

손가락 신경의 혈관 구조에 대한 해부학적 연구

순천향대학교 천안병원 성형외과

이주철 · 최환준 · 김준혁 · 이영만 · 남두현

— Abstract —

Anatomic Study of the Vessels of the Digital Nerves in the Fingers

Joo Chul Lee M.D., Hwan Jun Choi M.D., Jun hyuk Kim M.D.,
Young Man Lee M.D., Doo Hyun Nam M.D.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, College of Medicine, Soonchunhyang University

Purpose: The vessels of peripheral nerves have been extensively studied since Breidenbach used vascularized nerve grafts. Taylor and Pinel studied the course and distribution of the vessels of peripheral nerves. However, the vessels of digital nerves are still not well known. The objective of this study was to prove vessels of digital nerves and to investigate the pathway of that.

Materials and Methods: 36 patients and 2 fresh human cadavers were studied under the microscope and histologic sections under the light microscope.

Results: We found that digital nerves had own arterioles and venules as well as peripheral nerves. This small vessels of digital nerves paralleled the digital nerves or run in a spiral. Digital nerves were abundantly vascularized through their length by a succession of vessels and by their repeated divisions and anastomoses.

Conclusion: The clinical implications of this results can be discussed in relation to the dissection of nerves, the possibility of vascularized nerve grafts.

Key Words: Vessels of digital nerve, Dissection of digital nerve, Nerve graft

서 론

1986년 Breidenbach 등이 혈관화 신경이식(vascularized nerve grafts)을 시행한 이래로 말초신경의 혈관에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다¹. Taylor 등은 혈관화 신경피판(vascularized nerve flap)의 개념을 확장하고, 말초신경의 혈액공급에 대해 5가지 패턴으로 나누

어 설명하였다². Pinel 등은 신경 외부의 정맥 유출은 신경정맥망(venae nervosa)을 통해 이루어지며 4가지 경로로 이루어진다고 하였다. 하지만 이 연구는 상, 하지의 큰 신경계의 혈관을 연구한 것이며, 손가락신경의 혈관에 대해서는 언급하지 않았다³.

이 연구의 목적은 손가락 외상 환자와 신선한 사체를 대상으로 손가락신경의 혈관을 형태학적, 조직학적으로

※통신저자: 남 두 현

충청남도 천안시 동남구 봉명동 23-2

순천향대학교 천안병원 성형외과

Tel: 041-570-2195, Fax: 041-574-6133, E-mail: namdoo95@hanmail.net

연구하여 손가락신경의 혈관을 증명하는 데 있다.

재료 및 방법

1. 재 료

2005년 3월부터 2009년 9월까지 36명의 수부 외상 환자와 2구의 신선 사체를 대상으로 전향적으로 연구하였으며, 연구 전 환자 및 병원윤리위원회의 허가를 받았다. 수술시 수술현미경 조작을 하면서 디지털 카메라로 촬영을 시행하였고, 사체의 손가락을 부위별로 조직편을 만들어 광학현미경을 통해 본 연구를 진행하였다

2. 조직편

손가락의 손바닥 부위와 손등 부분으로 나누고 중간 외측 절개를 통하여 절개를 시행하였으며, 자측 및 요측, 원위부 및 근위부 등의 부위를 표시하고 수술현미경 시야 하에서 절개를 시작하였다. 15번 수술도를 이용하여 피부의 진피층까지 절개하고 손가락의 바다 부위는 깊은 손가락 굽힘건과 얇은 손가락 굽힘건을 보존하고, 손등 부위에서는 손가락 편건을 보존하면서 나머지 연부조직을 포함하도록 하였다. 중수지 관절에서 근위지 관절까지, 근위지 관절에서 원위지 관절까지, 원위지 관절에서부터 손가락 끝까지 조직편을 구분하였다.

조직편과 검체는 포르말린(formalin)으로 고정하였고, 점차 높은 농도의 에탄올을 거쳐 탈수를 시행하였다. 자이놀(Xylo)을 이용하여 투명화 과정을 거친 후 파라핀으로 포매하였다. 미세 절단기로 얇은 절단 표본을 제작하여 Hematoxylin-erosin stain을 시행하였다.

3. 관찰 방법

수술현미경을 통하여 손가락신경에 분포되어 있는 혈관과 주행경로를 파악하고, 손가락동맥 및 동맥 주변의 혈관의 차이점을 파악하였다. 수술현미경에 부착되어 있는 디지털 카메라를 이용하여 여러 배율로 사진을 촬영하였다. 사체 및 임상 조직에서 획득한 조직편을 광학현미경을 통하여 40, 100배율로 관찰하였다.

결 과

10배율의 현미경을 통해 손가락 절단 환자, 손가락신경 손상 환자와 신선 사체를 연구하여 손가락신경의 작은 혈

관들을 관찰하였다. 손가락신경의 작은 혈관은 신경의 주행 방향에 종축으로 주행하지 않고 비스듬하거나 실타래를 감는 것처럼 손가락신경을 감싸면서 주행하는 특징을 가지고 있었다(Fig. 1, 2). 이러한 주행경로는 말초신경의 혈액공급 패턴 중 한가지로 생각할 수 있었다.

손가락동맥의 전체 경로에서, 손가락신경의 혈관은 동맥의 작은 분지와 연결을 가지면서 혈액공급을 받고 있었으며, 이러한 혈관은 신경의 모든 부위에서 비슷한 밀도를 가지고 있었다. 그리고 손가락동맥의 동반 정맥 또는 주위의 정맥을 통한 연결을 관찰할 수 있었다. 10배율의 수술 현미경하에서 소동맥과 소정맥을 구별할 수는 없었지만, 동맥과 연결된 부위는 신경의 소동맥, 정맥과 연결된 부위는 신경의 소정맥이라는 것을 알 수 있었다.

40 또는 100배율의 광학현미경을 통한 조직학적 분석에서 수술현미경으로 구별할 수 없는 손가락신경의 소정맥과 소동맥을 구별할 수 있었다. 각각의 위치 별로 신경의 굵기는 다르지만 소동맥과 소정맥이 비슷한 밀도로 모두 발견되었고, 이러한 혈관은 대부분 신경외막(epineurium)

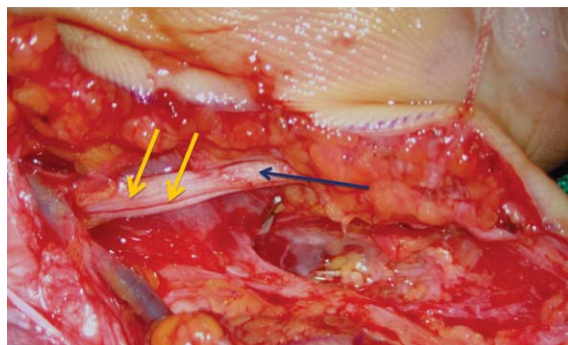


Fig. 1. The small vessels(yellow arrows) of digital nerve(blue arrow) parallel the digital nerve in the proximal phalanx of the index finger.

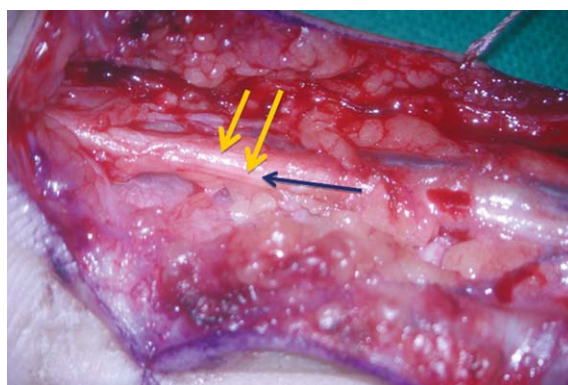


Fig. 2. The small vessels(yellow arrows) of digital nerve(blue arrow) parallel the digital nerve in the middle phalanx of the middle finger.

에 위치하고 있었다. 신경주막(perineurium) 사이에도 이 보다 작은 혈관들이 존재하여 신경외막의 혈관들과 소통하고 있었다. 손가락의 몸통(proxima) 부위에서 말단(distal) 부위로 갈수록 이러한 혈관의 수와 직경은 작아졌으며, 말단 부위로 갈수록 크기는 워낙 작아 100배율 현미경 배율에서도 정확히 관찰되지 않았다(Fig. 3, 4).

신경의 혈관들은 신경 또는 신경 다발과 평행하거나 나선형으로 주행하면서, 그물망(network)을 이루어 연결되어 있었다. 큰 말초 신경의 정맥에서 일부분 관찰되는 밸브는 손가락의 모든 조직면에서 관찰되지 않았다.

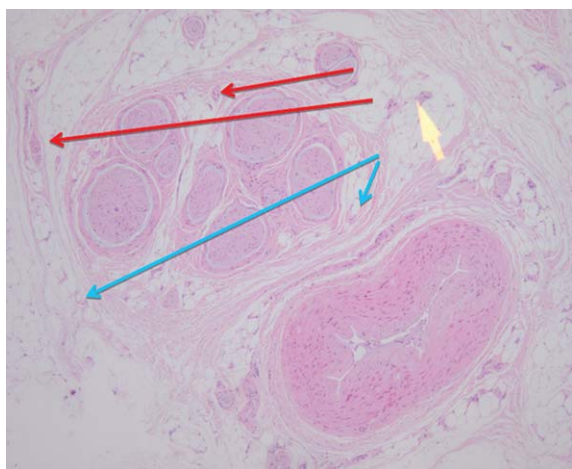


Fig. 3. This slide shows arterioles(red arrows) and venules(blue arrows) of the digital nerve in the middle phalanx of the index finger. (H-E stain × 40)

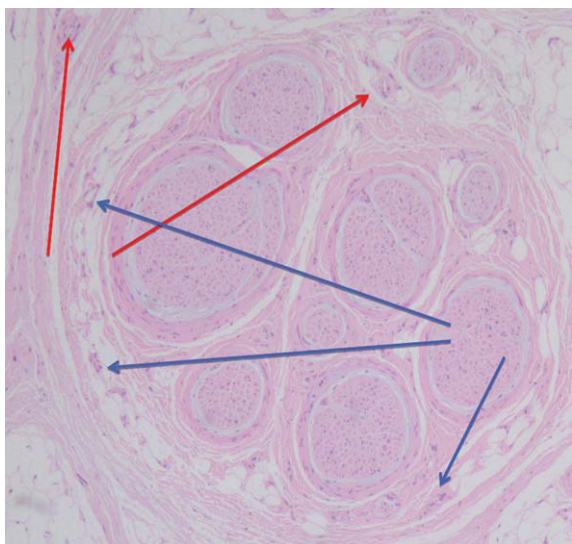


Fig. 4. This slide shows arterioles(red arrows) and venules(blue arrows) of the digital nerve in the middle phalanx of the middle finger. (H-E stain × 100)

부가적으로 손가락신경의 작은 혈관의 크기는 인접하고 있는 손가락동맥의 혈관과 비교했을 때 작은 소동맥과 소정맥으로 구성되어 있었다.

고 찰

1976년 Taylor와 Ham 등은 말초신경에 대한 혈액공급에 대해 신전 사체의 상, 하지의 말초신경을 연구하여 5가지로 혈액공급 패턴으로 나누었다. Type A는 한 가지 동맥이 분절(segmental) 혈액공급을 하는 경우, Type B는 A와 유사하지만 신경이 분지되는 경우, Type C는 큰 영양동맥이 가지를 가지지 않는 신경의 먼 곳까지 혈액공급을 하는 경우, Type D는 신경이 가지를 치지 않지만, 여러 개의 동맥으로 혈액공급이 이루어지는 경우이고, 마지막으로 Type E는 신경이 여러 개의 가지를 가지면서 여러 개의 동맥을 통해 혈액공급을 갖는 경우이다².

Pinel 등은 상, 하지의 말초신경의 정맥배출을 4가지 경우로 나누었다. 첫 번째로 신경정맥망(vena nervorum)에서 직접적으로 동맥의 동반 정맥(vena comitans)로 배출되는 경우, 두 번째로 근육 정맥을 경유하여 간접적으로 배출되는 경우, 세 번째로 동맥 주변 정맥혈관망(periarterial venous plexus)을 통해, 네 번째로 신경 주변 정맥혈관망(perivenous plexus)을 통해 배출되는 경우로 나누었다. 또한 신경 주변이나 신경 내에 있는 정맥에는 밸브는 없으나, 큰 신경 정맥계에는 밸브가 존재하기도 한다고 하였다³.

Sunderland 등은 말초신경의 광범위한 연구를 통해 “말초신경은 신경 주행 경로를 이루는 내내 연속된 혈관 또는 신경내에서 반복된 분리와 연결을 통해 충분한 혈관화가 이루어진다고 언급했다⁴.”

본 연구에서도 손가락신경의 혈관들 역시 말초신경의 혈관들과 같은 방식으로 주행과 연결을 통해 혈액순환이 이뤄지고 있었다. 또한, 조직편을 통한 관찰에서 손가락신경 역시 말초신경과 마찬가지로 이러한 작은 혈관들은 신경외막에만 존재하지 않고 신경주막에도 존재하여 신경 다발 사이에서도 혈액순환이 이루어진다는 것을 밝힐 수 있었다. 그리고 신경주막의 혈관과 신경외막의 혈관은 그물망을 이루어 혈액순환이 이루어지고 있었다. 손가락의 말단 부위로 갈수록 신경의 혈관은 더욱 작아지며, 100배의 광학현미경으로 이러한 혈관을 정확히 구별하기는 어려웠으며, 크기를 측정할 수 없었다. 또한 손가락동맥 영역과 손가락신경의 영역이 결체 조직으로 구역이 확연하게 구분되는 것을 알 수 있었으며, 손가락신경이 피관

에 포함되어야 하는 경우가 아니라면 두 개를 분리할 때 좀 더 신경 쪽에 치우쳐 박리하는 것이 피관의 혈관 손상을 막을 수 있는 하나의 방법이라고 생각한다. Taylor와 Pinel 등이 신경의 동맥과 정맥의 경로를 구분하였지만, 본 연구의 미흡한 점으로 손가락신경의 동맥과 정맥의 경로는 구분하지는 못했다.

외상 또는 수술 후 발생한 신경 결손을 메우기 위해 많은 시도가 있었다. 이러한 과정에서 신경의 혈액공급에 대해 중요성을 인식했지만 딜레마에 빠졌다. 절단된 신경 말단 부위를 최대한 움직이게 박리하여 신경의 혈액공급을 손상시키는 것과, 혈관화되지 않은 신경 이식에서 신경에 대한 혈액공급에 대해 고민하기 시작했다.

말초신경과 마찬가지로 손가락신경 역시 자체의 혈관을 가지고 있는 데, 현미경의 고배율 시야에서는 신경의 미세한 혈관을 찾을 수 있다. 이런 점을 인식한다면, 손가락 신경의 봉합시 신경을 연결할 수 있을 정도의 길이를 확보하거나, 긴장을 없애기 위해서 신경의 몸통부와 말단부를 박리하는 데, 이런 과정을 현미경의 고배율하에서 시행한다면 손가락신경과 동반된 혈관을 관찰할 수 있고, 이러한 혈관을 보존해서 박리한다면 신경으로 가는 혈액순환을 방해하지 않아 신경봉합의 결과를 향상시킬 수 있을 것이다. 또한, 손가락신경 봉합시 주위 조직이 흉터화되어 신경으로 가는 혈액순환이 차단된다 하더라도 자체의 혈액순환으로 신경이 생존하거나 재형성하는데 도움이 될 것이다.

신경이식시 신경이식 부위가 길다면 신경의 바깥쪽 부위는 이식 바닥으로부터 빠른 혈관화가 되지만 중앙 부위는 괴사되는 위험성을 내포하고 있다. 이러한 이유로 1950년 Strange 등은 혈관경 신경피관을 소개했다⁵.

혈관화 유리신경이식에 대한 유용성에 대한 이론적 근거는 좀 더 빠른 탈수초(demyelination)와 좀 더 빠른 축색(axon)의 재생장이다. 혈관화되지 않은 신경이식은 공여신경이 상대적으로 가늘었을 때 만족할 만한 결과가 나오며, 만약 공여된 신경이 굵으면 종종 중앙부의 괴사가 나타난다. 긴장이 없는 신경 절단에서 직접적인 신경봉합이 가장 좋은 결과를 나타내지만, 신경을 직접 봉합시 긴장이 존재한다면 직접적인 신경봉합보다는 신경이식이 더 좋은 결과를 나타낸다. Ducker와 Hayes 등은 개에 대한 실험에서 4 cm이하의 혈관화되지 않은 신경이식은 90%이상의 성공률을 갖지만, 10에서 12 cm 이상시에는 모두 실패하였다고 한다⁶. Hattori와 Doi 등은 여러 연구에도 불구하고 신경이식에 있어서 이식된 신경이 최대한 기능을 발휘되기 위해 혈관화를 하는 것에 대해 의문을 제기하며 혈관화된 신경이식에 대한 적응증을 제

시했다. 우선 신경결손부가 말단부가 아닌 몸통부이어야 하며, 큰 신경의 결손, 흉터화된 수용부의 바닥, 그리고 가장 중요한 적응증으로 큰 직경을 갖는 신경이식을 할 때 중앙부의 괴사를 방지하는 것이라 했다⁷.

손가락신경의 결손으로 혈관화 유리신경이식은 보고된 바가 없다. 신경을 연결하는 데 긴장이 존재하거나 또는 결손이 있을 때 신경이식을 시행했을 뿐이다. 하지만 신경이식시 결손부의 길이가 길고 주위 조직이 흉터화되어 바닥으로부터 혈액공급이 차단된다면 혈관화되지 않은 신경이식의 생착은 방해받을 수 있다. 수여부에서 신경과 혈관을 포함한 연부 조직을 하나의 그룹으로 채취하여 이를 공여부의 동반되는 동맥에 문합한다면 좀 더 나은 생존을 기대할 수 있으며 중앙부의 괴사를 방지할 수 있을 것이다.

결 론

본 연구에서 말초신경과 마찬가지로 손가락신경의 혈관의 존재를 증명할 수 있었고, 독립적인 경로를 가지면서 주위의 혈관들과 서로 소통하면서 혈액순환이 이뤄지는 것을 밝혔다. 임상적으로 이러한 사실을 적용한다면, 신경 박리시 신경의 혈관을 보존한다면 신경의 생존율을 향상시킬 수 있으며, 손가락신경 결손 환자에서 신경 이식시에 혈관과 신경을 포함한 연부 조직을 하나의 그룹으로 같이 이식한다면 생존 가능성을 높일 수 있을 것이다.

REFERENCES

- 1) Breidenbach WC, terzis JK: The blood supply of vascularized nerve grafts. *Reconstr Microsurgery*. 1986; 3: 43.
- 2) Taylor GI, Ham FJ: The free vascularized nerve graft. *Plast Reconstr Surg* 1976; 57: 413.
- 3) Pinel FD, Tayler GI: The venous drainage of nerves; anatomical study and clinical implications. *Br J Plast Surg* 1990; 43: 511.
- 4) Sunderland S: Blood supply of peripheral nerves. *Practical consideration. Archives of neurology and psychiatry(chicago)* 1945; 54: 280.
- 5) Strange FGS: Case report on pedicled nerve graft. *Br J Plast Surg* 1950; 37: 331.
- 6) Ducker TB, Hayes GJ: Peripheral nerve grafts; experimental studies in the dog and chimpanzee to define homograft limitations, *Neurosurgery* 1970; 32: 236.
- 7) Hattori Y, Doi K: Vascularized ulnar nerve graft, *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery* 2006; 10: 103.