

Vascular Access Surveillance

순천향대학교 부천병원 신장내과

김진국

서론

혈액투석 치료를 지속하는 말기 신부전증 환자에서 혈로 (vascular access)는 생명선 같이 소중한 것으로, 적절한 혈로를 장기간 확보하여 필요한 투석량을 유지하는 것은 환자의 예후 및 양질의 삶을 유지하는데 있어서 매우 중요하다. 이상적인 혈로는 혈액투석 시에 적절한 혈류 속도 (600–800 mL/min)를 유지하여 정해진 시간 내에 투석의 효율성을 높일 수 있고, 협착이나 폐쇄, 혈전, 감염, 동맥류, 출혈 등 혈로와 관련된 합병증을 최소화 할 수 있어야 한다.

혈로를 감시할 수 있는 가능한 방법으로 적어도 월 1회 이상 혈로를 감시하고 이를 통해 동정맥루 기능 이상을 조기에 진단하고 교정하는 것은 혈액투석 환자를 유지 치료하는데 있어 매우 중요한 요인이라는 점은 여러 연구를 통해 잘 알려져 있다. 이에 본 논문에서는 혈로 감시의 필요성과 surveillance의 방법 및 유용성에 대해서 알아보하고자 한다.

본론

1. 혈로 감시의 필요성

동정맥루를 만들 수 있는 혈관의 수는 한정되어 있고, 특히 노인이나 당뇨 환자의 증가로 동정맥루 수술이 제한적이므로 확보된 혈로를 잘 유지하여 생존기간을 최대한 연장시키는 것은 환자 관리에 있어 필수적이다. 또한 혈로의 이상으로 혈로 내의 혈류량이 감소하게 되면 투석의 효율이 떨어지게 되고 결과적으로는 환자의 유병률과 사망률의 증가를 초래하게 된다^{1, 2)}. 그러므로 적어도 월1회 이상 정기적으로 혈로 감시를 시행하여 혈로의 기능 이상을 조기에 진단하고 교정해 주면 투석 효율의 저하를 막고 혈전의 발생을 줄여 환자의 유병률을 감소시키고 삶의 질도 향상시킬 수 있다. Sehgal 등²⁾이 Kt/V가 0.1 감소할 때마다 입원률은 11% 증가하고 입원일 수도 12% 증가하며 비용은 \$940 증가됨을 보고한 것을 보면 적절하게 혈로를 유지하여 투석의 효율을 잘 유지해 주는 것이 얼마나 중요한지를 알 수 있다.

정기적인 혈로 감시의 필요성에 대해서는 아직은 논란이 있다. Sands 등³⁾은 적절한 혈로 감시로 협착을 교정해 주면 혈전을 50–75% 감소시킬 수 있으며 이를 통해 환자의 유병률을 감소시키고 의료 비용을 줄일 수 있어 유용하다고 한 반면, Paulson 등⁴⁾은 인조혈관에서 혈로의 감시로 정확하게 혈전 발생을 예측할 수 없으며 혈로와 관련된 처치를 줄이고 혈로의 생존기간을 연장시킬 수 없다는 주장을 하였다.

2. 혈로 감시의 정의

Monitoring과 Surveillance는 감시라는 용어로 혼용되고 있어 정확한 구분은 어렵지만 다음과 같이 정의할 수 있다. Monitoring은 혈로의 기능 이상을 암시하는 신체 징후를 발견하기 위한 진찰을 통해 혈로를 평가 하고 검사하는 방법이고, Surveillance는 혈로의 기능 이상을 검사하기 위한 특별한 기구를 이용한 방법으로 혈로를 주기적으로 평가하는 방법이라 할 수 있다.

혈로를 감시하는 방법에는 진찰 (physical examination), 투석중 정맥압의 측정 (venous dialysis pressure; VDP), 요소 재순환율 측정 (urea recirculation ratio; URR), 투석 적절도 측정 (Kt/Vurea, Urea reduction ratio), 동정맥루 조영술 (angiography), 자기공명 혈관조영술 (MRA), 외부 초음파나 혈관내 초음파 (intraultrasonography; IVUS)로 영상

을 얻는 방법 등으로 간접적으로 혈류 속도를 반영하는 방법과 초음파 희석법 (ultrasound dilution technique)을 비롯한 여러 가지 희석법, 도플러 초음파 (doppler ultrasonography), 이차원 위상 대조 자기공명영상 (2-dimensional phase-contrast MRI) 등으로 혈류량을 직접적으로 측정하는 방법들이 있다.

Table 1. Surveillance of Access

	Graft	Fistula
Preferred	Intra-access flow Static venous pressure Duplex ultrasound	Intra-access flow Physical examination Duplex ultrasound
Acceptable	Physical examination	Recirculation Static venous pressure
Unacceptable	Dynamic venous pressure	

NKF-K/DOQI clinical practice guideline for vascular access 지침⁵⁾에서는 혈액투석 환자에서 투석 치료를 시작하기 전에 매번 혈로의 개방 (patency)을 확인하고 모든 의료진에게 혈로 진찰에 대한 교육을 실시하고 환자 혈로의 특징적인 소견은 모두 기록해 둘 것을 권장하고 있다. 혈로의 기능 이상을 진단하기 위한 진찰은 적어도 월 1회 숙련된 검사자가 반드시 시행하고, 가능하다면 보다 자주 시행할 것을 권장하고 있다. 국내에서도 혈액투석 적정성 평가가 시행되고 있으며 동정맥루 협착증 모니터링으로 정적 동정맥루 내압비 (SIAPR) 측정, 초음파 희석법, 혈관 조영술, 듀플렉스 초음파 중 하나를 선택하여 월 1회 시행하도록 권고하고 있다.

3. 혈로 감시의 방법

1) 동정맥루 조영술

동정맥루 조영술은 침습적인 방법이지만 하나 혈액투석을 시작하기 전에도 검사가 가능하고 검사 방법이 정확하고 간단하며 진단과 동시에 치료도 가능하다는 장점이 있다. 또한 검사 비용적인 면에서도 외국에서는 다른 검사 방법에 비해 상대적으로 비용이 많이 드나 국내에서는 보험이 적용되어 비용이 적게 드는 편이다.

구 등⁶⁾은 자가 동정맥루 수술을 시행한 말기 신부전증 환자를 대상으로 수술 후 1개월에 정기적으로 동정맥루 조영술을 시행한 결과 28명의 대상 환자 중 정상 소견은 8명이었고 20명에서 협착이 관찰되었으며 그 중 8명은 협착이 정상 내경의 50% 이상으로 교정치료가 필요한 상태였다고 보고하였다. 이를 바탕으로 동정맥루 조영술이 혈로 감시 방법으로 유용하며 동정맥루 기능부전을 조기에 진단하여 치료 방침을 정하는데 도움을 줄 수 있음을 제시하였다.

2) 도플러 초음파

도플러 초음파는 직접적으로 동정맥루의 혈류량 측정이 가능하고 동시에 형태학적 관찰이 가능하여 협착 유무를 확인하고 협착 부위를 찾아내서 그 부위의 직경을 측정하여 협착 정도를 파악할 수 있는 장점이 있으나, 검사 비용이 비싸고 검사자 간의 오차나 측정 기기 간의 오차가 있어 사용이 제한적이다. 그러나 이러한 제한점에도 불구하고 도플러 초음파는 혈전에 대한 위험성을 예측하고 중재적 처치를 위한 전단계 검사로서 널리 이용되고 있다.

혈관조영술과 비교해 볼 때 민감도 93%, 특이도 94%, 정확도 97%로 매우 유용한 검사 방법이나, 혈류량 측정만 하는 경우에는 민감도와 특이도가 감소하게 된다. 비용적인 제한점에도 불구하고 수술 후 4-12주까지 성숙이 되지 않는 동정맥루를 평가하는데 있어서는 매우 유용한 검사법이다. 혈전의 발생을 예측하는데 있어서는 초음파 희석법과 비슷하다⁷⁾. Malik 등⁸⁾은 인조 동정맥루 환자들을 대상으로 추적관찰한 결과 3개월마다 정기적으로 도플러 초음파를 시행한 군이 협착을 조기에 진단하여 교정을 하였기 때문에 의미있게 동정맥루의 개존률이 높았음을 보고하였다.

도플러 초음파를 이용한 동정맥루의 형태학적 및 기능적 평가에 대한 국내 보고를 보면 동정맥루의 기능을 진단하는데 있어 매우 유용하며, 최고 수축기 속도 (PSV)의 증가와 수축기/이완기 비율 (S/D ratio)의 증가가 중요한 지표가 될 수 있음을 알 수

있다⁹⁾. 김 등¹⁰⁾은 자가 동정맥루의 조기 폐쇄 예측인자로서 수술 1주일 후 도플러 초음파를 이용하여 혈류량과 정맥 내경을 측정하는 것이 도움이 될 수 있음을 보고하였다.

3) 정적 동정맥루 내압비 (SIAPR)

정적 정맥압 (SVP)은 투석기계 자체에 있는 압력측정 장치나 압력을 측정할 수 있는 간단한 기기를 통해 압력을 직접적으로 측정하는 방법으로 투석 중 정맥압 (VDP)과는 달리 혈류 속도가 0인 상태에서 측정하여 비늘의 구경이나 위치, 혈류 속도, 체액량 등 여러 가지 외적인 요인에 영향을 받지 않고 비교적 정확하게 동정맥루 협착증을 예측할 수 있다.

정적 동정맥루 내압비 (static intra-access pressure ratio; SIAPR)는 혈액투석 적정성 평가에서 동정맥루 협착의 모니터링의 한 항목으로 다른 3가지 항목에 비해 비교적 시행이 용이하고 경제적인 검사이므로 많이 시행되고 있다. 자세한 방법은 건강보험심사평가원 홈페이지 (<http://www.hira.or.kr>)로 접속하여 요양기관서비스 → 평가계시판 → 공지계시판에 들어가면 측정 방법과 동영상 자료가 제공된다. 대략적인 방법은 우선은 동정맥루 반대편 팔에서 혈압을 측정하고 투석기계를 조작하여 정맥압을 측정한 후 동정맥루의 위치 차이에 의한 압력을 보정해 준다. 정맥높이 보정은 정맥 Drip chamber 내 혈액 끝과 동정맥루 사이의 높이를 측정하여 0.76를 곱하면 된다. 이 정맥압은 환자의 혈압에 직접적인 영향을 받으므로 평균동맥압으로 나누어 정적 동정맥루 내압비를 구하게 된다.

$$\text{정적 동정맥루 내압비} : (\text{정맥압} + \text{정맥높이 보정}) / \text{평균동맥압}$$

국내의 보고에서도 Access Alert라는 간단한 기기로 SVP를 측정하여 정적 동정맥루 내압비를 구한 결과, SIAPR이 높게 측정된 환자 30명 중 19명에서 정맥조영술을 시행하였고, 그 중 17명에서 협착증을 보여 SVP의 측정이 혈액투석 환자에서 동정맥루 협착증을 예측하는데 있어서 안전하고 경제적인 검사임을 알 수 있었다¹¹⁾.

Access pressure ratio를 이용하여 중재적 시술을 시행하는 기준은 표2와 같다.

Table 2. Criteria for Intervention by Access Pressure Ratio

	Access type			
	Graft		Fistula	
	Arterial segment	Venous segment	Arterial segment	Venous segment
Normal	0.35-0.74	0.15-0.49	0.13-0.43	0.08-0.34
Stenosis				
Venous outlet	>0.75	or >0.5	>0.43 or	>0.35
Intra-access	≥0.65	and <0.5	>0.43 and	≤0.35
Arterial inflow	<0.3	Clinical findings	<0.13+Clinical f.	Clinical findings

4) 초음파 희석법

초음파 희석법은 Transonic Hemodialysis Monitor (Transonic System Inc., Ithaca, NY)를 사용하여 동정맥루의 혈류량, 재순환량 (recirculation), 심박출량의 측정이 가능하고, 신뢰성과 재현성이 높으며 투석 치료 동안에 비교적 간편하게 측정할 수 있어 유용성이 아주 높은 검사법이라 할 수 있다.

동정맥루의 혈류량을 측정할 때에는 동맥 및 정맥 도관의 위치를 교환한 후 혈류속도를 200-250 mL/min으로 고정시키고 재순환량을 측정할 때와 같이 10 mL의 생리식염수를 5-6초에 걸쳐 정맥 도관에 주입한다. 동정맥루의 정맥 부위가 잘 발달하지 않아 혈류속도를 200 mL/min을 유지하지 못하는 경우나 환자가 팔에 통증을 호소하는 경우에는 혈류속도를 보다 낮추어서 같은 방법으로 혈류량을 측정한다.

실질적으로 투석하는 동안 동정맥루의 혈류량은 심박출량이나 평균 동맥압, 전체 혈액량의 변화에 따라 변화할 수 있으며, 시작 시기에 비해 투석 종료 시점에는 동정맥루의 혈류량이 최고 11%까지 증가하거나 30%까지 감소할 수 있다¹²⁾. 그러나 최근

국내의 보고에서는 투석 중 혈압의 변동이 없는 안정적인 환자는 투석 중 어느 시기에도 측정이 가능함을 보고하였다¹³⁾.

여러 연구에서 초음파 회석법과 컬러 도플러 초음파로 측정된 혈류량이 서로 양의 상관관계를 가짐을 보고하였다. 저자의 연구에서도 초음파 회석법으로 측정된 평균 혈류량은 958 mL/min, 컬러 도플러 초음파 (CUDS)로 측정된 평균 혈류량은 1090 mL/min이었으며, 두 가지 방법으로 측정된 혈류량은 서로 간에 의미 있게 양의 상관관계가 있음을 알 수 있었다¹⁴⁾.

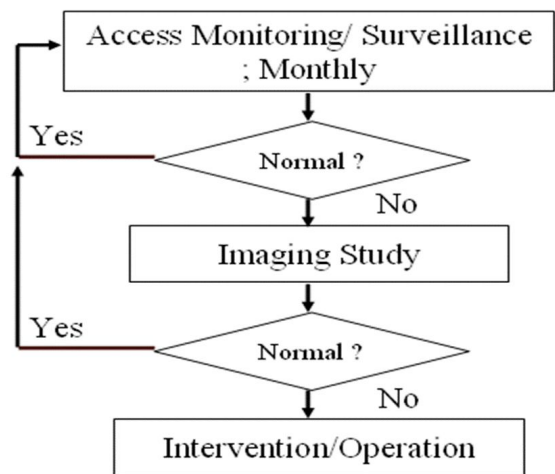
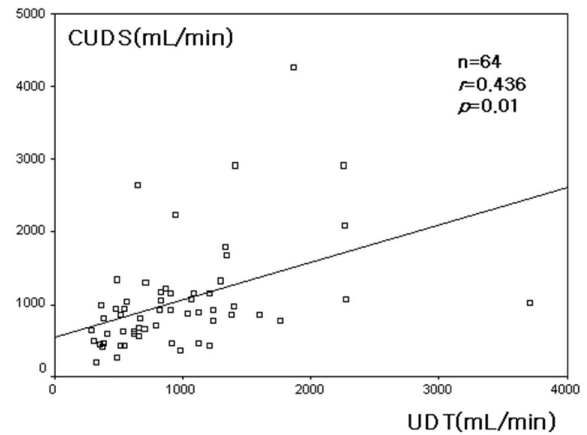
4. 혈로 감시의 유용성

NKF-K/DOQI clinical practice guideline for vascular access 지침⁵⁾에서는 투석 중 혈류량의 측정은 투석 시작 후 1.5시간 내에 여러 가지 회석법이나 도플러 초음파로 매달 측정하여 혈류량이 600 mL/min 이하이거나 혈류량이 1000 mL/min 이하이면서 최근 4개월간 25% 이상 감소했을 때에 동정맥루 조영술을 시행해보도록 권장하고 있다.

여러 연구에서 혈류량을 반복 측정하였을 때 지속적으로 혈류량이 감소되는 것이 동정맥루의 협착이나 혈전을 예측하는데 매우 예민한 인자로 보고하였으며 저자의 경험에서도 동정맥루 이상을 예측하는데 있어 혈류량의 절대값보다는 혈류량의 감소 추세를 보는 것이 의미가 있었다. 혈전의 발생을 예측할 수 있는 혈류량 값은 인조 혈관에서는 매우 유용하여 600-800 mL/min 미만인 경우 800 mL/min 이상인 군보다 혈전이 많이 발생함을 알 수 있었다¹⁵⁻¹⁷⁾. 이에 반해 자가 혈관인 경우에는 정맥 협착이 발생하더라도 결정맥 (collateral vein)이 형성되어 혈류량의 감소가 상대적으로 덜 하고 상대적으로 낮은 혈류량에서도 잘 유지될 수 있으므로 민감도가 낮은 것으로 알려져 있다. 자가 혈관의 경우에는 혈류량 400-650 mL/min를 중재적 처치가 필요한 기준으로 제안하고 있다. 협착을 예측할 수 있는 혈류량 값은 Tonelli 등¹⁸⁾은 자가 동정맥루 환자에서는 500 mL/min 미만이 특이도 93.0%, 민감도 69.9%로 가장 이상적인 값이라고 제안하였으며, Miguel 등¹⁹⁾은 자가 동정맥루 환자에서는 200 mL/min 미만이거나 마지막 측정치보다 25% 이상 감소된 경우, 인조 동정맥루 환자에서는 600 mL/min 미만이거나 마지막 측정치보다 25% 이상 감소된 경우 모두 의미있는 협착으로 진단되었다고 보고하였다. 국내에서는 하 등²⁰⁾이 포도당 회석법으로 모든 동정맥루 환자를 대상으로 분석한 결과 600 mL/min 미만인 경우 특이도 80.0%, 민감도 66.7%으로 보고하였다.

외과적 또는 중재적 처치 후 혈류 속도의 측정이 치료의 성공 여부를 예측하는데 있어서도 매우 유용하다. 최근 보고에서 중재적 처치 후 혈류량을 적어도 20% 이상이 올리지 못하면 교정이 제대로 되지 않았음을 의미한다고 보고하였다²¹⁾. 또한 치료 후 혈류량이 600 mL/min 이상 되지 않으면 재협착이나 혈전이 재발할 가능성이 높음을 제안하였다²¹⁾. 저자의 연구에서도 협착이 발견된 환자 군에서 의미 있게 혈류량이 낮게 측정되었으며, 방사선과적 치료 직전에 혈류량이 의미 있게 감소하였다가 치료 후에 혈류량이 600 mL/min 이상으로 의미 있게 증가되는 것을 관찰할 수 있었다. Asif 등²²⁾은 인조 동정맥루 환자에서 중재적 처치 시 정적 동정맥루 내압비 (SIAPR)의 측정이 유용하여, 중재적 처치 후 출구부 협착이 있어 내압비가 올라가 있던 환자들은 내압비가 감소되고 반대로 입구부 협착으로 내압비가 낮았던 환자들은 상승되는 것을 관찰하였다.

혈액투석 환자에서 혈로 감시 프로그램으로 혈로에 대한 monitoring이나 surveillance 방법 중에 가능한 방법을 이용하여 적어도 월 1회 이상 정기적으로 시행 하고 혈로 이상이 의심되는 소견이 나오면 동정맥루 조영술을 검사하고 결과에 따라 중재적 처치나 수술을 의뢰하게 된다.



결 론

Surveillance는 혈로를 감시할 수 있는 정확하고 유용한 방법으로 적절한 혈로를 유지하기 위해서는 동정맥루에 대한 환자나 의료인의 지속적인 관심과 함께 가능한 방법으로 동정맥루에 대한 정기적인 감시가 이루어져야 하겠다. 혈액투석 환자에서 적절한 혈류를 유지하여 정해진 시간에 투석의 효율을 극대화 시키는 것은 환자의 유병률을 감소시키고 삶의 질을 향상시키는데 있어 매우 중요하다.

참 고 문 헌

- 1) Hakim RM, Breyer J, Ismail N, Schulman G: Effect of dose of dialysis on morbidity and mortality. *Am J Kidney Dis* 23:661-669, 1994
- 2) Sehgal AR, Dor A, Tsai AC: Morbidity and cost implications of inadequate hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 37: 1223-1231, 2001
- 3) Sands JJ: Access monitoring improves outcomes. *Blood Purif* 23:45-49, 2005
- 4) Paulson WD: Access monitoring does not really improve outcomes. *Blood Purif* 23:50-56, 2005
- 5) NKF-K/DOQI clinical practice guideline for vascular access. *Am J Kidney Dis* 48:S241-S339, 2006
- 6) Ku YM, Kim YO, Kim JI, Oh SS, Kim YS, Yoon SA, Won WD, Kim KT, Chang YS, Bang BK: Clinical significance of routine fistulography at postoperative 1 month in patients receiving native arteriovenous fistula. *Korean J Nephrol* 24:951-956, 2005
- 7) Lok CE, Bhola C, Croxford R, Richardson RMA: Reducing vascular access morbidity: a comparative trial of two vascular access monitoring strategies. *Nephrol Dial Transplant* 18:1174-1180, 2003
- 8) Malik J, Slavikova M, Svobodova J, Tuka V: Regular ultrasonographic screening significantly prolongs patency of PTFE grafts. *Kidney Int* 67:1554-1558, 2005
- 9) Cho OK, Kim YS, Rhim H, Koh BH, Kim BS, Song SY, Park CH: Morphologic and functional assessment of hemodialysis arteriovenous fistula with duplex Doppler sonography. *J Korean Soc Med Ultrasound* 20:87-93, 2001
- 10) Kim YO, Yoon SA, Cheon GA, Yang CU, Kim YS, Kim SY, Choe UJ, Chang YS, Bang BK: Blood flow assessment of arteriovenous fistula with Doppler sonography as predictors for early obstruction of native arteriovenous fistula. *Korean J Nephrol* 19:214, 2000
- 11) 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
- 12) Polkinghorne KR, Atkins RC, Kerr PG: Native arteriovenous fistula blood flow and resistance during hemodialysis. *Am J Kidney Dis* 41:132-139, 2003
- 13) Park HS: Variation of intra-access flow measured by ultrasound dilution. *Catholic University Diagnostic and Interventional Nephrology* 14:71-84, 2011
- 14) Lee KH, Park JY, Choi SJ, Kim JK, Hwang SD, Joh JH: Clinical utility of access blood flow measurement by ultrasound dilution in hemodialysis patients. *Korean J Nephrol* 24:265-273, 2005
- 15) Bay WH, Henry ML, Lazarus JM, Lew NL, Ling J, Lowrie F: Predicting hemodialysis access failure with color flow Doppler ultrasound. *Am J Nephrol* 18:296-304, 1998
- 16) Lindsay RM, Blake PG, Malek P, Posen G, Martin B, Bradfield E: Hemodialysis access blood flow rate can be measured by a differential conductivity technique and are predictive of access clotting. *Am J Kidney Dis* 30:475-482, 1997
- 17) Rehman SU, Pupim LB, Shyr Y, Hakim R, Ikizler TA: Interdialytic serial vascular access flow measurement. *Am J Kidney Dis* 34:471-477, 1999
- 18) Tonelli M, Jhangri GS, Hirsch DJ, Marryatt J, Mossop P, Wile C, Jindal KK: Best threshold for diagnosis of stenosis or thrombosis within six months of access flow measurement in arteriovenous fistulae. *J Am Soc Nephrol* 14:3264-3269, 2003
- 19) Miguel SS, Chow J: Vascular dialysis access flow measurement: early intervention through early detection. *J Ren Care* 35:185-191, 2009

- 20) Ha SJ, Lee YJ, Cho BH, Jung KH, Moon JY, Lee SH, Lee TW, Ihm CG: Glucose pump technique is as good as ultrasound dilution technique for vascular access surveillance in hemodialysis patients. *Korean J Nephrol* 26:448–454, 2007
- 21) Bacchini G, Cappello A, La Milia V, Andrulli S, Locatelli F: Color Doppler ultrasonography imaging to guide transluminal angioplasty of venous stenosis. *Kidney Int* 58:1810–1813, 2000
- 22) Asif A, Besarab A, Gadalean F, Merrill D, Rismeyer AE, Contreras G, Leclercq B, Lenz O, Wallach J, Wallach J, Levine MI: Utility of static pressure ratio recording during angioplasty of arteriovenous graft stenosis. *Semin Dial* 19:551–556, 2006