

# Treatment of the Traumatic Neuroma

Youn-Tae Roh<sup>1</sup>, Il-Jung Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthopedic Surgery, Uijeongbu Paik Hospital, Uijeongbu, Korea

<sup>2</sup>Department of Orthopedic Surgery, Bucheon St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, Bucheon, Korea

Formation of the traumatic neuroma results from abnormal nerve regeneration following a peripheral nerve injury. Numerous treatment options have been described. However, there is no one way that is completely effective in the management of these peripheral neuromas. Prevention is best. It is important to maximize nonsurgical management, including pain management and physiotherapy. At the time of surgery, definitive neuroma resection and tension-free repair or coverage will provide the least amount of subsequent nerve irritation.

**Received:** December 2, 2014

**Accepted:** December 14, 2014

**Correspondence to:** Il-Jung Park

Department of Orthopedic Surgery,  
Bucheon St. Mary's Hospital, The Catholic  
University of Korea, 327 Sosa-ro, Wonmi-gu,  
Bucheon 420-717, Korea

TEL: +82-32-340-7034

FAX: +82-32-340-2671

E-mail: jikocmc@naver.com

**Keywords:** Traumatic neuroma, Nerve, Regeneration

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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

서로 연결되지 못하고 절단단 사이의 간격이 큰 경우, 축삭(axon)의 발아는 그 연결 대상을 찾지 못하고 증식하게 된다. 발아가 증식되어 다발을 형성하고 더불어 결체 조직이 증식하게 되면 둥글게 팽창되어 육안적으로 관찰할 수 있는 종물을 형성하는데 이를 신경종(neuroma)이라 한다<sup>1-3</sup>. 한편, 신경병증성 통증(neuropathic pain)은 신경의 손상이나 기능 이상으로 유발되는 병적 통증을 통칭하며, 말초 또는 중추 신경계의 체성 감각 경로(somatosensory pathway)의 손상에 의해 자발통(spontaneous pain), 이질통(allodynia), 통각 과민

(hyperalgesia), 이상 감각증(paresthesia) 등이 나타날 수 있다<sup>4</sup>.

신경종이 발생하더라도 극심한 통증이 지속되는 경우는 흔하지 않다. 대부분의 주요 신경이 깨끗하게 절단된 경우에는 심한 신경병증성 통증이 잘 발생하지 않는다. 신경종이 생겼을 때 얼마나 많은 경우에서 임상적으로 문제가 될만한 통증이 발생하는가에 대해서는 명확하게 기술되어 있지 않으나, 대개 10% 미만일 것으로 생각하고 있다. Wall과 Gutnick<sup>5</sup>은 신경종에 의한 신경병증성 통증의 기전으로 첫째 신경중내 재생 신경의 말단이 기계적 혹은 전기적 자극에 의해 흥분될 수 있고, 둘째 어떤 신경단은 자발적으로 활동 전류를 발생할 수

있는데 이것이 구심적으로 작용하여 동통이 발생한다고 추측하였다. 절단단의 신경병증성 통증은 신경종이 충분한 연부조직으로 피복되지 못하거나 반흔 조직으로 둘러 싸일 때 발생할 수 있다<sup>2</sup>. 신경종으로 인해 절단단에 통증이나 압통이 발생하게 되면 의지의 작용이 불가능해지고 절단지를 사용하기 어렵게 되어 절단 환자에게 큰 불편을 끼치게 된다.

이러한 신경종을 치료하기 위해 수 많은 비수술적, 수술적 방법들이 시도되어 왔으나 어느 것 하나 완전한 것은 없는 것이 현실이다. 여기서는 외상성 신경종에 대한 내용 중 특히 다양한 치료 방법에 중점을 두어 소개하고자 한다.

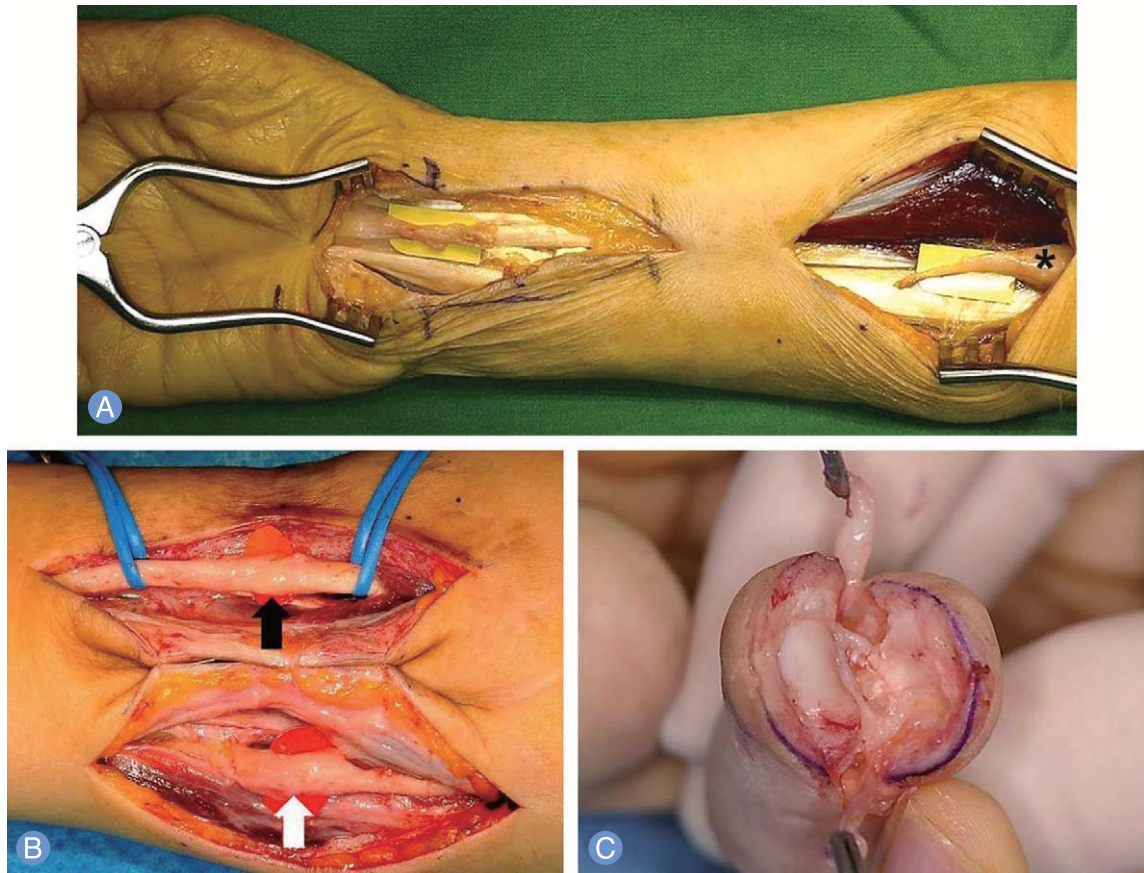
## 신경종의 병태 생리

신경이 손상을 받게 되면 손상된 신경의 세포체는 여러 종류의 신경 영양 인자(neurotrophic factor)를 분비하여 손상된 축색을 재생시키려는 기전을 작동시킨다. 이 때 손상된 신경의 근위부 말단과 원위부 말단 사이에 있는 신경 다발(fas-

cicle)들이 정렬을 잘 유지하고 있을 경우에는 축색의 재생이 정상적으로 진행되어 효과적으로 회복될 수 있다. 그러나 신경 다발들이 정렬을 유지하지 못하는 경우, 예를 들면 손상된 신경 부위의 결손이 크거나 절단 환자에서 손상된 신경의 끝이 다시 연결되지 못한 경우에는 축색의 재생이 정상적으로 이루어지지 못하고 무질서한 신경 섬유가 손상 부위에서 자라면서 반흔 조직과 혼재되어 신경종이 발생하게 된다<sup>6</sup>.

신경종의 종류에는 신경이 완전히 절단된 후 근위부 말단에서 발생하는 신경종(neuroma in completely severed nerve) 외에도, 신경의 부분 손상 후 손상 당한 축색의 싹들이 신경의 막 내에서 자라고 뒤엉켜 생기는 연결 신경종(neuroma-in-continuity), 그리고 절단된 신경의 끝이 다시 연결되지 못해 발생하는 절단단 신경종(amputation stump neuroma) 등이 있다(Fig. 1)<sup>1-3</sup>.

신경종은 여러가지 요인, 즉 축색의 성장(axonal ingrowth) 정도, 섬유모세포(fibroblast)나 슈반 세포(Schwann cell)의 수, 혈관의 존재 유무, 감염이나 이물질의 유무, 그리고 전신



**Fig. 1.** Three types of neuroma. (A) A neuroma (asterisk) originated from completely severed median nerve. (B) Neuromas-in-continuity of the median (black arrow) and ulnar nerve (white arrow). (C) Neuromas of the digital nerve in amputation stump.

적인 영양 상태 등에 의해 그 크기가 결정되지만, 크기와 통증은 크게 상관 관계가 없는 것으로 알려져 있다<sup>1,3</sup>.

## 신경종의 예방

신경종은 치료보다 예방이 더욱 중요하다. 절단술을 시행할 경우 신경을 원위부로 잡아당긴 후 잘라주어 그 끝이 절단부에 있지 않고 근위부로 말려 들어가 정상 조직 사이에 있도록 한다. 또한 신경의 끝을 봉합사로 결찰하여 신경 조직이 자라지 못하도록 하는 것도 효과적이다. 신경을 봉합할 때에는 신경 내부 섬유의 배열을 잘 맞추고, 가는 실로 봉합하며, 봉합시에 신연력을 줄여 주어 필요없는 조직의 증식을 막아야 한다<sup>3</sup>.

## 신경종의 치료

신경종의 치료를 위해 수 많은 비수술적, 수술적 방법들이 사용되고 있으며, 일부 방법은 사용된 지 50년 이상이 되는 것도 있다. 하지만 안타깝게도 현재까지 신경종의 발생을 완전히 예방하거나 치료하는 표준 치료법은 없다는 것이 정설이다<sup>4</sup>.

### 1. 비수술적 치료

통증을 동반한 신경종이라고 하더라도 모두 수술의 대상이 되는 것은 아니며 먼저 적절한 보존적 요법을 시행해야 한다. 보존적 요법으로는 물리 치료, 탈감작(desensitization) 요법, 약물 요법, 교감 신경 차단술(sympathetic nerve block) 등이 있다.

신경종의 통증을 치료하기 위한 경구용 약물로는 gabapentin과 pregabalin이 있다. 두 약물은 항 경련제로 분류되며 간질, 당뇨병성 신경병증, 대상포진 후 신경병증에도 사용된다. 작용기전은 두 약물이 서로 같아 voltage-gated calcium channel의  $\alpha 2\delta$  subunit에 부착되어 신경 종말 내로 칼슘이 유입되는 것을 감소시키고, 감소된 칼슘의 유입은 glutamate, noradrenaline, substance P 등 통증에 관여하는 신경 전달 물질(neurotransmitter)의 분비를 감소시켜 통증을 완화시킨다<sup>7,8</sup>.

경구용 약물이 사용되기 이전부터 여러 보조 요법들이 신경종의 치료에 사용되어 왔다. 그 중 대부분은 축색의 재생을 억제하기 위한 시도였고, 이를 위해 다양한 경화제(sclerosing agent)가 사용되었다. Smith와 Gomez<sup>9</sup>는 신경종 및 주변 조직에 국소 마취제와 트리암시놀론을 직접 주입하여 절반 이상

의 환자에서 증상의 호전을 보았고, Gruber 등<sup>10</sup>은 절단단의 신경종에 페놀을 주입하여 하지 절단 후 발생한 신경종에 대해 우수한 결과를 보고하였다. 이 외에도 여러 연구자들에 의해 알코올, 포르말린, 뇌척수액 등이 치료에 사용되었고 이에 대한 다양한 결과가 보고되었다<sup>11-13</sup>. 일부 연구자들은 신경 말단에 대한 냉동 절제술(cryoablation)이나 전기 소작술(electrical cauterizing)을 시행하기도 하였다<sup>11,14</sup>.

### 2. 수술적 치료

#### 1) 수술적 치료의 원칙

수술적 치료의 목표는 신경종으로 인한 통증을 완화시키고 신경의 기능을 회복하는데 있다. Nath와 Mackinnon<sup>15</sup>은 원위부 신경의 유용성(availability)에 따라 신경종의 수술적 치료 원칙을 크게 세 가지로 구분하였다.

첫째, 적절한 원위부 신경과 감각 수용체(sensory receptor)가 존재할 경우 신경 이식술을 시행하여 근위부 신경의 절단단을 원위부 신경으로 연결한다(Fig. 2). 둘째, 연결할 수 있는 원위부 신경이 존재하지 않고 무지와 같이 손상된 신경의 기능 회복이 매우 중요할 경우 신경부착 유리 조직 이식술(innervated free tissue transfer)을 시행한다(Fig. 3). 셋째, 주위 환경이 신경 이식에 적합하지 않거나 통증 조절을 위해 여러 번 수술을 시행하였으나 성공하지 못하였을 경우, 신경종을 절단하고 근위부 신경 말단을 주위의 적절한 조직으로 전위하여 치료한다.

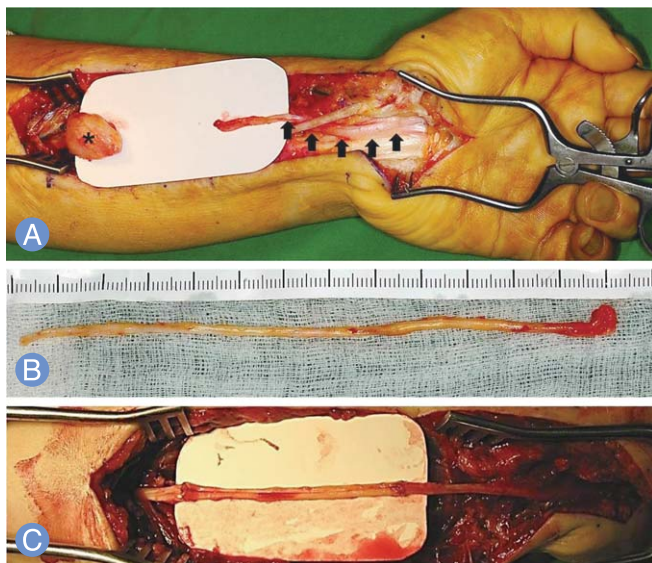


Fig. 2. (A) A neuroma (asterisk) originated from completely severed median nerve. Because distal part of severed nerve was available (black arrows), (B, C) the gap was repaired with a sural nerve cable graft.



## 2) 수술적 치료의 방법

신경종에 대한 수술적 치료는 매우 다양하게 보고되고 있으나, 크게 5가지 정도로 구분해 볼 수 있다.

(1) 이차 봉합 혹은 이식술(secondary repair or grafting)

(2) 신경종 절제술(resection of the neuroma)

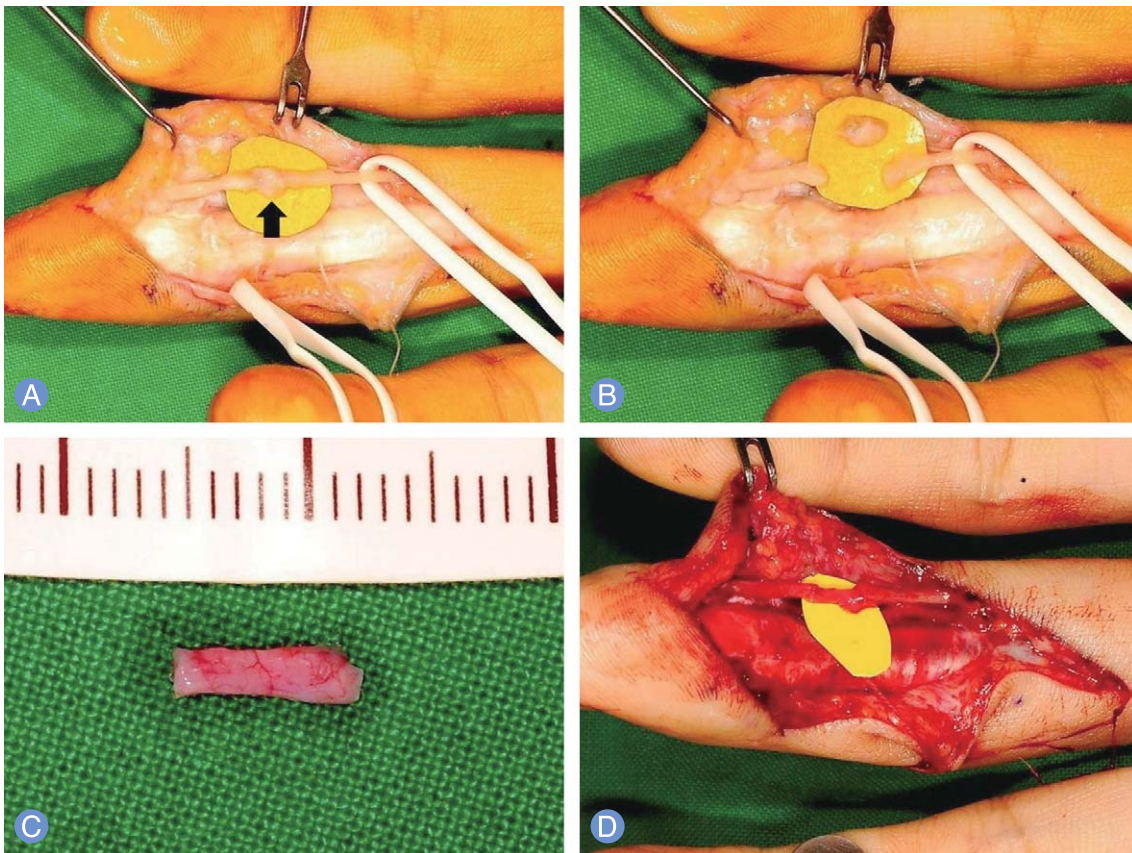
(3) 신경종 봉쇄(containment of the neuroma)

(4) 신경종 전위(translocation of the neuroma)

(5) 피판으로 피복(coverage with flap)



**Fig. 3.** (A) Amputation stump neuroma formation to the ulnar digital nerve of the thumb. Restoration of function was so critical, but a distal nerve was not available. (B) Modified neurovascular island flap from the middle finger was performed.



**Fig. 4.** (A) Hypertrophic neuroma-in-continuity of the digital nerve (black arrow) was observed. (B) After excision of the neuroma, 5 mm sized nerve defect was noted. (C) Autologous vein was harvested and (D) digital nerve repair using the vein conduit was performed.



## (1) 손상된 신경의 봉합(repair of the damaged nerve)

신경을 직접 봉합할 수 있다면 다른 어떠한 방법보다도 좋은 결과를 기대해 볼 수 있다. 하지만 신경의 결손 부위가 커 직접 봉합이 불가능할 경우에는 다른 피부 신경을 이식하거나 도관형(entubulated) 신경 대체물을 이용할 수 있다(Fig. 4). Nunley 등<sup>16</sup>은 수지 신경의 연결 신경종을 치료하기 위해 내측 전박 피부 신경(medial antebrachial cutaneous nerve)을 이용한 자가 신경 이식을 시행하였고, Malizos 등<sup>17</sup>은 유사한 상황에서 정맥 도관(vein conduit)을 이용한 치료로 우수한 임상적 결과를 보고하였다. 하지만 손상된 피부 신경을 치료하기 위해 다른 곳의 피부 신경을 희생할 경우 하나의 신경종을 치료하기 위해 두 개의 신경종을 만들 수 있는 위험성을 가지고 있어 신중하게 결정하여야 한다.

## (2) 신경종의 절제(resection of the neuroma)

단순 신경종 절제술은 상당히 오래된 수술 방법 중 하나이다. 신경종의 근위부에서 신경종 및 정상 신경 조직 일부를

절제하여 근위 절단단의 끝이 반흔이 없는 조직 내에 위치하게 한다. 그러나 거의 대부분의 경우 신경종 절제술 후 절제된 신경 종말에서 새로운 신경종이 자라나기 때문에 그다지 만족스러운 결과를 보이는 방법은 아니다(Fig. 5). Guse와 Moran<sup>18</sup>은 상지에 발생한 신경종에 대해 여러가지 방법으로 수술을 하였고 그 결과를 후향적으로 비교 분석한 결과, 단순 신경종 절제술이 다른 방법에 비해 월등히 높은 재수술률 및 불량한 disability of the arm, shoulder and hand (DASH) score를 보였다고 하였다. 따라서 신경종 절제술을 단독으로 사용하는 것은 매우 선택적으로 고려되어야 할 것이다.

## (3) 신경종의 봉쇄(containment of the neuroma)

축색의 성장을 억제하기 위해 신경 근위부 절단단을 봉쇄하는 여러 가지 방법들이 시도되어 왔다.

① 신경외막 소매(epineurial sleeve): 현미경을 이용하여 신경종의 근위부에서 신경을 자른 후 신경외막을 조심스럽게 벗겨내고 신경 속을 근위부로 1 cm 부위에서 자른다. 내부가

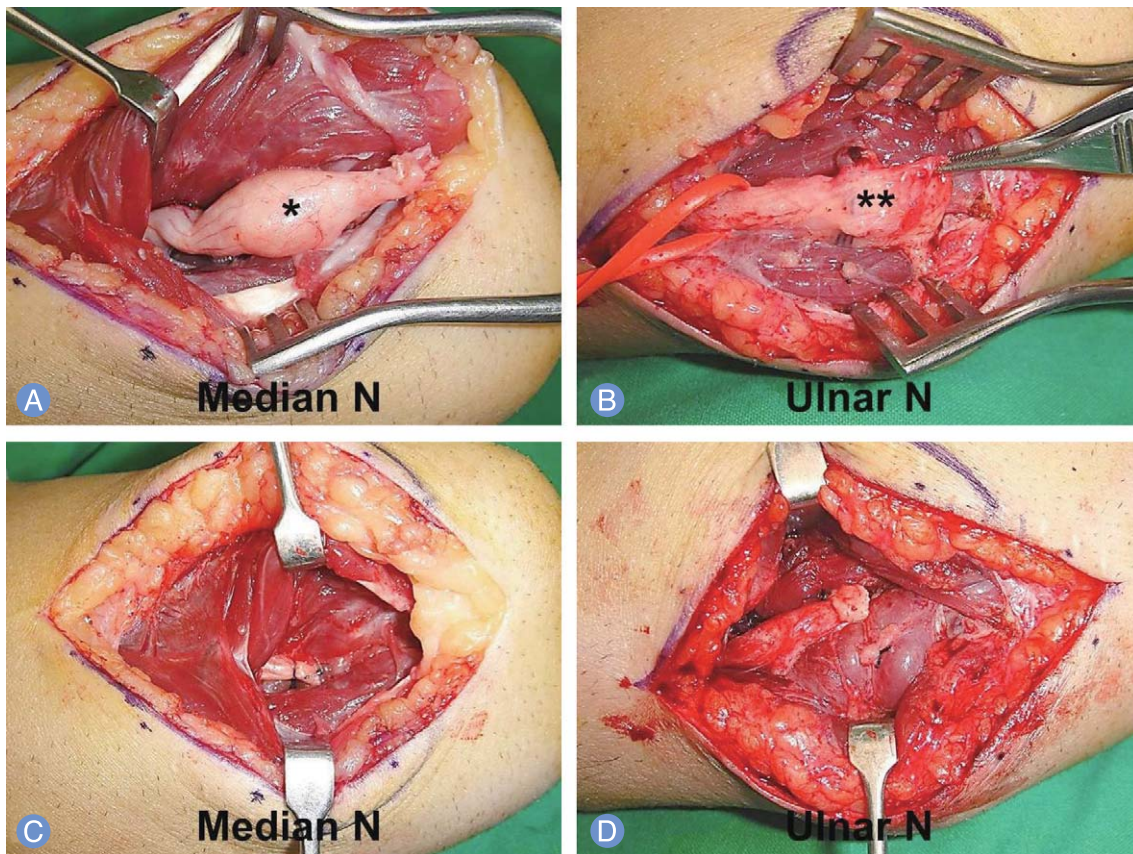


Fig. 5. (A, B) After traumatic forearm amputation, hypertrophic neuromas of the median (asterisk) and ulnar nerve (double asterisk) were developed. (C, D) Excision of the neuromas were performed and the nerve were placed in unscarred muscle. Unfortunately, new neuromas of the both nerves were developed after the operation. N, nerve.

**Table 1.** Treatment options of the neuromas based on location

Zone	Nerves involved	Relocation options
I	Digital nerves	Proximal phalanx or metacarpal
II	Common digital nerves	Pronator quadratus
	Palmar cutaneous branches of median and ulnar nerves	
	Dorsal sensory branch of ulnar nerve	
III	Superficial branch of radial nerve	Brachioradialis or other muscles of forearm
	Lateral antebrachial cutaneous nerve	
	Medial and posterior cutaneous nerves	

빈 신경외막을 6-0 나일론으로 이중 결찰하고 주위의 정상 조직에 위치시킨다.<sup>3</sup>

② 실리콘 마개(silicon cap): 신경종을 절제한 후 신경보다 약간 큰 실리콘 마개를 덮고 절단된 신경 끝에 단단히 고정시킨다. Tupper와 Booth<sup>19</sup>는 17명, 32 신경종에 대해 두 가지 형태의 실리콘 마개를 사용하고 그 결과를 보고하였는데, 실리콘 마개를 사용한 결과가 단순 신경종 절제술의 결과와 비교하여 큰 차이를 보이지 않는다고 하였다. 이렇듯 불량한 결과로 인해 현재는 거의 사용되지 않는 방법이다.

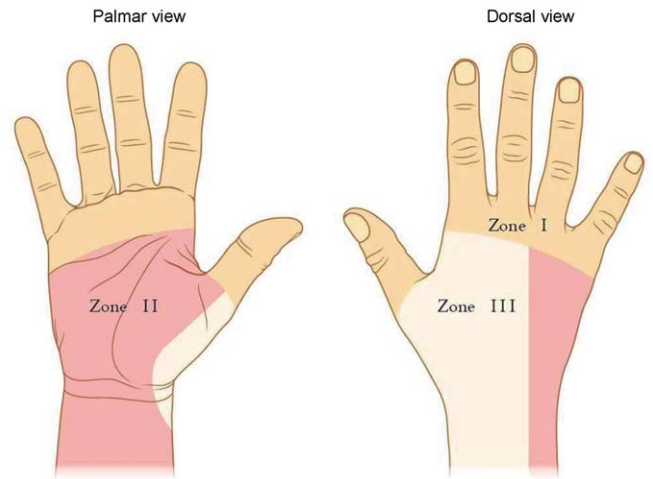
③ 실리콘 관(silicon tube): Dahlin과 Lundborg<sup>20</sup>는 신경종 절제술 후 그 끝을 실리콘 관에 넣는 방법을 시도하였고, 이때 축색의 재생이 관 내에서 일어나지 않거나 제한됨을 확인하였다. 실제로 이들은 통증이 심한 신경종 환자에서 이 방법을 시행하였고, 많은 경우에서 증상의 호전을 확인하였다.

#### (4) 신경종의 전위(translocation of the neuroma)

동통성 신경종을 자극이 없는 건강한 조직으로 재배치시키는 방법은 많은 술자들로 부터 긍정적인 평가를 받고 있으며 점차 그 사용이 늘고 있는 추세이다. 일부 술자들은 수부 및 수근부에 발생한 신경종을 그 위치에 따라 3개의 구역으로 나누고, 각 구역에 따라 그들이 선호하는 신경종의 전위 방법을 치료 전략으로 제시하였다(Table 1, Fig. 6)<sup>21</sup>.

##### ① 신경종 절제술을 시행하지 않고 전위

Herndon 등<sup>11</sup>에 의해 보고된 방법으로, 절단된 신경의 원위부가 없거나 봉합할 수 없는 손상을 받은 경우 시행한다. 신경종과 신경종을 감싸고 있는 반흔 조직을 통째로 자극이 없는 건강한 조직으로 전위시킨다. 전위될 근위부는 반흔이 없고 국소 자극이 적은 곳이 좋으며, 주로 심부 근육, 물갈퀴부, 인접한 중수골 간부 사이가 선호된다. 수장부 보다는 수배부가 일상 생활에서 가해지는 자극이 적기 때문에 더 나은 부위이다. 이 방법은 신경종에 의한 통증이 압박이나 기계적인 자극과 명확하게 연관되어 있을 때 효과적이다.

**Fig. 6.** Division of the hand and wrist into zones for planning of neuroma relocation.

##### ② 뼈로의 전위

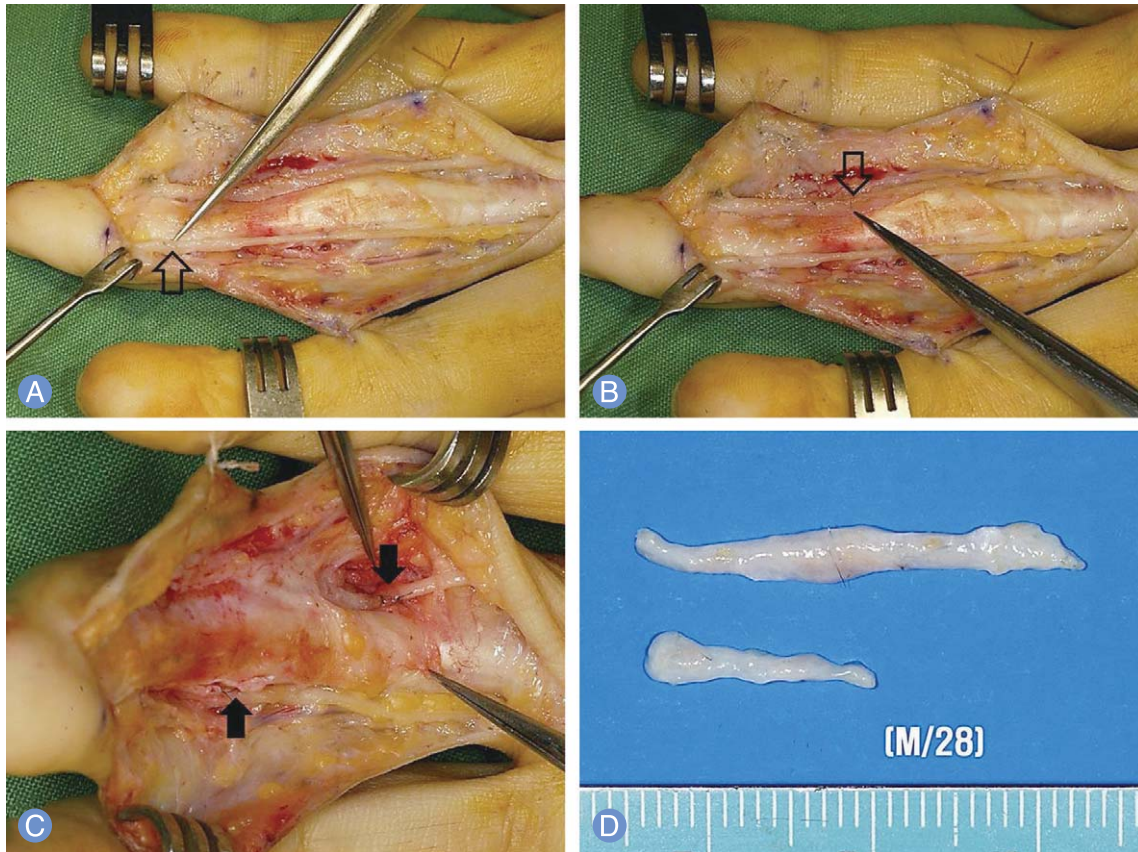
50년 이상 사용된 오래된 방법 중 하나로, 뼈의 골수강 내로 신경의 끝을 묻고 골막에 고정하는 방법이다(Fig. 7). 이 수술의 목적은 신경의 절단단을 골수강이라고 하는 폐쇄된 구획 내에 봉쇄시켜 신경종의 크기를 제한하고 직접적인 자극으로부터 신경종을 보호하는 것이다.

수술 시 주의해야 할 점으로 전위되는 신경에 긴장이 있어서는 안되고, 신경이 뼈 안으로 들어갈 때에는 각이 지지 않도록 하여야 한다. 관절 바로 원위부의 뼈에 신경을 전위시키면 관절 운동시 전위된 신경에 견인력이 가해지기 때문에 피하는 것이 좋다. Hazari와 Elliot<sup>22</sup>는 수지 신경종의 치료에서 전위된 신경에 견인력이 가해지지 않도록 수지 신경을 중수골로 전위시켜 만족할 만한 결과를 얻었다고 하였다.

##### ③ 근육으로의 전위

말초 신경종의 치료 중 가장 널리 이용되는 방법 중 하나이다. 손상된 신경의 절단단을 봉합하기 어려운 경우나 원위 절단단이 없는 경우, 봉합 부위가 피부와 너무 가까워 기계적인 자극이 예상되는 경우 시행할 수 있다.





**Fig. 7.** (A, B) Neuromas of the ulnar and radial digital nerve (empty arrows) were observed. (C) After excision of the neuromas, relocation of the nerve ends into the mid and proximal phalanx (black arrow) was performed, respectively. (D) Excised digital nerves including the neuromas.

가장 중요한 점은 전위되는 신경에 견인력이 가해져서는 안 된다는 점이며, 이러한 이유로 가급적 근의 이동거리 (excursion)가 적은 근육이 선호된다. 전완부의 심부 굴곡근 (deep flexor muscles)이나 하퇴부의 심부 굴곡 구획내 근육 (muscles of the deep flexor compartment)의 경우 일상적인 활동에도 신경이 견인될 수 있어 피하는 것이 좋다. Nath와 Mackinnon<sup>15</sup>은 심부 근육으로 전위 후 재발한 신경 종에 대해 그 원인을 근육이나 관절의 운동으로 인한 이식 신경의 퇴축(retraction) 이라고 보고하였다. 또한 Dellon과 Mackinnon<sup>23</sup>은 근육으로의 전위 후 불량한 결과를 보였던 경우를 소개하였는데, 여기에는 수지의 신경종, 보상을 바라는 노동자, 통증 때문에 이전에 3회 이상 수술을 시행하였던 경우, 요골 신경 감각 분지의 신경종, 그리고 큰 이동거리를 가진 근육으로 전위한 경우가 포함되었다. 일반적으로 수부의 작은 근육으로 이전하였을 때 보다는 전완부나 상완부 등 근위부 근육으로 이전시켰을 때 더 만족스러운 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다.

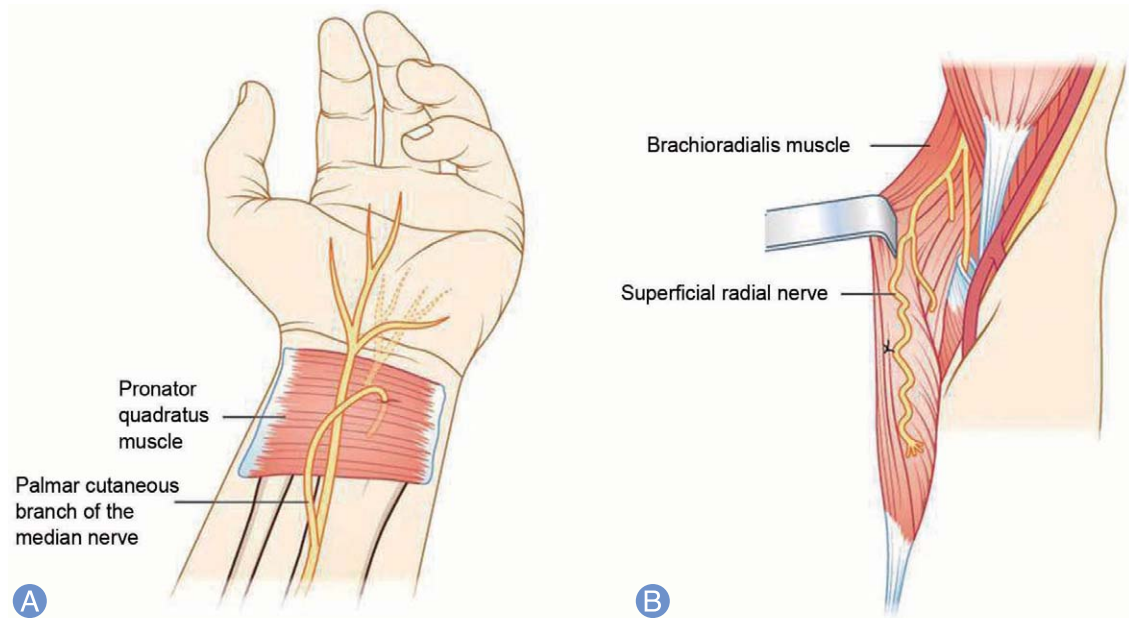
실제 임상에서 가장 널리 사용되는 방법으로 요골 신경의 표재 분지(superficial branch of radial nerve)를 상완요근 (brachioradialis)으로, 정중 신경의 수장 피하 분지(palmar cutaneous branch of median nerve)를 방형 회내근 (pronator quadratus)으로 전위하는 방법이 있다(Fig. 8).

#### ④ 정맥으로의 전위

신경종을 정맥의 내강으로 전위시키는 방법으로, 그 이론적 배경은 재생하는 축삭과 혈관 내피 사이의 상호 작용, 즉 혈액이 신경 재생을 억제하는 효과를 기대하는 것이다. Herbert와 Filan<sup>24</sup>은 14명의 환자에게 이 술식을 시행한 후 13명의 환자에서 인상적인 통증의 경감이 있었다고 하였다. 이 술식의 가장 큰 장점은 피하 정맥이 우리 몸 전역에 풍부하게 분포하기 때문에 신경종 주위에 있는 적절한 정맥을 찾기가 쉽고 따라서 수술 중 신경을 과다하게 박리할 필요가 없다는 것이다.

#### ⑤ 신경으로의 전위

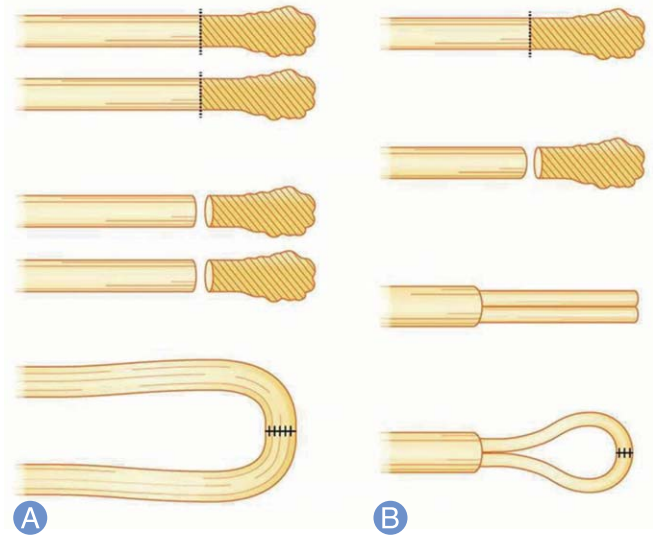
말초 신경종의 또 다른 치료 방법으로 신경의 절단면을 자기 자신 또는 주위의 신경으로 전위하는 방법이 있다. 다양한



**Fig. 8.** Translocation of the neuroma into the muscle. **(A)** A neuroma arising from palmar cutaneous branch of the median nerve. After resection of the neuroma proximally, the nerve was implanted into the pronator quadratus muscle. The pronator quadratus muscle was one of the most commonly used muscles for transposition. **(B)** A neuroma arising from the superficial radial nerve. The neuroma was resected and then the nerve was implanted within the brachioradialis muscle.

수술 방법들이 소개되었으나 가장 대표적인 방법으로 두 신경의 절단면을 단-단 봉합하는 Centro-centralization이 있다. 이 방법은 Gorkisch 등<sup>25</sup>에 의하여 처음 기술되었으며, 수지 신경의 절단된 양 끝 사이를 단-단 봉합하여 축색의 성장을 막는 방법이다. 이 술식은 손상된 신경이 하나인 경우에도 적용할 수 있어, 하나의 신경을 크기가 같은 두 개의 신경 다발(fascicle)로 나눈 후 각각의 신경 다발을 단-단 봉합하면 된다(Fig. 9).

Belcher와 Pandya<sup>26</sup>는 수지 절단 환자에서 두 수지 신경을 단-단 봉합하였을 때 신경종 발생이 현저히 감소함을 보고하면서, 그 이유로 연결된 반대편 신경 내관에 빈 공간이 없어 축색이 자라지 못하기 때문이라고 설명하였다. Wood와 Mudge<sup>27</sup>는 전완부 절단 후 발생한 정중 신경과 척골 신경의 신경종에 대해 신경종 절제 후 단-단 봉합을 통해 80%–90%의 통증 완화 효과를 얻었다고 보고하면서, 여러번 치료에 실패한 신경종을 대상으로 고려해 볼만한 방법이라고 하였다(Fig. 10). 또한 Barbera와 Albert-Pamplo<sup>28</sup>는 하지 절단 환자에서 발생한 동통성 신경종의 치료로 신경종을 절제하고 절단단에서 3–4 cm 근위부까지 신경 외막을 박리하여 신경 다발 그룹을 만든 후 각각의 그룹을 단-단 봉합하여 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다.

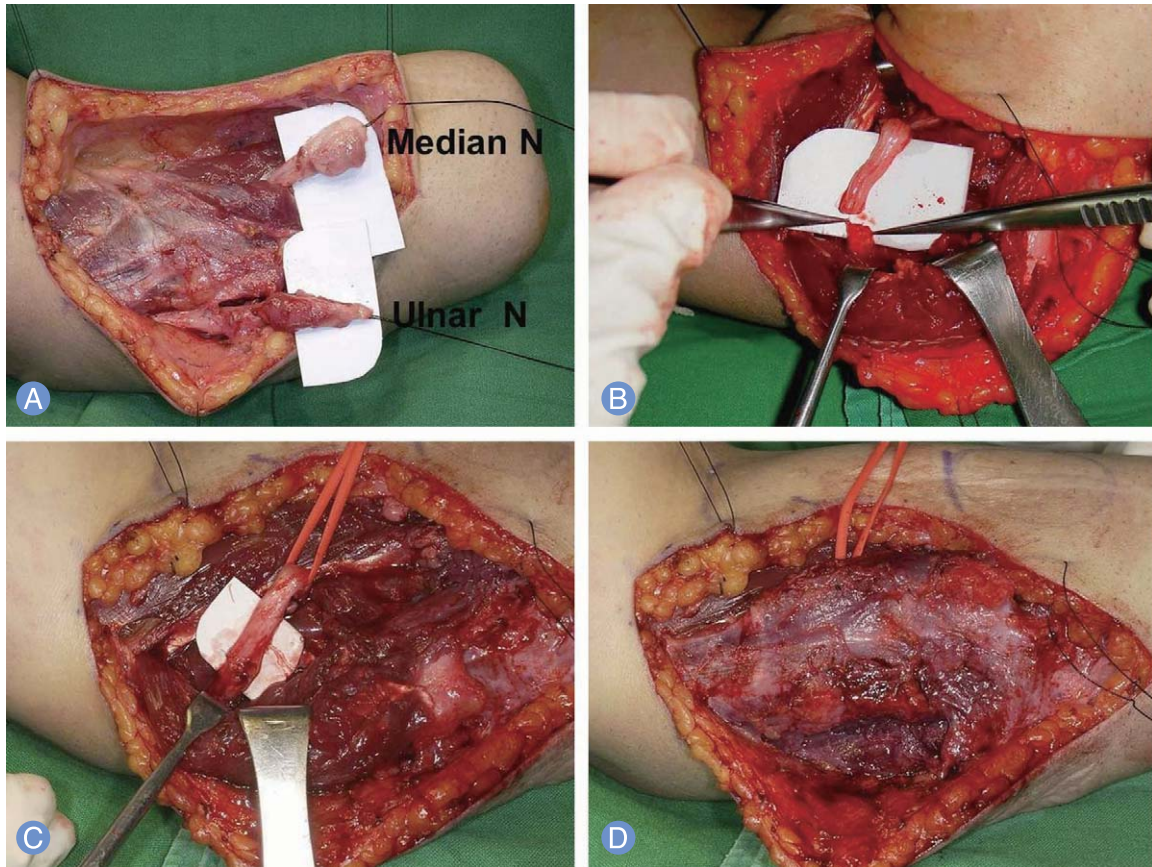


**Fig. 9.** Centro-centralization. **(A)** Centro-central nerve repair involved the coaptation of 2 nerve cords of central origin. **(B)** This technique could also be applied for 1 nerve if it was split into 2 fascicles of equal size. The 2 nerves or fascicles had simple end-to-end repair.

#### (5) 피판으로 피복

동통성 신경종에 대한 또 다른 치료 방법으로 신경종을 혈관부착 연부조직 또는 피판으로 피복하는 방법이 있다(Fig. 11). 손상된 신경에 혈행이 풍부한 환경을 제공해 주면 신경의 기계적인 지지 뿐 아니라 신경화학적, 전기적 활동을 최적화





**Fig. 10.** (A) After traumatic forearm amputation, hypertrophic neuromas of the median and ulnar nerve were redeveloped. (B) After resecting the neuromas, normal nerve fascicles were observed. (C) Microscopic end to end neurorrhaphy of the median and ulnar nerve was performed. (D) Repaired nerve was underneath the deep forearm muscles. N, nerve.

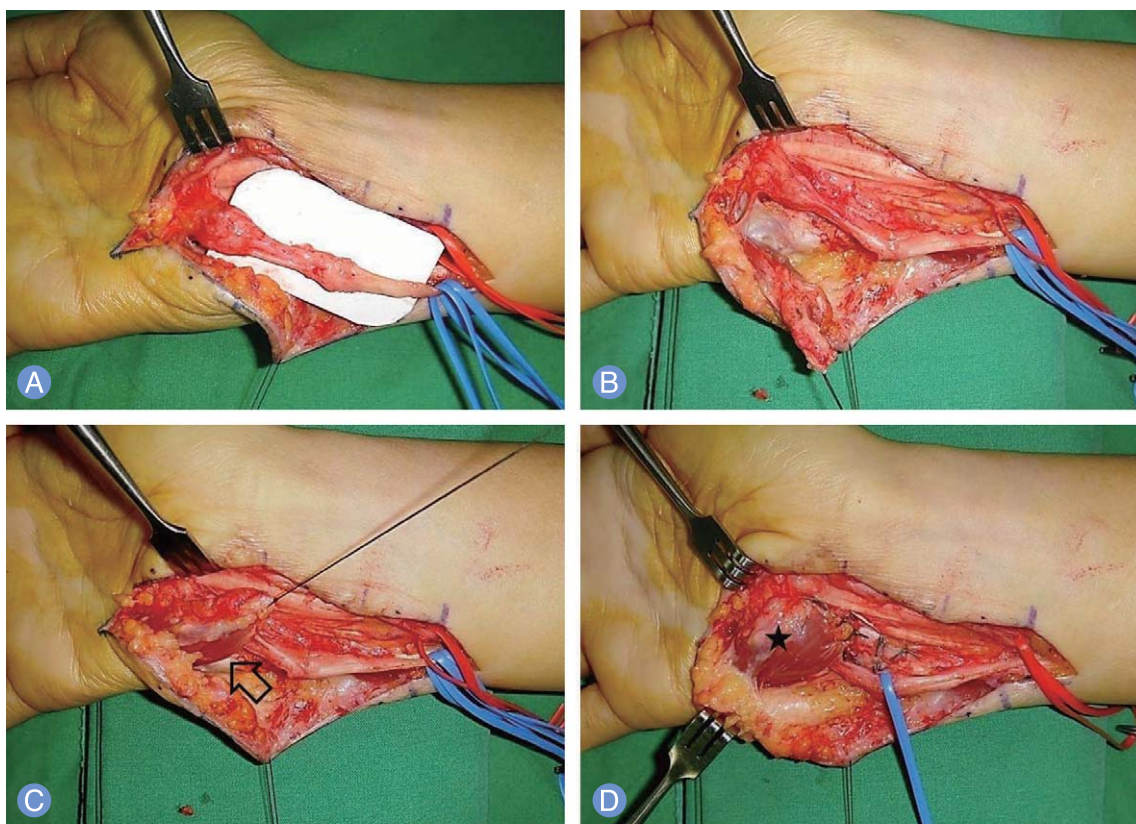
할 수 있을 것으로 생각된다<sup>29</sup>. 사용할 수 있는 피판술로는 소지구 지방체 피판술, Becker 형태의 근막피부 피판술, 활액막 피판술, 근육 피판술, 근막 피판술 등이 있다. Yuksel 등<sup>30</sup>은 외상성 또는 절단단의 신경에 대해 신경종 형성을 예방하기 위해 다양한 술식을 시행하고 그 결과를 비교하였는데, 신경 외막 피판술(epineural flap)이 신경종 예방에 가장 효과적이었다고 보고하였다. 또한 Adani 등<sup>31</sup>은 정중 신경에 발생한 동통성 연결 신경종을 방형 회내근 피판으로 피복하여 탁월한 통증의 경감을 얻었다고 하였다.

혈관부착 연부조직 피판술을 이용하여 동통성 신경종을 피복하는 방법은 우수한 통증 감소를 보이지만 다른 수술법에 비해 기술적으로 어렵다는 단점이 있다. 따라서 이전의 치료가 계속해서 실패하는 경우, 약물 치료에 반응하지 않는 통증, 불량한 연부조직의 치유, 그리고 미세 수술에 위험 요소가 없을 때 고려해 볼 수 있겠다<sup>29</sup>.

## 결론

통증을 동반하는 신경종의 치료는 수부외과 영역에서 중요한 쟁점으로 남아있다. 앞에서 기술하였듯이 수 많은 치료 방법들이 보고되고 있으나, 안타깝게도 현재까지 신경종을 완전하게 치료하는 표준 치료법은 없다고 보아도 무방할 것이다. 따라서 거듭 강조하지만 가장 중요한 것은 신경종을 만들지 않도록 주의하고 예방하는 것이다.

신경종의 치료에서 가장 중요한 것은 적절한 환자의 선택이다. 환자가 일관된 증상을 보이고 그 증상이 특정 신경의 손상 혹은 신경의 해부학적 지배 영역에 일치한다면 의사는 확신을 가지고 문제가 있는 신경을 확인해야 한다. 비수술적 방법을 최대한 사용하는 것이 중요하나, 만약 수술을 해야 한다면 신경종을 확실하게 절제하고 가능하면 신경 봉합술을, 그렇지 않다면 신경종을 잘 피복하여 추후 발생할 수 있는 신경 자극을 최소화하여야 할 것이다.



**Fig. 11.** Coverage with flap. (A) A neuroma-in-continuity of the ulnar nerve was developed after sural nerve graft. (B, C) The abductor digiti minimi (empty arrow) was mobilized to cover the neuroma-in-continuity. (D) The flap coverage with vascularized muscle mass (black star) might provide a vascularized and nourished milieu and protect the nerve from the mechanical irritability.

## REFERENCES

1. Brogan DM, Kakar S. Management of neuromas of the upper extremity. *Hand Clin.* 2013;29:409-20.
2. Watson J, Gonzalez M, Romero A, Kerns J. Neuromas of the hand and upper extremity. *J Hand Surg Am.* 2010;35:499-510.
3. Birch R. Nerve repair. In: Wolfe SW, Pederson WC, Hotchkiss RN, Kozin SH, Cohen MS, editors. *Green's operative hand surgery*. 6th ed. New York: Elsevier Health Sciences; 2010. 1035-74.
4. Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, et al. Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology.* 2008;70:1630-5.
5. Wall PD, Gutnick M. Ongoing activity in peripheral nerves: the physiology and pharmacology of impulses originating from a neuroma. *Exp Neurol.* 1974;43:580-93.
6. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg Am.* 2000;25:391-414.
7. Gidal BE. New and emerging treatment options for neuropathic pain. *Am J Manag Care.* 2006;12:S269-78.
8. Rosenstock J, Tuchman M, LaMoreaux L, Sharma U. Pregabalin for the treatment of painful diabetic peripheral neuropathy: a double-blind, placebo-controlled trial. *Pain.* 2004;110:628-38.
9. Smith JR, Gomez NH. Local injection therapy of neuromata of the hand with triamcinolone acetonide. A preliminary study of twenty-two patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52:71-83.
10. Gruber H, Glodny B, Kopf H, et al. Practical experience with sonographically guided phenol instillation of stump neuroma: predictors of effects, success, and outcome. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;190:1263-9.
11. Herndon JH, Eaton RG, Littler JW. Management of painful neuromas in the hand. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:369-73.



12. Boldrey E. Amputation neuroma in nerves implanted in bone. *Ann Surg.* 1943;118:1052-7.
13. Lim KB, Kim YS, Kim JA. Sonographically guided alcohol injection in painful stump neuroma. *Ann Rehabil Med.* 2012;36:404-8.
14. Davies E, Pounder D, Mansour S, Jeffery IT. Cryosurgery for chronic injuries of the cutaneous nerve in the upper limb. Analysis of a new open technique. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82:413-5.
15. Nath RK, Mackinnon SE. Management of neuromas in the hand. *Hand Clin.* 1996;12:745-56.
16. Nunley JA, Ugino MR, Goldner RD, Regan N, Urbaniak JR. Use of the anterior branch of the medial antebrachial cutaneous nerve as a graft for the repair of defects of the digital nerve. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:563-7.
17. Malizos KN, Dailiana ZH, Anastasiou EA, Sarmas I, Soucacos PN. Neuromas and gaps of sensory nerves of the hand: management using vein conduits. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 1997;26:481-5.
18. Guse DM, Moran SL. Outcomes of the surgical treatment of peripheral neuromas of the hand and forearm: a 25-year comparative outcome study. *Ann Plast Surg.* 2013;71:654-8.
19. Tupper JW, Booth DM. Treatment of painful neuromas of sensory nerves in the hand: a comparison of traditional and newer methods. *J Hand Surg Am.* 1976;1:144-51.
20. Dahlin LB, Lundborg G. Use of tubes in peripheral nerve repair. *Neurosurg Clin N Am.* 2001;12:341-52.
21. Sood MK, Elliot D. Treatment of painful neuromas of the hand and wrist by relocation into the pronator quadratus muscle. *J Hand Surg Br.* 1998;23:214-9.
22. Hazari A, Elliot D. Treatment of end-neuromas, neuromas-in-continuity and scarred nerves of the digits by proximal relocation. *J Hand Surg Br.* 2004;29:338-50.
23. Dellon AL, Mackinnon SE. Treatment of the painful neuroma by neuroma resection and muscle implantation. *Plast Reconstr Surg.* 1986;77:427-38.
24. Herbert TJ, Filan SL. Vein implantation for treatment of painful cutaneous neuromas. A preliminary report. *J Hand Surg Br.* 1998;23:220-4.
25. Gorkisch K, Boese-Landgraf J, Vaubel E. Treatment and prevention of amputation neuromas in hand surgery. *Plast Reconstr Surg.* 1984;73:293-9.
26. Belcher HJ, Pandya AN. Centro-central union for the prevention of neuroma formation after finger amputation. *J Hand Surg Br.* 2000;25:154-9.
27. Wood VE, Mudge MK. Treatment of neuromas about a major amputation stump. *J Hand Surg Am.* 1987;12:302-6.
28. Barbera J, Albert-Pamplo R. Centrocenral anastomosis of the proximal nerve stump in the treatment of painful amputation neuromas of major nerves. *J Neurosurg.* 1993;79:331-4.
29. Krishnan KG, Pinzer T, Schackert G. Coverage of painful peripheral nerve neuromas with vascularized soft tissue: method and results. *Neurosurgery.* 2005;56:369-78.
30. Yuksel F, Kislaoğlu E, Durak N, Ucar C, Karacaoglu E. Prevention of painful neuromas by epineural ligatures, flaps and grafts. *Br J Plast Surg.* 1997;50:182-5.
31. Adani R, Tarallo L, Battiston B, Marcoccio I. Management of neuromas in continuity of the median nerve with the pronator quadratus muscle flap. *Ann Plast Surg.* 2002;48:35-40.

## 외상성 신경종의 치료

노연태<sup>1</sup> · 박일중<sup>2</sup>

<sup>1</sup>의정부 백병원 정형외과, <sup>2</sup>가톨릭대학교 의과대학 부천성모병원 정형외과

외상으로 인하여 손상된 신경이 불완전한 재생 과정을 통해 형성한 종물을 외상성 신경종이라 한다. 신경종에 대한 많은 비수술적, 수술적 방법들이 소개되어 있으나, 안타깝게도 신경종의 발생을 완전히 예방하거나 치료하는 방법은 없는 실정이다. 무엇보다 중요한 것은 신경종을 만들지 않도록 주의하고 예방하는 것이다. 치료로는 비수술적 방법을 최대한 사용하는 것이 좋으며, 만약 수술을 해야 한다면 신경종을 확실하게 절제하고 가능하면 신경봉합술을, 그렇지 않다면 신경종을 잘 피복하여 추후 발생할 수 있는 신경 자극을 최소화하여야 할 것이다.

**색인단어:** 신경, 재생, 외상성 신경종

접수일 2014년 12월 2일

게재확정일 2014년 12월 14일

교신저자 박일중

경기도 부천시 원미구 소사로 327

가톨릭대학교 부천성모병원 정형외과

TEL 032-340-7034 FAX 032-340-2671

E-mail jkocmc@naver.com