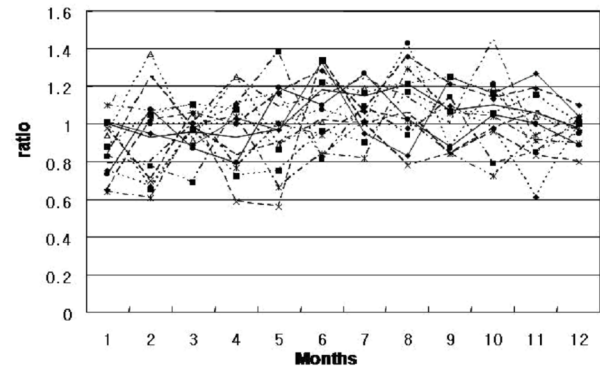
4. 초기 및 최종 혈관 조영술 결과의 비교

총 31명의 환자에서 연구 종료 시점 1개월 전에 최종 혈관 조영술을 실시하여 초기 혈관 조영술 소견과 비교한 결과 2

(6.4%)명의 환자에서 ΔP 의 감소로는 예측하지 못한 Vs가 발견 되었다. 첫 번째 환자의 경우 ΔP 가 작은 폭으로 감소하여 Vs의 진단 기준으로 정한 10%의 감소에 미치지 못함과 동시에 연구 기간 중간에 다시 증가하는 소견을 보였다. SIAPR 역시 0.43 미만으로 진단 기준에 미치지 못하였다. 두 번째 환자의 경우에는 ΔP 가 증가와 감소를 반복하였고, 이는 p_T 의 변화 형태와 비슷한 곡선으로 나타났다. 이 환자의 SIAPR는 Vs 진단 시만 아니고 연구 시작 시에도 0.43 이상으로 높게 측정되었다. 그러나 두 환자 모두 Vs 진단 시 초기 측정 시 보다 낮은 ΔP 를 나타냈으며 ($p=0.086$), p_s 는 모두 점진적인 증가 곡선을 보였다 (Fig. 4).



A. ΔP pattern



B. P_T/MAP ratio pattern

Fig. 5. 15 patients ΔP and P_T/MAP pattern having no vascular stricture during study period (**A**, ΔP pattern; **B**, P_T/MAP ratio pattern).

초기 및 최종 혈관 조영술 모두에서 혈관 협착 소견이 발견되지 않았던 환자는 모두 15 (32.6%)명이었다. 연구 기간 중 이들의 p_T/MAP ratio, ΔP 는 측정 시마다 다른 측정값을 보였으나 저자들이 혈관 조영술이 필요한 기준에 해당하는 환자는 없었다 (Fig. 5). 특히 6명의 환자에서 p_T 는 기록이 심하였으며, 초기 및 최종 혈관 조영술을 다시 판독한 결과 모두 수부 쪽으로 배액되는 혈관 결가지를 가지고 있었다 (Fig. 6). 각 측정치의 급내 상관관계수 (intra-class correlation)를 구해 본 결과 ΔP , p_s 와 SIAPR는 중등도의 재현성을 보였으나 ($0.40 < p_i < 0.75$), VDP, MAP, p_T , p_T/MAP ratio 등은 재현성이 낮았다 ($p_i < 0.40$, Table 2).

이들 15명의 환자에서 MAP와 p_s , p_T 와 p_s 및 MAP와

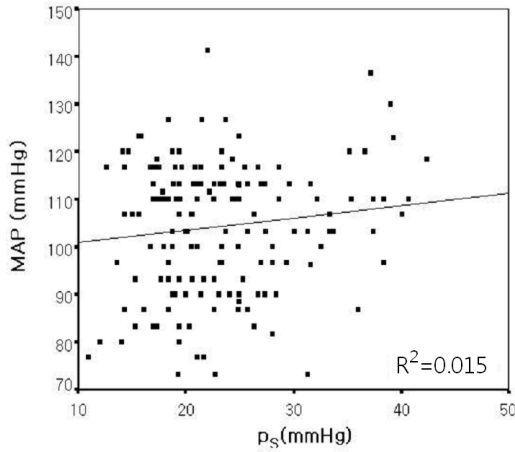
Table 2. Intraclass Correlation in the 15 Patients having no Vascular Stricture during Study Period

Variable	p_i
MAP	0.321
p_T	0.373
p_T/MAP ratio	0.247
p_s	0.664
ΔP	0.446
SIAPR	0.605
VDP	0.192

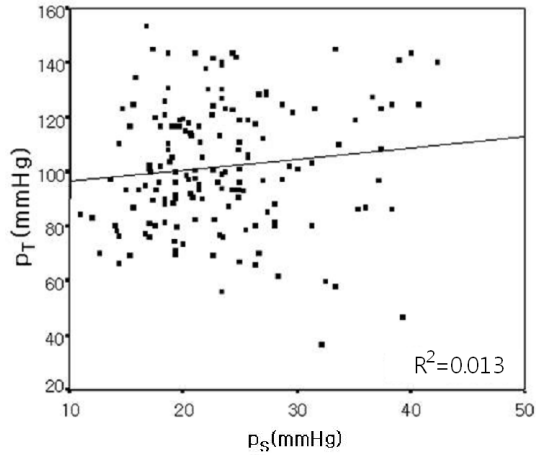
Abbreviations: p_T , total pressure; MAP, mean arterial pressure; p_s , static pressure; ΔP , $p_T - p_s$; SIAPR, static intra-access pressure ratio; VDP, venous dynamic pressure



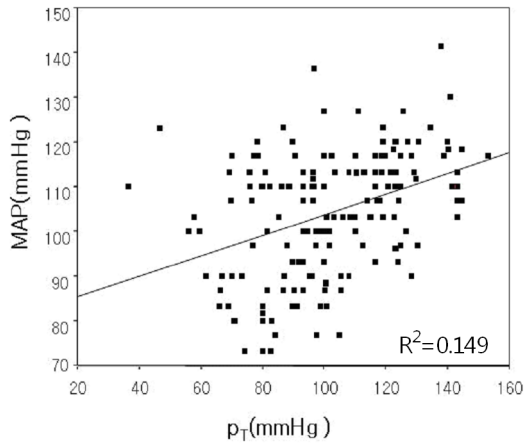
Fig. 6. Angiographic findings of p_T fluctuation patients (Arrows indicate the collateral branches to the hand).



A. Correlation between MAP and p_S



B. Correlation between p_T and p_S



C. Correlation between MAP and p_T

Fig. 7. Correlation between MAP, p_T and p_S . (A, between MAP and p_S ; B, between p_T and p_S ; C, between MAP and p_T).

p_T 사이의 상관관계는 각각 $R^2=0.015$, $R^2=0.013$ 및 $R^2=0.149$ 로 통계적 유의성은 없었다 (Fig. 7).

고찰

동정맥루 기능 이상의 가장 많은 원인은 교정되지 않은 혈관의 협착에 의해 발생하는 혈전에 의한 폐색으로 알려져 있다⁶⁻⁸⁾. 그리고 혈관 협착의 예방적 교정은 동정맥루의 기능 소실률을 감소시키고 개존률을 증가 시킬 수 있다고 한다⁸⁻¹⁰⁾. 동정맥루의 기능 이상을 조기에 발견하기 위해서는 주기적이고 객관적인 기능 평가 (surveillance)가 요구되며^{11, 12)}, 여러 가지 방법들이 제시되고 있으나 실제 임상 적용에 있어 크고 작은 문제점들을 내포하고 있다.

NKF-K/DOQI guideline에 의하면 투석 중 정맥압 측정에 의한 정맥 유출로 진단 방법이 기술되어 있다¹⁾. 그러나 본

연구의 초기 혈관 조영술에서 V_S 를 보인 환자들 중 2명만이 진단 기준을 만족하였으며⁵⁾, PTA 후에도 의미 있는 차이를 발견하지 못하였다. 또한 연구 기간 내 ΔP 의 감소로 진단된 5명과 최종 혈관 조영술로 발견된 2명의 V_S 환자에서는 2명만이 V_S 의 진단 기준을 만족하였다. 이 방법은 이미 보고된 바와 같이 채액량, 주사 바늘의 구경 및 위치, 혈류 속도, 심박출량, 투석기의 혈류 속도, 투석관의 종류 및 길이에 의해 측정 값이 영향을 받을 수 있다. 또한 가장 중요점은 환자의 혈압이나 심박출량에 대한 고려가 없어서, 혈관 협착에 대한 정확한 진단이 불가능하며, 특히, 정맥 유출로의 협착 소견은 발견 가능하나, 동맥 천자 부위와 정맥 천자 부위 사이에 발생한 협착은 진단 되지 않는다¹³⁻¹⁵⁾.

1992년 Besarab 등¹⁶⁾은 SIAPR를 측정하여 동정맥루 협착을 진단할 수 있다고 발표하였고, 최근 간편한 SIAPR의 측정을 위해 Access Alert (Medisystems, Inc., Seattle,

WA, USA)가 고안되어 소개되었다^{17, 18)}. Access Alert을 사용하면 투석을 중지 시킬 필요가 없고, 바늘을 천자하여 즉시 측정할 수 있으며, 압력계의 높이에 대한 보정 없이 동정맥루 내 정압을 환자의 위치에서 측정할 수 있다. 또한, 투석관 등 압력의 측정에 영향을 주는 요소를 배제할 수 있다. 그리고 동맥 및 정맥 측 천자 부위에서 각각 측정된 압력을 통해 동정맥루의 유입 동맥, 중간 정맥, 유출 정맥의 협착 소견을 발견할 수 있다고 한다^{18, 19)}. 그러나 이 측정 방법의 정확성에 대해서는 아직도 논란의 여지가 있다^{20, 21)}. NKF-K/DOQI guideline에서는 A_s 를 의심할 수 있는 SIAPR는 0.13 이하로 규정하고 있지만 여기에 임상적 소견을 덧붙여 해석하도록 되어있다. 본 연구 결과 초기 혈관 조영술에서 A_s 가 발견 경우 SIAPR가 진단 기준에 만족하는 환자는 한 명도 없었으며, PTA 후에도 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다 ($p=0.445$). p_T /MAP ratio의 감소로 A_s 가 새로 진단된 경우에도 한 명의 환자에서는 정상 범위의 SIAPR를 나타냈다 (Fig 2A). 이에 비해 ΔP 의 감소로 진단된 5명의 V_s 환자들은 모두 SIAPR이 0.43 이상 이었고, PTA 후에는 1명을 제외하고 모두 0.43 이하로 감소하였다 (Fig 3D). 이상의 두 가지 현상으로 SIAPR은 V_s 의 진단에는 민감하지만 A_s 의 진단에는 부족한 점이 있다고 생각된다.

저자들은 동정맥루의 감시를 위한 이상적인 방법을 개발하고자 여러 가지 실험적 연구들을 진행하였다. 투석관 내 p_s 과 반대편 상완에서 측정된 MAP를 p_T 로 투석관 내 혈류량을 계산하였다²⁾. 그러나 이 방법으로는 유출 혈관의 협착 소견은 진단 가능하나 유입 혈관에 대한 평가를 할 수 없었다⁴⁾. 그래서 유출 혈관에 대한 평가뿐 아니고 유입 혈관에 대한 평가도 가능한 방법으로 동정맥루 내에서 직접 p_T 와 p_s 를 측정하는 방법을 고안하여 발표하였다⁵⁾.

초기 혈관 조영술에서 V_s 가 발견된 환자들은 PTA 후 p_s 와 ΔP 가 모두 통계적으로 의미 있게 변화하였다. 이 현상은 유출 정맥의 협착이 존재할 경우 혈관 내 압력은 증가하며, 혈류량을 결정하는 ΔP 는 감소한다는 가설을 뒷받침 한다. 그러나 A_s 가 있었던 환자들은 PTA 후 p_T 와 ΔP 가 증가하는 하였으나 통계적으로 의미는 없었다. 이것은 A_s 의 경우에 V_s 보다 PTA 후의 압력 변화의 정도가 적었다는 뜻으로 해석되며, 그 원인은 향후 연구가 필요할 것으로 생각 된다.

본 연구에서 p_T 를 측정하기 위해 동정맥루 내 16 gauge의 동정맥루 천자 세트 (A.V. fistula set: Baxter Healthcare Corp., Deerfield, IL, USA)를 이용하여 동정맥루의 동맥 측에 천자를 하고, 그 말단에 압력 소실을 최소화 하기

위해 생리 식염수를 채운 연속 관류 카테터 (pressure monitoring kit with Truwave disposable pressure transducer: Edwards Lifesciences, LLC., Irvine, CA, USA)를 연결하였고, 압력을 측정할 수 있는 환자 감시 장치 (Dash 4000[®]: GE Medical Systems, Milwaukee, WI, USA)에 연결하여 p_s 를 측정 한 후, 천자부의 직상방을 지혈대를 이용하여 결찰하여 동정맥루의 혈류를 차단하고 p_T 를 측정하였다. p_T 측정의 정확성을 기하기 위해 압력 곡선이 안정되고 난 후의 수축기 및 이완기 압력을 읽은 후 MAP을 계산하는 공식에 의해 p_T 를 구하였다. 또한 완전한 혈류 차단을 확인하기 위해 지혈대 결찰 후 하위부에 청진기를 대고 잡음 (bruit)의 소실을 확인하였다. 그러나 총 6명의 환자에서 변화가 심한 p_T 측정값을 보였는데, 이들은 혈관 조영술 소견 상 모두 수부 쪽으로 배액되는 정맥 분지를 가지고 있었으며, 1명의 환자에서는 p_T 측정값의 심한 변화로 V_s 가 진단되지 않은 경우도 있었다. 즉, 동정맥루의 혈류를 차단하기 위해 지혈대로 결찰 시 천자 부위와 결찰 부위에 따라 완전히 결찰되지 않아 혈류의 누출이 발생하여 실제 압력 보다 낮게 측정 되었을 가능성이 있다. 이와 같은 현상을 방지하기 위해서는 동정맥루 결찰 후 압력을 읽기 전에 반드시 결찰 부위 상하위를 청진기로 청진하여 잡음이 완전 소실된 것을 확인할 필요가 있다.

p_T 측정 시의 또 한가지 문제점은 동정맥루 결찰 시 지혈대에 의한 과도한 압박으로 인한 영양 동맥의 혈류 장애를 생각할 수 있다. 요골 동맥은 요골과 척골 사이에 존재하고 근막에 의해 싸여 있어 지혈대에 의해 압박될 가능성은 희박하다. 그러나 상완 동맥은 뼈 사이에 위치하지 않고 상완의 내측으로 주행하여 지혈대의 압박에 의해 영향을 받을 수 있다. 그래서 초기 연구에서는 수부 저림, 통증 등의 임상 증상을 관찰하였으나, 본 연구에서는 객관성을 높이기 위해 환자 감시 장치를 이용하여 측정측 인지에서 산소 포화도를 측정하여 변화가 없는 것을 확인하였다.

지혈대 사용 시 우려되는 점은 혈전의 발생으로 인한 동정맥루 폐쇄이다. 그러나 지혈대를 이용하여 동정맥루의 혈류를 차단하는 시간은 약 30-40초 정도로, 자가 동정맥루의 천자를 위해 지혈대를 사용하는 시간과 비교하여 오히려 더 짧을 수 있다. 실제로 연구 기간 동안 혈전 형성에 의한 동정맥루 폐쇄의 발생은 없었다.

본 연구 결과 초기 및 최종 혈관 조영술에서 이상 소견이 없던 환자에서 p_s , ΔP , SIAPR는 비교적 재현성이 있다고 할 수 있겠으나 ($0.4 < p_T < 0.75$), p_T , MAP와 VDP는 재현성

이 적었다 ($p_T < 0.4$). MAP의 결정의 매우 다양한 요소에 의해 결정되며, 그 요소들을 고려하지 않았으므로 MAP 경우는 측정의 재현성 여부는 논할 수 없다고 생각 된다. VDP는 재현성이 적어 진단 방법으로서의 가치가 떨어진다고 생각된다. p_T 의 측정은 재현성이 적었는데, 그 이유는 전술한 바와 같이 정맥 결가지의 유무에 의한 것이 가장 큰 비중을 차지 할 것으로 생각되며, 향후 측정 시 세심한 주의로 개선될 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 ΔP 는 재현성이 비교적 인정되므로 향후 이들의 해석이 중요할 것으로 생각된다 (Table 2).

일반적으로 혈압의 변화에 따라 동정맥루 내 p_S 가 변화될 것으로 여겨지고 있으며, 이와 같은 이유로 SIAPR의 측정에도 p_S 를 MAP로 나누어 표준화하여 혈압의 요소를 반영하고자 한 것으로 보여진다¹⁶⁾. 그러나 본 연구 결과에서 MAP와 p_S 및 p_T 와 p_S 는 상관 관계가 없는 것으로 나타났다 ($R^2 = 0.015$, $R^2 = 0.013$). 이와 같은 현상은 두 가지 측면에서 생각해 볼 수 있겠다. 첫째 MAP, p_T 및 p_S 의 측정값 중 정확하지 않은 요소가 있다고 생각할 수 있다. 본 연구에서 측정된 MAP는 5 mmHg 이하까지 측정된 결과가 한번도 없었다. MAP의 측정은 동정맥루가 없는 반대편 상완에 혈압 측정 띠를 감아 계기관식 혈압계 (arenoid type sphygmomanometer)의 눈금을 읽은 것이다. 이 측정 값은 맥박의 고동 소리를 들으며 눈금을 읽으므로 관찰자에 따라 오차가 발생할 수 있다. 그리고 p_T 또한 변화가 심한 환자들이 있었다. 반면 p_S 의 측정은 안정된 압력 곡선과 기계에서 자동으로 표시해 주는 측정값을 읽을 수 있어 정확하다고 할 수 있다. 두 번째 가정은 p_S 가 MAP 및 p_T 의 변화에 대해 민감하게 변화하지 않고, 말초 혈관의 자율신경에 의해 일정한 혈관의 탄성도를 유지하여 어느 정도의 혈압 변화에도 일정한 압력을 유지할 수 있다는 것이다. 만약 이 가정이 옳다면 동정맥루 내 정압 측정을 이용한 혈관 협착을 진단하기 위해 굳이 MAP나 p_T 의 요소를 반영 할 필요가 없을 것이다.

연구 기간 동안 A_S 와 V_S 를 진단할 수 있는 기준에 만족하는 환자를 혈관 조영술로 확인한 결과 모두 혈관 내 협착 소견을 보였으며, 이들은 PTA 후 모두 변화된 압력을 나타냈다. 그러나 2명의 V_S 환자는 최종 혈관 조영술에서 발견되었다. 그 이유를 여러 가지로 설명할 수 있겠지만 가장 큰 원인은 진단 기준이 아직 모호한 때문으로 생각된다. 본 연구의 추적 기간은 12개월로 경향 분석을 하기에는 비교적 추적 기간이 짧아 정확성을 기하기 위해 연구 종료 시점에서 다시 혈관 조영술을 하였다. 본 연구 방법으로 진단의 민감도와 특이도를 구하고자 하였으나 대상 군이 작고 추적 기간이 짧아

의미가 적을 것으로 생각되었다. 따라서 민감도와 특이도가 모두 높은 진단 기준을 확립하기 위해서는 다수의 환자를 대상으로 한 장기간의 연구가 필요할 것으로 생각된다.

인조 혈관에 의한 동정맥루의 경우 혈류를 차단할 수 있는 조작이 불가능하였고, 실제로 자가 혈관 동정맥루 보다 수적으로 많지 않아 대상에서 제외하였다. 그러나 자가혈관에 의한 동정맥루에서 보다 인조혈관에 의한 동정맥루에서 혈전이 많이 형성되므로 향후 인조 혈관에 의한 동정맥루에서의 측정 방법 개발도 필요하다.

요 약

목적 : 혈액투석 환자에서 동정맥루의 협착을 간편하고 경제적인 방법으로 조기 진단하기 위해, 저자들은 동정맥루 내 전압 (p_T)과 정압 (p_S)을 측정하여 p_T 와 p_S 차이 (ΔP)와 p_T 와 평균 동맥압의 비 (p_T /MAP ratio)를 계산하였고, 이를 혈관 조영술에 의한 협착 유무와 비교하여 p_T /MAP ratio로 유입 혈관의 협착을, ΔP 로는 유출 정맥의 협착을 진단 할 수 있다고 보고한 바 있다. 본 연구의 목적은 연속적인 측정을 통한 동정맥루 내 압력의 변화와 혈관 조영술에 의해 확인된 혈관 협착과의 상관관계를 규명하여 본 연구 방법의 임상적 유용성을 증명하고자 함이다.

방법 : 기존 연구 대상이었던 조성 후 최소 3개월이 경과한 자가 동정맥루로 혈액투석을 하고 있는 환자 46명을 대상으로 12개월 동안 매월 한 번씩 혈액투석 시작 전 fistula needle set으로 동맥 측 천자를 한 후, 그 말단에서 p_T 과 p_S 를 측정하였다. p_T 는 지혈대로 동맥 측 천자 부위 직상방을 결찰하여 표재정맥의 혈류가 차단된 후 측정하였다. 초기 혈관 조영술에서 동맥 측 천자 부위 이전 (A_S)과 이후 부위 (V_S)의 협착이 있던 환자들은 발견 후 2개월 이내에 경피적 혈관 성형술 (PTA)시술을 받았으며, PTA 이전과 이후의 압력 변화를 비교하였다. ΔP 가 연속된 3개월 동안 10% 이상 감소하거나, p_T /MAP ratio가 0.8 이하이면서 3개월 이상 10% 이상 감소된 경우 혈관 조영술을 시행하여 확인하였으며, A_S 와 V_S 의 협착 정도를 pixel로 측정하여 50% 이상일 경우 임상적 의미가 있다고 판정하여 PTA를 시행하였다. 또한 연구 종료시점에 다시 혈관 조영술을 시행하여 연구 시작 시점의 혈관 조영술과 비교하였다.

결과 : 연구 시작 시 A_S (+)였던 10명의 환자 중 6명의 환자에서 중재술을 시행하였으며, 술 후 p_T /MAP ratio와 ΔP 가 모두 증가하였으나, 통계적으로 의미는 없었다 ($p >$

0.05). V_s (+)였던 7명의 환자 중 6명에서 중재술을 시행하였고, 술 후 ΔP 가 의미 있게 증가하였다 ($p=0.026$). A_s 와 V_s 를 동시에 가지고 있던 2명의 환자는 중재술 후 ΔP 는 의미 있게 증가하였으나 ($p=0.004$), p_T /MAP ratio의 증가는 통계적으로 의미는 없었다 ($p=0.637$). 연구 종료 시 혈관 조영술을 시행한 환자는 31명이었고 평균 추적 기간은 8.4 ± 4.5 개월이었다. 연구 종료 시까지 추적 관찰된 환자 중 압력의 변화로 A_s (+)가 2명, V_s (+)가 5명이 진단 되었으며, 이들 모두 혈관 조영술에서 혈관 협착이 발견 되어 1개월 내에 중재술로 교정하였다. 최종 혈관 조영술 상 2명의 환자에서 압력측정으로 진단하지 못한 V_s 가 발견 되었다 (6.4%). 초기 및 최종 혈관 조영술 상 모두 A_s (-), V_s (-)인 15명의 환자의 압력 변화 곡선에서 p_s 는 안정적이었으나, p_T 와 ΔP 는 변화가 비교적 심하였으며, ΔP 는 p_T 와 같은 형태의 그래프로 나타났다. 본 측정 방법의 재현성을 알아보기 위해 급내 상관계수를 구해 본 결과 ΔP , p_s 와 동정맥루 내 정압비 (SIAPR)는 중등도의 재현성을 보였으나 ($p_1 > 0.40$), 투석 중 정맥압 측정 (VDP), MAP, p_T , p_T /MAP ratio 등은 재현성이 낮았다 ($p_1 < 0.40$).

결론: 동정맥루 내에서 측정된 p_T /MAP ratio와 ΔP 의 변화로 각각 유입 혈관과 유출 정맥의 협착 소견을 발견할 수 있었다. 그러나 특이도와 민감도가 높은 진단 기준의 확립을 위해서는 다수의 환자를 대상으로 한 장기간의 연구가 필요하겠다.

참 고 문 헌

- 1) III. K/DOQI Clinical practice guidelines for vascular access: update 2000. *Am J Kidney Dis* 37:S137-S181, 2001
- 2) Lee JH, Song SY, Cho HK, Yoon SY, Yang SJ, Huh KH, Kim SI, Kim YS, Park K: Development of simple flow measurement in the vascular access conduit based on the Bernoulli's theory. *J Korean Soc Vasc Surg* 20:115-124, 2004
- 3) Lee JH, Huh KH, Kim YS, Cho HE, Park K: Flow measurement in the vascular access conduit: an ex vivo experimental model. *J Korean Surg Soc* 68: 253-257, 2005
- 4) Lee JH, Yoon SY, Cho HK, Song SY, Yang SJ, Ahn HJ, Cho HE, Kim YS, Park K: Flow measurement in the hemodialysis vascular conduit for surveillance of internal arteriovenous fistula: a trend analysis. *J Korean Surg Soc* 71:139-144, 2006
- 5) Lee JH, Park SI, Yoon SY, Lee SC, Yang SJ, Ahn HJ, Kim YS, Park KI: Early detection of hemodialysis arteriovenous fistula dysfunction with intra-access static and total pressure measurement. *Korean J Nephrol* 26:70-78, 2007
- 6) Schwab SJ, Raymond JR, Saeed M, Newman GE, Dennis PA, Bollinger RR: Prevention of hemodialysis fistula thrombosis. Early detection of venous stenosis. *Kidney Int* 36:707-711, 1989
- 7) Besarab A, Sullivan KL, Ross RP, Moritz MJ: Utility of intra-access pressure monitoring in detecting and correcting venous outlet stenoses prior to thrombosis. *Kidney Int* 47:1364-1373, 1995
- 8) Sands JJ, Miranda CL: Prolongation of hemodialysis access survival with elective revision. *Clin Nephrol* 44:329-333, 1995
- 9) Either J, Falardeau P, Vandeville B, Roy L, Legault (legault) L, Gascon M, Beroniade V, Morin C: Access flow monitoring of native fistula using ultrasound dilution technique: 30 months experience. *J Am Soc Nephrol* 11:183A, 2000.
- 10) Safa AA, Valji K, Roberts AC, Ziegler TW, Hye RJ, Oglevie SB: Detection and treatment of dysfunctional hemodialysis access graft: Effect of surveillance program on graft patency and the incidence of thrombosis. *Radiology* 199:653-657, 1996
- 11) McCarley P, Wingard RL, Shyr Y, Pettus W, Hakim RM, Ikizler TA: Vascular access blood flow monitoring reduces access morbidity and costs. *Kidney Int* 60:1164-1172, 2001.
- 12) Krivitski NM, Gantela S: Access flow measurement as a predictor of hemodialysis graft thrombosis: making clinical decisions. *Semin Dial* 14:181-5, 2001
- 13) Hoeben H, Abu-Alfa AK, Reilly RF, Aruny JE, Bouman K, Perazella MA: Vascular access surveillance: evaluation of combining dynamic venous pressure and vascular access blood flow measurements. *Am J Nephrol* 23:403-408, 2003
- 14) Cayco AV, Abu-Alfa AK, Mahnensmith RL, Perazella MA: Reduction in arteriovenous graft impairment: Results of a vascular access surveillance protocol. *Am J Kidney Dis* 32:302-308, 1998
- 15) Kleinekofort W, Kraemer M, Rode C, Wizemann V: Extracorporeal pressure monitoring and the detection of vascular access stenosis. *Int J Artif Organs* 25: 45-50, 2002
- 16) Besarab A, Moritz M, Sullivan K, Dorrell S, Price JJ: Venous access pressures and the detection of intra-access stenosis. *ASAIO J* 38:M519-523, 1992
- 17) Besarab A, Frinak S, Sherman RA, Goldman J, Dummer F, Devita MV, Kapoian T, Al-Saghir F, Lubkowski T: Simplified measurement of intra-access pres-

- sure. *J Am Soc Nephrol* 9:284-289, 1998
- 18) Jung HW, Kim YO, Song WJ, Kim YS, Yoon SA, Kim BS, Song HC, Kim SY, Choi EJ, Chang YS, Bang BK: Static venous pressure measurement by Access Alert in detecting vascular access stenosis. *Korean J Nephrol* 25:61-68, 2006
- 19) Kleinekofort W, Kraemer M, Rode C, Wizemann V: Extracorporeal pressure monitoring and the detection of vascular access stenosis. *Int J Artif Organs* 25: 45-50, 2002
- 20) Dember LM, Holmberg EF, Kaufman JS: Value of static venous pressure for predicting arteriovenous graft thrombosis. *Kidney Int* 61:1899-1904, 2002
- 21) Spergel LM, Holland JE, Fadem SZ, McAllister CJ, Peacock EJ: Static intra-access pressure ratio does not correlate with access blood flow. *Kidney Int* 66: 1512-1516, 2004