



# General Treatment Strategy for Intervention in Lower Extremity Arterial Disease

## 하지동맥 질환의 인터벤션: 전반적 치료 계획 수립

Je Hwan Won, MD\*

Department of Radiology, Ajou University College of Medicine, Ajou University Hospital, Suwon, Korea

The prevalence of lower extremity disease is increasing with age. With recent technological advancements, endovascular treatment is being performed more frequently. The treatment goal of intermittent claudication is to improve walking and reduce claudication. To achieve these goals, anatomical durability and patency are important. In patients with critical limb ischemia, the lesions are diffuse and particularly severe in below-the-knee arteries. The treatment goal of critical limb ischemia is to promote wound healing and to prevent major amputation, which is evaluated by the limb salvage rate. Primary stenting using covered or bare metal stents is a widely accepted endovascular treatment. While drug-eluting technologies with or without atherectomy are widely used in the treatment of femoropopliteal disease, balloon angioplasty is the mainstay treatment for below-the-knee intervention. CT angiography provides a road map for planning endovascular treatment in patients without absolute contraindications.

**Index terms** Peripheral Artery Disease; Limb Salvage; Angioplasty

## 서론

말초동맥 질환(실제로는 하지 말초동맥 질환을 의미)은 전 세계적으로 2억 명 이상이 걸린 것으로 알려져 있다. 연령이 증가할수록 유병률이 높아져 80세 이상의 노인에서는 인구의 20% 이상이 말초동맥 질환을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(1). 한국 사회가 2023년에 65세 이상 고령자의 비중이 20%가 넘는 초고령사회에 진입할 것으로 예상되는 것을 감안하면 앞으로 말초동맥 질환은 계속 증가할 것으로 보인다. 혈관 내 치료(endovascular treatment)는 시술 방법 및 기구의 급속한 발달과 덜 침습적이면서도 낮은 이환율(morbidity)로 수술적 치료에 비해 보다 널리 시행되고 있다(2-4). 이 종설에서는 하지 말초동맥 질환의 인터벤션 치료의 목표 및 방침, 치료 계획 수립 등에 대해 기술하고자 한다.

Received March 18, 2021

Revised April 9, 2021

Accepted April 17, 2021

\*Corresponding author

Je Hwan Won, MD

Department of Radiology,

Ajou University

College of Medicine,

Ajou University Hospital,

164 World cup-ro, Yeongtong-gu,

Suwon 16499, Korea.

Tel 82-31-219-5853

Fax 82-31-219-5862

E-mail wonkwak@ajou.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ORCID iD**

Je Hwan Won

<https://>

[orcid.org/0000-0002-5901-295X](https://orcid.org/0000-0002-5901-295X)

## 본론

### 영상 진단

말초동맥의 영상학적 진단은 초음파검사, 컴퓨터단층 혈관조영술(CT angiography), 자기공명 혈관조영술(MR angiography), 디지털감산 혈관조영술(digital subtraction angiography) 등이 있다. 초음파는 간편하고 휴대가 가능하여 혈관조영실이나 외래로 이동하여 사용할 수 있다. 또한 조영제 사용에 따른 부작용이 없고, 생리학적 정보도 제공해 주는 장점이 있다. 반면 시술자에 따른 편차가 심하고, 혈관을 전체적으로 보여주지 못해 시술 계획을 세우는데 부적절하다. 현재로서는 조영제 사용이 불가능한 환자에서 대퇴슬와동맥의 병변을 평가하거나 시술 후 결과를 추적하는데 주로 이용된다. 자기공명 혈관조영술은 고가이며, 혈관벽에 대한 정보를 얻기 어렵다. 또한 체내에 금속 이식물이 있는 경우에 인공물이 심하고, 심박동기를 가진 환자는 촬영할 수 없거나 제한적이며, 요오드 조영제를 사용할 수 없어 컴퓨터단층 혈관조영술을 시행하지 못하는 환자들에서 제한적으로 이용되고 있다. 컴퓨터단층 혈관조영술은 대동맥에서부터 발의 동맥까지 한 영상에 보여줄 수 있어서 시술 전 계획을 세울 수 있어 가장 널리 이용된다(5-8).

다중검출기 컴퓨터단층촬영술은 한 번의 호흡 정지에 머리부터 발끝까지 촬영이 가능해서 움직임에 의한 인공물을 줄일 수 있다. 자기공명 혈관조영술과 달리 컴퓨터단층 혈관조영술은 혈관 내 상태뿐만 아니라 플라크(plaque)의 상태, 석회화 정도 등과 같은 혈관벽에 대한 정보를 줄 수 있으며, 폐쇄부 이하와 주변 조직에 대한 관찰이 가능하다. 또한 삼차원적으로 영상을 재구성하여 혈관조영술에 버금가는 영상을 획득할 수 있으며, 전체 혈관을 한눈에 파악할 수 있다는 장점이 있어서 인터벤션 시술뿐 아니라 우회술 전에 많은 도움을 준다. 만성신부전 환자의 경우에는 심한 석회화로 직경이 가는 무릎아래동맥의 개통 여부를 알기가 어렵다. 하지만 이때에도 혈관의 분지 모양 및 혈관의 정상변이 등의 정보를 얻을 수 있어 인터벤션 시술에 유용한 정보를 제공한다. 대부분 시술 전에 삼차원적 영상을 주로 보는 경향이 있으나 축상(axial) 영상에서도 얻을 수 있는 정보가 많으며, 때때로 치료 방침을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어 만성화된 장골동맥폐쇄에서 위축으로 인해 혈관 굵기가 매우 가는 경우에 풍선확장술 시 파열의 가능성이 높다. 따라서 이런 경우에는 보통의 경우보다 작은 크기의 풍선을 사용하거나, 파열에 대비하여 스텐트 그래프트를 미리 준비해야 한다. 또한 조영제 주입 전 컴퓨터단층 촬영술의 축상영상에서 혈관의 직경이 증가하고 내부의 음영이 높은 경우에는 혈전에 의한 급성 폐쇄를 시사하여 치료 방침을 결정하는 중요한 정보를 제공하기도 한다. 단점으로는 신독성(nephrotoxicity)으로 인해 신기능이 저하되어 있는 환자에서는 사용이 제한적이고, 인공관절 수술을 받은 환자는 beam-hardening artifact에 의해 주변 혈관을 평가하기 어렵다. 또한 당뇨 환자나 만성신부전 환자에서는 무릎아래동맥에 광범위하게 medial calcification이 진행되어 multi plane reconstruction 영상에서 마치 내부가 개통되어 있는 고음영으로 보이는 단점도 있다. 이러한 경우에도 window width를 넓게 하면 혈관 내경의 폐쇄 유무를 감별할 수 있으나 간혹 혈관이 작을 경우에는 감별이 힘들다.

디지털 감산 혈관조영술은 말초동맥 질환을 진단하는데 가장 정확한 검사로서 진단과 함께 치료도 가능한 것이 장점이다. 보통 혈관 직경의 50% 이상, 단면적의 75% 이상 좁아지면 혈류역학

적으로 의미 있는 협착으로 평가된다. 협착의 정도가 불분명할 때는 카테터를 이용하여 협착 전후로 동맥압을 측정하여 10 mm Hg 이상이면 혈류역학적 의미 있는 협착으로 간주된다.

## 치료 목표 및 평가 기준

환자의 임상증상 및 병변의 범위에 따라 치료 목표가 달라진다. 간헐적 하지 파행(intermittent claudication)은 말초동맥 질환의 가장 흔한 증상이다. 대부분의 경우 약물치료 및 운동치료가 선행되나 증상이 계속되고 일상생활에 불편을 초래할 경우에는 재개통술이 시행된다. 이들 환자군에서는 증상 완화 및 보행 능력을 향상시키는 것이 치료 목표이고, 혈관 내 치료의 결과를 평가하는 기준은 특정 기간 동안의 혈관의 개통성(patency)이다.

임계 하지허혈(critical limb ischemia)의 정의는 2주 이상의, 만성적 허혈에 의한 통증 혹은 조직 손상, 괴사 등으로 정의된다. 임계 하지허혈의 치료 목표는 통증을 감소시키고, 발의 상처 회복 및 주요 절단으로부터 발을 보존하는 것이다. 대부분 환자에서 주로 혈관 직경이 가는 무릎아래동맥을 침범하여 시술 후 혈관 개통성은 장골동맥이나 대퇴슬와동맥에 비해 떨어진다. 그러나 치료 목적이 절단으로부터 발을 보존하는 것이므로 치료 결과를 평가하는 기준은 혈관 개통성이 아니라 다리 보존율(limb salvage rate) 혹은 절단 없는 생존율(amputation free survival)이다(9). 임계 하지허혈이 있는 환자에서의 무릎 아래 동맥 개통술의 3년 개통률은 48.6%로 낮으나 3년 다리 보존율은 82.4%로 높다(10). 이 격차를 설명하는 이론으로는 1) 일시적으로 증가된 혈류는 감염을 없애고 상처를 회복시키고, 2) 발의 상처가 회복됨에 따라 산소 요구량도 줄어들며, 3) 상처 회복 후에는 혈관이 좁아져 혈류가 약해지더라도 조직을 유지하기 충분하며 그동안 새로운 우회혈관이 발달하여 상처 회복을 돕는다(11). 따라서 낮은 장기 개통률에도 불구하고 상처 회복에 필요한 시간 동안 대부분 혈관이 개통되어 있기 때문에 치료 목표인 높은 다리 보존율을 얻을 수 있다.

급성 하지허혈은 2주 이하의 냉감과 통증을 동반한 허혈성 증상이 있는 때로 정의된다. 급성 하지허혈은 증상의 심한 정도에 따라 크게 3단계로 나눌 수 있다. Category I은 감각 손실이 없고 동맥 및 정맥 도플러 신호가 들리며, 근육 손상이 없어 절박하지 않은 경우에 해당한다. Category II는 경도-중증도의 감각, 운동 기능 손실이 있고, 정맥 도플러는 들리나 동맥 도플러가 들리지 않는 경우다. Category II는 IIa와 IIb로 구분되는데, IIa는 절박 정도가 경계에 있고(marginally threatened) 적절히 치료하면 다리 보존이 가능하지만, IIb는 매우 절박하여(immediately threatened) 즉각적인 재개통술이 필요한 경우이다. Category III는 주요 조직과 신경 손상이 불가피한 불가역적인 상황이며 동맥 및 정맥 도플러가 모두 들리지 않는다(12). 일반적으로 Category IIa는 카테터를 이용한 혈전용해술이 권장되고 IIb는 혈전제거술이나 우회술 같은 수술적 치료가 권장된다. 그러나 최근 기계적으로 혈전을 제거하는 여러 장치의 발전으로 IIb도 혈관 내 치료가 시행되고 있다(13, 14). 고령의 환자나 체중이 작은 환자는 합병증 발생이 높기 때문에 주의가 필요하고 IIb의 경우는 6시간 이상의 긴 시간이 필요한 카테터를 이용한 혈전용해술보다는 즉각적으로 혈전을 제거하여 혈관을 개통하는 기계적 혈전제거술을 시행하는 것이 좋다. Category III는 절단이 적절한 치료 방법으로 권장되어 왔다.

## 부위 별 치료 방침

### 장골동맥 협착의 인터벤션 치료

말초동맥 질환의 치료에 대한 유럽 및 북미의 혈관 질환 관련 의사들에 의해 발표된 Trans-Atlantic Inter-Society Consensus (이하 TASC) 지침이 널리 이용되고 있다. 일반적으로 5 cm 이하의 협착이나 폐쇄 병변(TASC A or B)에서는 혈관 내 치료가, 그 이상의 심한 병변(TASC C or D)에서는 수술적 치료가 권장된다. 그러나 수술적 치료는 상대적으로 위험도가 높은 반면에 인터벤션 치료는 시술 방법 및 기구의 발전으로 더 안전성을 확보하게 되었다. 최근에는 모든 병변에서 혈관 내 치료를 우선적으로 생각하는 일차적 혈관 내 치료(endovascular first)라는 접근이 광범위하게 시행되고 있다(4, 15). 치료 방법으로는 일차적 스텐트 설치술(primary stenting) 혹은 풍선확장술 후에 만족스러운 결과를 얻지 못했을 때 시행하는 스텐트 설치술(provisional stenting)이 우선적으로 시행된다(12). TASC D 병변이나, 장기간의 협착으로 시술 전 컴퓨터단층촬영 영상에서 내경이 작아진 끈모양(cordlike)의 혈관 및 심한 석회화된 병변에서는 풍선확장술 시 혈관 파열의 위험이 있으므로 스텐트-그라프트를 설치하는 것이 좋다(9). 장골동맥 인터벤션 시에 가장 심각한 합병증은 동맥파열로 약 0.5~3.0%의 빈도를 보인다. 따라서 항상 혈관 파열에 대비하여 적절한 크기의 스텐트-그라프트를 구비해 놓고 혈관 파열시 즉시 설치하여야 한다(16). 내장골동맥은 주요한 우회로이며 엉덩이 등 골반구조물에 혈류를 공급하기 때문에 스텐트-그라프트를 사용할 때는 내장골동맥 입구를 덮지 않도록 주의해야 한다.

총장골동맥이 입구가 막혀 있는 경우에 대퇴동맥으로의 접근이 불가능할 경우 좌상완동맥으로 접근할 수 있다. 좌측 상완동맥을 이용하는 이유는 하행동맥까지 길이가 짧고 대동맥궁 혈관을 가로지르지 않아 안전하기 때문이다. 총장골동맥 입구의 석회화된 병변에서는 radial force가 크고 정확한 설치가 가능한 풍선확장성 스텐트를 사용하는 것이 좋다. 반면, 일반적으로 외장골동맥에는 자가팽창성 스텐트가 선호된다. 왜냐하면 고관절 굴곡 시 급힘이 일어나는 혈관은 대퇴동맥이 아니라 외장골동맥이기 때문에 움직임에 따른 스트레스를 많이 받기 때문이다(16, 17).

복부대동맥 분지 입구에 병변이 있는 경우에는 양쪽 총대퇴동맥에서 접근하여 동시에 두 개의 스텐트를 설치하는 시술 방법(kissing stent)을 이용한다. 이때 주의해야 할 것은 대동맥으로 10 mm 정도만 돌출하게 삽입하는 것이 좋다. 20 mm 이상 대동맥으로 돌출할 경우 재협착의 가능성이 높아진다고 알려져 있다(18). 병변이 대동맥분지 위쪽까지 있는 경우에는 스텐트를 대동맥에 걸쳐서 설치할 수밖에 없다. 이 경우에 총장골동맥 직경을 기준으로 스텐트를 선택하면 대동맥에 빈 공간(geographic mismatch)이 생겨서 이곳에 혈전이 생성되게 된다. 이를 방지하기 위해서는 총장골동맥보다 20% 큰 직경의 나이트놀 스텐트를 삽입하는 것이 좋다. 대동맥에 설치할 적절한 막부착성 스텐트(covered stent)가 있다면 covered endovascular reconstruction of the aortic bifurcation (이하 CERAB) technique을 사용하는 것이 이상적이다. CERAB technique은 대동맥에 스텐트 그라프트, 양쪽 총장골동맥에 각각 스텐트 그라프트 설치되기 때문에 혈전방지 및 내막 형성을 막아서 장기 개통성이 보장된다(19-21). 복부대동맥을 포함한 장골동맥 인터벤션시 주의해야 할 사항은 혈관 내 동맥류 교정술(endovascular aneurysm repair, EVAR)을 시행 예정인

환자에서 장골동맥의 스텐트가 혈관 내 동맥류 교정술에 방해가 될 수 있으므로 교정술 여부가 결정되기 전까지는 시술을 연기해야 한다(4).

### 대퇴슬와동맥 협착의 인터벤션 치료

대퇴동맥은 동맥경화로 인한 말초동맥 질환에서 흔하게 침범하는 부위이며 혈관 내 치료가 매우 광범위하게 행해지고 있다. 그러나 대퇴슬와동맥은 복잡한 기계적 힘(elongation, compression, flexion, and torsion)을 받고 있고 이것은 치료 후 재협착을 빈번하게 유발하는 원인이 되고 있다. 따라서 대퇴슬와동맥 치료에는 아직도 여러 가지 도전적 시술 기구와 방법이 시도되고 있다(22).

병변의 통과는 관내 접근(intraluminal approach)이 우선적으로 시도된다. 병변의 길이가 길거나 입구가 막힌 경우(flush occlusion), 심한 석회화 병변에서는 관내 접근이 실패할 경우가 많고 이때는 의도적 혈관 박리(intentional dissection)를 통한 내막하 접근(subintimal approach)이 이차적으로 시도된다. 내막하 혈관성형술은 0.035 혹은 0.018 inch 친수성 유도철선을 사용하여 혈관을 박리하는데 보통 90% 이상에서 참내강(true lumen)으로의 재진입에 성공한다. 이때 주의할 점은 원위부에 열려 있는 혈관을 넘어서 박리하면 안 된다. 만약 재진입에 실패한 경우에는 재진입 카테터(reentry catheter)를 이용하여 참내강으로 유도철선을 넣는다. 병변의 길이가 짧음에도 관내 접근이 어려운 경우에는 슬와동맥 혹은 무릎아래동맥을 통한 역방향 접근(retrograde approach)을 시도할 수 있다.

최근 사망률(mortality) 문제에도 불구하고 약물방출풍선 및 스텐트가 널리 사용되고 있다. 사전 풍선확장술(preballooning) 결과 내강이 깨끗하고 혈관확장 정도가 충분하면 약물방출풍선을 일차적으로 사용하고 충분히 팽창되지 않거나(recoil) 혈류를 방해하는 정도의 박리(flow-limiting dissection)가 일어난 곳에 부분적으로 자가팽창성 스텐트를 설치하는 것이 좋다. 풍선확장술 결과가 지지분하고 박리 정도가 심하면 약물방출 스텐트를 바로 삽입하는 것이 일반적인 치료 방법이다. 다만, 스텐트를 설치하면 이후 다른 치료 방법의 기회를 차단하고 우회혈관을 덮어버리며 혈관의 유연성(flexibility)을 떨어뜨리므로 주의해야 한다.

앞서 언급한 바와 같이 대퇴동맥은 다양한 외부의 자극과 힘을 받기 때문에 내막 형성이 빠르게 진행되어 결과적으로 재협착의 원인이 된다. 스텐트 삽입 후 재협착(in-stent restenosis)이 발생한 경우 처음에는 약물방출풍선 등으로 치료하나, 다시 심하게 좁아지면 불가피하게 추가적으로 스텐트를 설치할 수밖에 없다. 그러나 추가적 스텐트는 필연적으로 내경이 감소하는 단점이 있고 이후에 다시 재협착이 발생할 경우 더 심하게 내경이 감소할 수 있다. 따라서 죽종절제술 기구(atherectomy device)로 일부의 죽종을 제거한(debulking) 후에 약물방출풍선을 사용하는 것이 보다 긴 개통성을 기대할 수 있다(23). 하지만 시술 시에 색전의(debris) 이동을 막기 위한 필터 삽입이 필수적이고, 고가인데다가 시술 과정도 복잡하다는 단점도 따른다. 이런 이유로 대퇴슬와동맥의 인터벤션에서는 스텐트 설치를 피하며 약물방출풍선만으로 치료하는 'leave nothing behind' 원칙이 거론되고 있다. 일반적으로 고령의 환자가 아니라면(65세 이하) 가능한 스텐트 삽입을 피하고 불가피한 경우 짧은 스텐트를 사용하는 것이 좋다.

약물방출풍선/스텐트의 최대 장벽은 석회화다. 혈관의 석회화는 약물이 혈관 내로 침투하는 것을 방해하는 장벽의 역할을 한다. 특히 혈관의 단면으로 측정(circumferential degree) 할 때 270도 이상으로 석회화가 진행되면 약물방출풍선의 효과가 떨어진다(24). 이를 해결하고자 죽종제거술(atherectomy)로 석회화를 제거 후에 약물방출풍선을 사용하는 연구가 이루어졌다. 그러나 기대와는 달리 장기 개통률에는 약물방출풍선 단독 사용에 비해 통계학적으로 더 나은 결과를 도출하지는 못하였다(25). 하지만 혈류를 방해하는 정도의 박리(flow-limiting dissection)는 줄일 수 있기 때문에 구제적 스텐트 삽입(bailout stenting)의 기회도 낮출 수 있다. 심한 석회화 병변은 기존의 죽종제거술(atherectomy)로도 제거가 힘들고 일반 나이트놀 스텐트로는 혈관을 확장하지 못한다. Supera 스텐트(Abbott Vascular, Santa Clara, CA, USA)는 interwoven 디자인으로 기존의 나이트놀 스텐트에 비해 4배 이상 압박에 대한 저항성(compression resistance)이 높고 스텐트 골절(fracture)에 강해서 석회화가 매우 심한 대퇴슬와동맥에 사용된다. 이 스텐트의 효과를 높이기 위해서는 고기압의 풍선으로 충분히 사전확장(vessel preparation)을 해 놓아야 장기 개통성을 기대할 수 있다.

총대퇴동맥과 슬와동맥(특히 원위부 2/3)는 이른바 스텐트를 설치하는 않는 곳("no stenting zone")으로 알려져 있다. 특히 슬와동맥은 슬관절 굴곡 시 강한 물리적 스트레스를 받아 스텐트 골절이 빈번히 일어나는 부위다. 따라서 슬와동맥에서는 풍선확장술 시에 혈관 박리를 피하도록 주의해야 한다. 죽종제거술 후 약물방출 풍선확장술은 스텐트 삽입도 피할 수 있고 약물방출 풍선확장술 단독 사용에 비해 더 좋은 효과를 기대할 수 있다(26). 만약 슬와동맥에 스텐트를 삽입한다면 슬관절 굴곡 시 찌그러지지 않고 내경을 그대로 유지할 수 있는 Supera 스텐트를 삽입하는 것이 좋다(27).

대퇴슬와동맥의 인터벤션 후, 병변의 길이가 길거나( $\geq 20$  cm), 만성적인 완전폐쇄(chronic total occlusion; 이하 CTO) 병변, 슬와동맥까지 침범한 경우, 심한 석회화, 5 mm 이하의 작은 내경의 혈관 등은 혈관 내 치료의 효과가 미흡할 가능성이 있다(9).

### 무릎아래동맥 협착의 인터벤션 치료

임계 하지허혈의 95%에서 무릎아래동맥을 침범하고, 대부분의 환자가 당뇨로 인한 허혈성 당뇨발(diabetic foot)을 가지고 있어 적절한 치료를 하지 않으면 주요 절단에 이르게 된다(28, 29). 무릎아래동맥 질환은 환자의 2/3가 동맥폐쇄를 보이며 병변의 길이가 길어서 50% 이상이 10 cm 이상의 긴 병변이다(30). 혈관의 내경이 작고 병변이 광범위해서 풍선확장술이 기본적인 치료 방법이고 스텐트의 역할은 매우 제한적이다.

앞서 밝힌 대로 임계 하지허혈의 치료 목적은 다리의 보존이며 이를 위해 어떤 혈관의 혈류를 회복시켜야 하는가에 대한 논의가 많았다. 과거에는 발로 가는 적어도 하나 이상의 직접적인 혈류(direct flow)를 만들어 주는 것이 치료 방침이었다면 최근에는 혈관분포영역(angiosome)에 따라 상처와 연관된 혈관을 열어주는 것이 더 효과적이라 여겨지고 있다. 즉 발등의 상처는 전경골동맥(anterior tibial artery)을, 발바닥과 내측 발목의 상처는 후경골동맥(posterior tibial artery)을, 외측 발목의 상처는 비골동맥(peroneal artery)을 각각 개통시켜주는 것이 상처 회복 및 발의 보

존에 더 좋은 결과를 보인다고 보고하고 있다(31-33). 그러나 기술적 어려움과 해부학적 변이로 혈관분포영역 개념에 따라 치료하는 것이 항상 가능한 것은 아니다. 실제로는 발목 아래에 족배동맥(dorsalis pedis)이나 족척동맥(plantar artery) 같은 혈관이 열려 있다면 그 혈관과 관련된 혈관의 혈류를 재개통시켜주는 것이 좋다. 만약 이같이 distal landing arteries들이 보이지 않는다면 실패할 확률이 매우 높다.

시술은 가능하면 혈류와 같은 방향(antegrade approach)으로 하는 것이 병변과의 거리가 짧고 직선 코스여서 여러 장점이 있다. 다른 부위와 마찬가지로 관내 접근(intraluminal approach)이 우선적으로 시도된다. 다만 병변이 광범위하고 석회화를 동반한 폐쇄가 흔해서 이를 통과하기 위한 유도철선의 선택이 매우 중요하다. 병변의 길이가 짧고 석회화가 거의 없는 병변은 친수성 유도철선(hydrophilic wire)으로도 병변의 통과가 가능해서 우선적으로 사용된다. 병변의 길이가 길고 석회화되어 있는 혈관에서는 만성완전폐쇄용 유도철선(CTO wire)을 사용되는데 처음에는 팁의 무게(tip load)가 작은 것으로 시도하다가 심한 석회화 폐쇄 병변에서 유도철선이 통과하지 못하면 무거운 팁의 철선으로 교체해서 사용한다. 폐쇄 병변을 통과할 때는 관통기술(penetration)과 천공기술(drilling technique)을 번갈아 가며 사용하여 병변을 통과시킨다. 유도철선이 병변을 통과하였는데 풍선이 심한 석회화로 통과하지 못할 때는 단면적이 작은(low profile) 풍선으로 사전 확장을 하거나 21G 바늘로 외부에서 석회화된 플라크를 부수는 'PIERCE technique'을 사용해서 석회화된 병변의 균열을 만들면 풍선이 통과할 수 있다(34).

만약 관내 접근이 실패하면 내막하 접근을 시도해 볼 수 있다. 이때는 0.014~0.018 inch 친수성 유도철선(hydrophilic wire)을 사용하는 것이 좋다. 혈관의 직경이 작으므로 가능한 유도철선의 원위부 루프(loop)를 작게 만들어야 혈관의 파열을 피할 수 있다.

위와 같은 혈류가 흐르는 방향으로 접근(antegrade approach)이 실패할 경우 원위부 천자를 이용한 역행적 접근(distal puncture with retrograde access), pedal-plantar 루프를 통한 접근(pedal-plantar loop technique), 결가지혈관을 통한 접근(transcollateral technique) 등과 같은 대체 방법을 사용할 수 있다. 발동맥(pedal artery) 천자를 통한 역행적 접근(retrograde approach)을 할 때는 초음파 혹은 투시하에 21G 바늘로 천자한 후 유도철선을 진입시킨다. 이때 만약 유도철선이 내막하로 진입하여 참내강(true lumen) 내로 들어가지 못하게 되면 controlled antegrade and retrograde subintimal tracking (이하 CART) technique을 사용한다(Fig. 1). 혈관의 입구가 막힌 경우(flush occlusion) CART technique을 사용할 수 없으므로 이때는 위로부터 재진입 기구(reentry device)를 넣고 아래로부터 진입한, 내막하에 위치하고 있는 유도철선을 조준해서 재진입바늘(reentry needle)을 찌르면 혈관을 개통할 수 있다. Loop technique은 plantar loop를 경유하여 막혀 있는 혈관을 아래에서 위로 접근하는 방식이다. Pedal loop는 발허리동맥(metatarsal artery)들이 나가는 매우 중요한 혈관이므로 유도철선이나 풍선 통과 시에 손상을 주지 않도록 주의해야 하며 풍선확장술을 할 경우라도 과팽창되지 않도록 주의를 기울여야 한다(Fig. 2).

무릎아래동맥은 직경이 작기 때문에 풍선확장술 후 연축(spasm)이 오면 동맥에 폐쇄되기도 하고 발로 가는 혈류가 줄어든다. 따라서 시술 전 삽입된 sheath를 통해 니트로글리세린(nitroglyc-

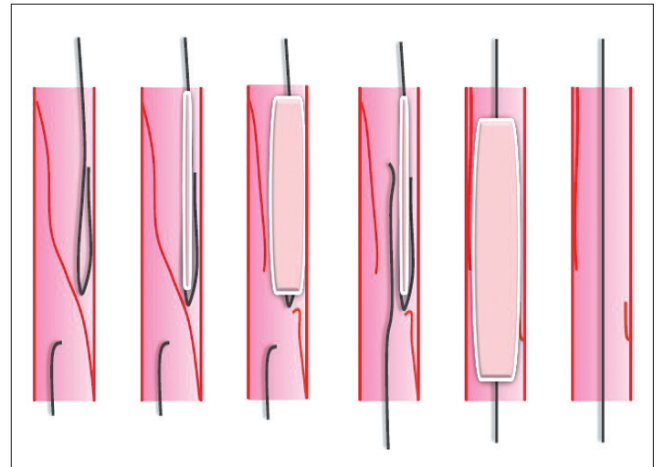


Fig. 1. Illustration of controlled antegrade and retrograde subintimal tracking (CART) technique.

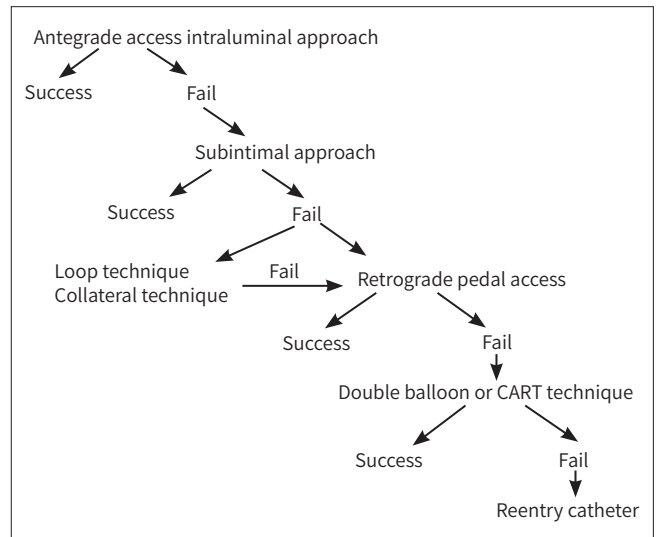


Fig. 2. Treatment algorithm of below-the-knee intervention. CART = controlled antegrade and retrograde subintimal tracking

erin)을 주입하는 것이 좋다. 보통 한 번에 1000 U을 생리식염수에 희석해서 주며 혈압을 떨어뜨리는 효과가 있으므로 하루 총용량을 4000 U 넘지 않는 것이 좋다. 니트로글리세린(nitroglycerin) 주입에도 불구하고 혈관이 수축된 상태로 풀리지 않으면 칼슘통로차단약물(calcium channel blocker)을 사용한다. 저자는 이런 경우 무릎아래동맥을 카테터로 선택하여 베라파밀(verapamil) 5 mg을 동맥으로 주입한다.

약물방출 풍선확장술의 효과는 대퇴슬와동맥에 비해 떨어진다. 메타분석에 의하면 약물방출 풍선확장술이 일반 풍선확장술에 비해 재협착 빈도가 낮고 재시술 기회가 적은 경향을 보였지만 통계적으로 유의미한 결과에 도달하지는 못하였다(35).

무릎이하 동맥 질환의 환자 중 일부는 신장기능이 위태로운 상태여서 요오드 조영제의 사용을 최대한 줄이도록 노력해야 한다. 이를 위해 조영제를 희석해서 사용하거나(36) 이산화탄소(carbon dioxide, CO2)를 사용해야 하며 요오드 조영제 사용 전후에 생리식염수로 충분히 수분 공급(hydration)을 해야 한다.



### 다발성 동맥 협착의 인터벤션 치료

임계 하지허혈 환자에서는 하지 혈관의 여러 부위를 침범하는 경우가 흔하여 67%에서 대퇴슬와동맥과 무릎아래동맥에 동시에 병변을 가지고 있다(37). 이런 환자를 치료할 때는 유입혈류(inflow) 및 유출혈류(outflow)를 모두 열어 주는 것이 상처 회복 및 환자의 지속적 증상 완화에 도움이 된다. 또한 원위부로 가는 혈류(distal runoff)의 상태가 좋을수록 대퇴슬와동맥의 개통성도 좋아지기 때문에 가능한 두 개 이상의 무릎아래동맥의 혈류를 회복시키는 것이 좋다(38).

다발성 병변이 있는 환자에서는 여러 접근 경로를 동시에 확보하여 치료하기도 한다. 장골동맥에서부터 무릎아래동맥까지 병변이 있는 경우는 총대퇴동맥을 수직으로 천자하여 sheath를 역방향(retrograde)으로 삽입하여 장골동맥 병변을 치료하고 이후 sheath 방향을 아래로 향하게 바꾼 후 서혜부 이하의 동맥(infringuinal artery)들을 치료하는 방법이 있다. 이 방법이 어려울 경우에는 반대편 총대퇴동맥을 통해 한꺼번에 치료할 수 있으나 간혹 무릎아래동맥까지 기구가 도달하지 않거나 적절한 힘을 받지 못할 때는 추가적으로 동측에 전방향접근경로(antegrade access)를 만들어 무릎아래병변을 치료할 수 있다. 반대쪽 혈관에서 접근할 때는 장골동맥폐쇄 병변은 혈류가 유지될 정도로 풍선확장술만 시행하고 무릎아래혈관 및 대퇴슬와동맥의 치료가 다 끝난 후, 스텐트를 설치하는 것이 좋다. 장골동맥에 스텐트를 먼저 설치할 경우 유도카테터나 sheath(guiding catheter/sheath)가 통과하는 과정에서 스텐트의 버팀대(strut)에 걸려 스텐트의 변형(deformity)을 초래할 수 있다. 이렇듯 다발성 병변에서는 원위부부터 치료하고 나중에 근위부 스텐트를 설치하는 것이 좋다.

다발성으로 긴 혈관에 폐쇄가 있는 경우에는 대부분 내막하 풍선확장술이 시도된다. 이 경우에 무릎아래에서는 당초 원하지 않았던 방향으로 유도철선이 진입하기도 한다. CT 영상 분석 후에 슬와동맥 분지 위치를 파악하여 4Fr angled 카테터를 원하는 경골동맥(tibial artery) 입구 방향으로 행하게 위치시킨 후 만성완전폐쇄용 철선(CTO wire) 등 뻣뻣한 철선(stiff wire)을 써서 원하는 혈관으로 진입할 수 있다.

슬와동맥부터 두 개의 경골동맥(anterior and posterior tibial artery) 기시부까지 막혀 있는 경우에는 Kissing balloon technique을 이용하는 것이 좋다. 예를 들어 전경골동맥(anterior tibial artery)으로 철선을 통과시킨 후 바로 풍선확장술을 시행하지 말고 후경골동맥(posterior tibial artery)으로 철선을 통과시켜 각각 풍선을 진입시키고 동시에 확장하는 방법이 효과적이다.

다발성 병변에서는 시술 시간도 길어지고 조영제 사용량도 많아지게 되어 수시로 조영제 사용량을 확인해야 하고 환자의 상태에 따라 시술 범위를 나누어서 다른 날 시술하는 것도 좋다.

## 결론

최근 하지동맥 질환에서의 혈관 내 치료는 기술적 발전에 힘입어 빠르게 발전하고 있고 과거의 수술적 치료를 대체하고 있다. 시술의 기술적 성공 및 임상적 성공을 위해서는 시술 전 정확한 계획과 전략을 수립하는 것이 중요하다. 시술 전의 영상 검사는 환자의 병변 위치 및 상태 등의 해부학적 정보를 제공함으로써 시술 방법, 접근 위치, 시술 도구 등의 선택하는 로드맵이 된다. 환자의

증상, 즉 간헐적 파행 및 임계 하지허혈에 따라 치료 목표가 달라지며 평가 기준도 달라지기 때문에 이에 따른 적절한 치료 방법을 선택해야 한다. 급속한 발전에도 불구하고 재협착 등 해결하지 못한 문제들이 많고 이를 위해 많은 연구와 시술 기구들이 발표되고 개발되고 있다. 환자에게 가장 최적의 치료를 공급하기 위해서 시술자는 새로운 시술 방법과 지식을 얻는데 지속적인 노력을 기울여야 한다.

### Conflicts of Interest

The author has no potential conflicts of interest to disclose.

### Funding

None

### REFERENCES

1. Shu J, Santulli G. Update on peripheral artery disease: epidemiology and evidence-based facts. *Atherosclerosis* 2018;275:379-381
2. Chioncel V, Brezeanu R, Sinescu C. New directions in the management of peripheral artery disease. *Am J Ther* 2019;26:e284-e293
3. Armstrong EJ, Bishu K, Waldo SW. Endovascular treatment of infrapopliteal peripheral artery disease. *Curr Cardiol Rep* 2016;18:34
4. Klein AJ, Nasir A. Iliac artery intervention. *Interv Cardiol Clin* 2020;9:187-196
5. Met R, Bipat S, Legemate DA, Reekers JA, Koelemay MJ. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2009;301:415-424
6. Foley WD, Stonely T. CT angiography of the lower extremities. *Radiol Clin North Am* 2010;48:367-396
7. Shabani Varaki E, Gargiulo GD, Penkala S, Breen PP. Peripheral vascular disease assessment in the lower limb: a review of current and emerging non-invasive diagnostic methods. *Biomed Eng Online* 2018;17:61
8. Scherthaner R, Fleischmann D, Stadler A, Scherthaner M, Lammer J, Loewe C. Value of MDCT angiography in developing treatment strategies for critical limb ischemia. *AJR Am J Roentgenol* 2009;192:1416-1424
9. Hiramoto JS, Teraa M, de Borst GJ, Conte MS. Interventions for lower extremity peripheral artery disease. *Nat Rev Cardiol* 2018;15:332-350
10. Romiti M, Albers M, Brochado-Neto FC, Durazzo AE, Pereira CA, De Luccia N. Meta-analysis of infrapopliteal angioplasty for chronic critical limb ischemia. *J Vasc Surg* 2008;47:975-981
11. Ferraresi R, Centola M, Ferlini M, Da Ros R, Caravaggi C, Assaloni R, et al. Long-term outcomes after angioplasty of isolated, below-the-knee arteries in diabetic patients with critical limb ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009;37:336-342
12. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, Barshes NR, Corriere MA, Drachman DE, et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the management of patients with lower extremity peripheral artery disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2017;135:e726-e779
13. Diffin DC, Kandarpa K. Assessment of peripheral intraarterial thrombolysis versus surgical revascularization in acute lower-limb ischemia: a review of limb-salvage and mortality statistics. *J Vasc Interv Radiol* 1996;7:57-63
14. Leung DA, Blitz LR, Nelson T, Amin A, Soukas PA, Nanjundappa A, et al. Rheolytic pharmacomechanical thrombectomy for the management of acute limb ischemia: results from the PEARL registry. *J Endovasc Ther* 2015;22:546-557
15. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. Editor's choice - 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018;55:305-368
16. Lakhter V, Aggarwal V. Current status and outcomes of iliac artery endovascular intervention. *Interv Cardiol Clin* 2017;6:167-180
17. Park SI, Won JH, Kim BM, Kim JK, Lee DY. The arterial folding point during flexion of the hip joint. *Cardiovasc*

*Intervent Radiol* 2005;28:173-177

18. Vértes M, Juhász IZ, Nguyen TD, Veres DS, Hüttl A, Nemes B, et al. Stent protrusion > 20 mm into the aorta: a new predictor for restenosis after kissing stent reconstruction of the aortoiliac bifurcation. *J Endovasc Ther* 2018;25:632-639
19. Sharafuddin MJ, Hoballah JJ, Kresowik TF, Sharp WJ, Golzarian J, Sun S, et al. Long-term outcome following stent reconstruction of the aortic bifurcation and the role of geometric determinants. *Ann Vasc Surg* 2008; 22:346-357
20. Bismuth J. Iliac intervention and management of the challenging bifurcation and distal EIA. *Endovascular Today* 2019;18:57-60
21. Taeymans K, Goverde P, Lauwers K, Verbruggen P. The CERAB technique: tips, tricks and results. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2016;57:343-349
22. Varela DL, Armstrong EJ. Endovascular management of femoropopliteal in-stent restenosis: a systematic review. *Cardiovasc Revasc Med* 2019;20:915-925
23. van den Berg JC. In-stent restenosis management: the best is yet to come. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2017; 58:508-517
24. Fanelli F, Cannavale A, Gazzetti M, Lucatelli P, Wlcker A, Cirelli C, et al. Calcium burden assessment and impact on drug-eluting balloons in peripheral arterial disease. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014;37:898-907
25. Zhen Y, Chang Z, Wang C, Liu Z, Zheng J. Directional atherectomy with antirestenotic therapy for femoropopliteal artery disease: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Interv Radiol* 2019;30:1586-1592
26. Stavroulakis K, Schwindt A, Torsello G, Stachmann A, Hericks C, Bosiers MJ, et al. Directional atherectomy with antirestenotic therapy vs drug-coated balloon angioplasty alone for isolated popliteal artery lesions. *J Endovasc Ther* 2017;24:181-188
27. San Norberto EM, Flota CM, Fidalgo-Domingos L, Taylor JH, Vaquero C. Real-world results of supra stent implantation for popliteal artery atherosclerotic lesions: 3-year outcome. *Ann Vasc Surg* 2020;62:397-405
28. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FG. Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *J Vasc Surg* 2007;45 Suppl S:S5-S67
29. Faglia E, Clerici G, Clerissi J, Gabrielli L, Losa S, Mantero M, et al. Long-term prognosis of diabetic patients with critical limb ischemia: a population-based cohort study. *Diabetes Care* 2009;32:822-827
30. Graziani L, Silvestro A, Bertone V, Manara E, Andreini R, Sigala A, et al. Vascular involvement in diabetic subjects with ischemic foot ulcer: a new morphologic categorization of disease severity. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33:453-460
31. LoGerfo FW, Coffman JD. Current concepts. Vascular and microvascular disease of the foot in diabetes. Implications for foot care. *N Engl J Med* 1984;311:1615-1619
32. Kabra A, Suresh KR, Vivekanand V, Vishnu M, Sumanth R, Nekkanti M. Outcomes of angiosome and non-angiosome targeted revascularization in critical lower limb ischemia. *J Vasc Surg* 2013;57:44-49
33. Jongsma H, Bekken JA, Akkersdijk GP, Hoeks SE, Verhagen HJ, Fioole B. Angiosome-directed revascularization in patients with critical limb ischemia. *J Vasc Surg* 2017;65:1208-1219.e1
34. Ichihashi S, Sato T, Iwakoshi S, Itoh H, Kichikawa K. Technique of percutaneous direct needle puncture of calcified plaque in the superficial femoral artery or tibial artery to facilitate balloon catheter passage and balloon dilation of calcified lesions. *J Vasc Interv Radiol* 2014;25:784-788
35. Wu R, Tang S, Wang M, Li Z, Yao C, Wang S. Drug-eluting balloon versus standard percutaneous transluminal angioplasty in infrapopliteal arterial disease: a meta-analysis of randomized trials. *Int J Surg* 2016;35:88-94
36. Hayakawa N, Kodaera S, Ohki N, Kanda J. Efficacy and safety of endovascular therapy by diluted contrast digital subtraction angiography in patients with chronic kidney disease. *Heart Vessels* 2019;34:1740-1747
37. Gray BH, Diaz-Sandoval LJ, Dieter RS, Jaff MR, White CJ. SCAI expert consensus statement for infrapopliteal arterial intervention appropriate use. *Catheter Cardiovasc Interv* 2014;84:539-545
38. Davies MG, Saad WE, Peden EK, Mohiuddin IT, Naoum JJ, Lumsden AB. Impact of runoff on superficial femoral artery endoluminal interventions for rest pain and tissue loss. *J Vasc Surg* 2008;48:619-625; discussion 625-616

## 하지동맥 질환의 인터벤션: 전반적 치료 계획 수립

원제한\*

하지동맥 질환의 유병률은 고연령 군에서 증가한다. 최근의 기술적 진보로 혈관 내 치료가 점점 더 많은 빈도로 시행되고 있다. 간헐적 파행의 치료 목표는 보행 능력을 향상시키고 증상을 완화시키는 것이다. 이를 위해 해부학적 내구성을 높이는 것이 중요한 전략이며 개통률이 치료 평가 기준이 된다. 임계 하지허혈을 가진 환자에서는 병변이 광범위하고 특히 무릎 아래동맥을 심하게 침범한다. 임계 하지허혈의 치료 목적은 상처 회복을 촉진하고 주요 절단을 예방하는데 있으며 사지 보존율이 평가의 기준이 된다. 장골동맥 협착의 치료에는 피복 혹은 비피복 스텐트 삽입술이 일차적 치료로 인정된다. 대퇴슬와동맥 질환은 죽종제거술과 함께 약물방출풍선 및 스텐트가 자주 사용되는 반면 무릎아래동맥 질환에서는 풍선확장술이 주요 치료 방법이다. 컴퓨터단층 혈관조영술은 절대적 금기증이 없는 환자에서 혈관 내 치료 계획 수립을 하는데 로드맵을 제공한다.

아주대학교 의과대학 아주대학교병원 영상의학과