

Brachial Plexus Injury

상완 신경총 손상

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

정 덕 환

1. 서론

상완 신경총 손상에 대한 보고는 1768년 Smellie가 상완 신경총 분만 마비를 보고한 이후 1861년에 Duchenne는 upper arm type을 보고하였고, 1875년 Erb는 제 5, 제 6 경추 신경 손상 마비를, Klumpke는 제 8 경추 신경 및 제 1흉추 신경 손상에 의한 lower arm type을 보고하였다. 그 후 상완 신경총 손상에 대한 치료가 시도되었는데, 1896년 Thorburn에 의하여 처음 시도되었고 1903년 Harris와 Low 등은 설하 신경(hypoglossal nerve)을 안면 신경에 옮겨, 후에 신경 전이술로 알려지게 되는 신경총내 신경 교차술(intraplexus nerve crossing)을 시도하였다^{1,2,4,17}. 1960년대에 다시 신경 회복을 위한 활발한 수술적 치료가 시도되기 시작하였는데, Kotani, Tsuyama 등이 늑간 신경(intercostal nerve)을 이용한 신경 전이술을 시행하였으며, Millesie는 신경 이식술을 시행하여 1970년대에는 낮은 회복률을 보고하였으나 1987년에는 80% 정도의 견관절 및 주관절의 기능 회복을 보고하였다^{21,23,24,29,30}. 1994년 Gu는 수부의 기능 회복을 위하여 견측의 제 7 경추 신경을 이용한 신경 전이술을 시행하여 좋은 결과를 보고하기도 하였다⁸⁻¹⁰.

상완 신경총 손상(brachial plexus injury)의 치료는 손상 부위와 손상 정도에 따라 수술적 방법이 달라져야 한다. 일반적으로 건이나 근육을 이용한 재건술보다 신경 재생을 이용한 기능 회복이 더 좋은 결과를 보인다고 하며, 1970년 이전에는 70% 이상의 자연 회복률을 보였으나 1970년 이후 수상 기전이 고속(high velocity) 손상에 의한 경우가 많아 자연 회복률이 매우 낮아져 수술적 가료를 많이 시행하게 되었다¹⁸. 특히 중추 신경을 포함한 견열 신경 손상인 신경절전 손상(preganglionic injury)은 신경 전이술 이외에는 회복을 기대할 수 없다^{11,12,13,22}. 일반적으로 신경 파열(rupture)에 의한 손상은 신경 이식술, 신경 견열(avulsion)에 의한 손상은 신경 전이술을 시행하는 것이 좋다고 알려져 있다.

Neurotization은 정형외과학 용어집에는 신경 재생, 신경 이식술로 기술되어 있으며 신경화, 신경 이 전술, 신경 전이술 등으로도 사용되고 있고, nerve to nerve transfer, 이소성 신경 봉합술(heterotopic nerve suture), 또는 nerve crossing이라고도 한다. 신경을 근육에 직접 삽입하는 neurotization방법이 있는데 이는 nerve to muscle transfer, 또는 직접 신경 이전술(direct muscle neurotization)이라고 불린다^{3,5,15}.

2. 해부 및 분류

상완 신경총은 근위부부터 5 신경근(root), 3 간부(trunk), 6 분할부(division), 3 코드(cord) 로 나눌 수 있다(Fig. 1).

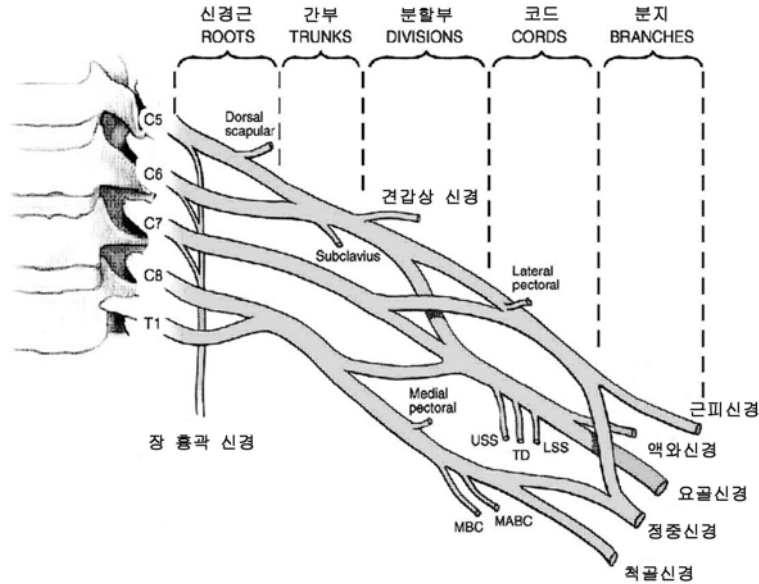


Fig. 1. Brachial plexus

우선 신경근에서 나오는 주요 신경으로는 배측 견갑 신경(dorsal scapular nerve)과 장 흉 신경(long thoracic nerve)이 있으며, 각각 견갑 거근(levator scapulae), 소 능형근(rhomboides minor), 대 능형근(rhomboides major)과 전 거근(serratus anterior)을 지배한다. 간부에서 나오는 주요 신경으로는 견갑상 신경(suprascapular nerve), 쇄골 하근으로 가는 신경(nerve to subclavius)이 있으며 각각 극상근(supraspinatus), 극하근(infraspinatus)과 쇄골하근(subclavius)을 지배한다. 분할부에서 분지되는 신경은 없으며 코드 부위에서는 내,외 흉부신경(medial & lateral pectoral nerve)이 나오는데 내 흉부신경은 대흉근(pectoralis major), 소흉근(pectoralis minor)의 운동을 담당 하며 외 흉부신경은 대흉근의 운동을 담당한다. 상완 및 전완부 내측의 감각을 담당하는 내측 상완 피부 신경(medial brachial cutaneous nerve), 내측 전완 피부 신경(medial antebrachial cutaneous nerve) 또한 코드에서 나온다. 이밖에 견갑하 신경(subscapular nerve)이 분지되어 대 원형근(teres major), 견갑하근(subscapularis)을 지배하며 흉배 신경(thoracodorsal nerve)은 광배근(latissimus dorsi)을 지배한다. 마지막으로 상완 신경총에서 나오는 최종 분지로는 근피 신경(musculocutaneous nerve), 맥와 신경(axillary nerve), 요골 신경(radial nerve), 정중 신경(median nerve), 척골 신경(ulnar nerve)이 있다.

신경 손상은 부위에 따라 상부 상지 형(upper arm type), 하부 상지 형(lower arm type), 전체 상지 형(whole arm type)으로 분류하며, 신경절전 형(preganglionic type), 신경절후 형(postganglionic type)으로 분류하기도 하며, 쇄골상부 형(supraclavicular type), 쇄골하부 형(infraclavicular type), 혼합 형(mixed type)으로 분류하기도 한다(Fig. 2).

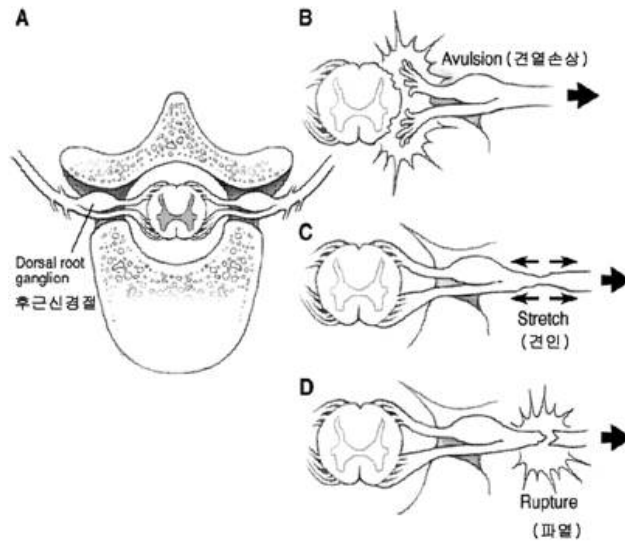


Fig. 2. B: preganglionic type, C,D: postganglionic type

또한 zone I: preganglionic lesion, zone II: root lesion, zone III: trunk & division, zone IV: cord lesion 등으로 분류하기도 한다. Brunelli 등은 high lesion (C5, 6), middle lesion (C7), low lesion (C8, T1), complete lesion 등으로 구분 한다⁵⁾. 신경 전이술을 시행하는 경우에는 단순 분류가 선호되며 신경 이식을 위하여는 구역(zone)을 사용하는 것이 합리적이다¹⁶⁾

3. 진단

가. 이학적 검사

마비된 근육을 검사하여 이환된 신경을 알아낼 수 있으며, Tinel sign을 살펴보고 각 관절의 능동적 운동 및 수동적 운동 범위를 관찰하여야 하며 감각 신경을 검사하여야 한다. 특히 Horner 증후군, 경추의 측만곡, winging scapula가 나타나는 경우에는 견열 손상을 의심할 수 있다. 이외에도 혈관 상태나 골절의 유무 등을 확인한다.

나. 전기적 진단 (electrodiagnosis)

상지 근육 및 경추 근육에 대한 근전도 검사(electromyography), 운동 및 감각 신경 전도 속도 검사 (motor and sensory nerve conduction velocity determination), 그리고 1970년 Zalis 등에 의하여 처음 시도된 체성감각 유발 전위(somatosensory evoked potentials: SSEP), 그리고 F response 등이 있다. 근전도 검사는 수상 후 3~4주 후에 시행해야 바른 검사 결과를 기대할 수 있다.

다. 단순 방사선 검사

경추 횡돌기 골절, 제 1 늑골의 견열 골절, 경추 전후면 사진상 만곡, 견갑골과 쇄골의 이격, 횡격막의 거상 등은 신경절전 손상을 의심한다.

라. 척추 조영술 및 컴퓨터 단층 촬영 (Myelogram and CT)

상완 신경총 손상에 대한 척추 조영술은 1947년에 처음 시도되었고, 이후 조영제의 발달과 더불어 많은 발전이 있었다. 척추 조영술은 84%의 정확도(accuracy rate)를 보이나 4% 정도의 가양성(false positive)을 보인다고 알려져 있고, 여기에 컴퓨터 단층 촬영을 추가할 경우 94.3%의 정확도를 보인다고 하며, 이 검사에서 가성 수막류 (pseudomeningocele)가 있는 경우 견열 손상을 확진할 수 있다(Fig. 3). 단 가양성이 있으며, 정상에서도 나타나는 수가 있고, 견열 손상에서도 회복이 불가능하다고 할 수 없으므로, 전적으로 이 검사에 의존하여서는 안되며 다른 검사와 같이 손상을 분석하여야 한다.

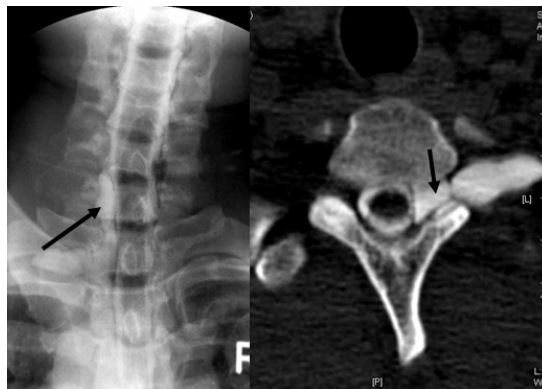


Fig. 3. CT myelogram showing pseudomeningocele (arrow)

마. 자기 공명 영상 (Magnetic Resonance Image)

제 5 경추 손상에서는 73%, 제 6 경추 손상에서는 64%의 진단율을 보고하기도 하나, 정확한 손상을 보기에는 논란의 여지가 많다.

4. 수술 시 고려할 사항

상완 신경총 손상 환자의 수술적 치료 시 복원할 기능의 우선 순위는 다음과 같다.

- 가. 주관절의 굴곡
- 나. 견관절의 외전
- 다. 완관절의 신전과 수지의 굴곡
- 라. 전완부와 수부의 내측 감각 회복

또한 다른 순위로의 견관절은 고정술을 통하여도 외전이 가능하므로 주관절 굴곡, 완관절 신전 및 수지 굴곡, 견관절 외전의 회복 순위를 주장하기도 한다. 완관절의 신전이 필요한 이유는 견 고정 (tenodesis) 효과를 이용하여 수지의 효과적인 기능 회복을 도모할 수 있기 때문이다. 주관절의 굴곡을 위해서는 근피 신경(musculocutaneous nerve)을 재건해야 하며, 견관절의 외전을 위해서는 견갑상 신경 (suprascapular nerve), 전완부와 수부의 내측 감각 회복에는 lower root나 medial cord, 손목의 신전과 수지의 굴곡을 위해서는 lateral cord와 posterior cord의 재건이 필요하다. 과거에는 수부의 기능 회복을 할 수 있는 방법이 유리 근 이식술 등의 방법밖에는 없었으나, 제 7 경추 신경을 이용한 신경 전이술로 어느 정도의 회복을 기대할 수 있게 되었다^{9,26)}. 2002년에 Gu 등이 발표한 C7을 이용하여 치료한 32명의 수술 후 결과에서 근피 신경과 정중 신경의 80% 이상에서 M3 이상의 기능 회복을 보고하였다¹⁰⁾. 그러나 늑간 신경을 근피 신경으로 전이술을 시행하는 경우, 하나의 늑간 신경은 1200~1300개의 유수 섬유를 가지고 있고 이 중 500개 정도가 운동 섬유인데 비하여, 액와 신경이나 근피 신경은 6000개 정도의 유수 섬유를 가지고 있고 이 중 4000개 정도가 운동 섬유이므로 이론적으로 8개의 늑간 신경이 필요하다. 또한 신경의 재생에는 24±7%만이 자라나며, 수술 부위에 20~40%의 신경 손상이 발생하는 것으로 보고되고 있으므로 이론적으로는 매우 불량한 결과를 예측할 수 있다. 임상 보고에서는 이 같은 예측과는 달리 3개 이상의 늑간 신경을 이용한 주관절 굴곡의 회복은 저자마다 다르나 45%에서 75%로 보고하고 있다^{6,7,19)}. 따라서 신경 섬유의 숫자뿐만 아니라 수상의 종류, 마비의 형태, 수상으로부터 수술까지의 기간, 환자의 나이 그리고 수술 수기가 결과에 많은 영향을 미치게 되며, 이러한 신경의 속성 및 수술 여건을 이해해야만 좋은 결과를 기대할 수 있다.

5. 수술 시기

수술의 적응은 임상적 경과에 따라 결정된다. 대부분의 경우 응급 수술을 요하는 경우를 제외하고는 3-6개월 사이에 수술하는 것이 가장 양호한 결과를 보인다고 하였으나, 최근에는 진단 방법의 발

달로 신경절전 손상의 경우에는 3개월 이내에도 수술을 시행하는 추세이다.

가. 응급 수술 (emergency surgery)

신경절후형 손상(postganglionic injury)으로 자상(stab wound) 또는 수술 시 발생한 의인성 손상의 경우에 적응이 된다. 쇄골하 동맥 및 정맥(subclavian artery and vein) 등의 혈관 손상이 동반된 경우에도 혈관 복원 수술 시 상완 신경총의 손상 여부를 확인하고 필요한 경우 수술적 치료를 할 수 있다. 그러나 대부분의 신경절후형 손상은 견인 손상(traction injury)이므로 수술의 시기는 논란이 된다. 응급 수술을 반대하는 이유는 첫째, 상완 신경총 손상의 정도 및 부위 등을 파악하려면 시간이 필요하며, 이학적 검사는 상완 신경총 손상 진단에 가장 유용한 방법이지만 완전 손상(complete injury) 및 불완전 손상(incomplete injury)인지, 신경절전형 손상(preganglionic injury) 및 신경절후형 손상(postganglionic injury)인지에 대한 판단은 수상 초기에는 알기 힘들다. 신경 손상 후에 절단 원위부의 축색 변성(Wallerian degeneration)이 일어나려면 수 일 내지 수 주가 필요하므로, 근전도 검사는 신경 손상 후 3~4주가 지나야 도움이 된다. 둘째, 환자가 수술 후 얻을 수 있는 기능 회복 정도를 이해할 시간이 필요하다는 점이다. 손상 후 즉시 수술한 경우 환자는 상완 신경총 손상으로 인한 기능 저하가 어느 정도인지 모르고 수술 결과에 대해 실망할 가능성이 많다. 응급 수술을 시행하는 경우인 혈관 손상의 경우, 상완 신경총 손상 환자의 10% 정도에서 혈관 손상을 동반한다는 보고가 있다^{25,27}.

나. 조기 수술 (early surgery)

상완 신경총 손상 후 3주 내지 3개월에 수술하는 것을 보통 조기 수술이라고 한다. 회복의 기미를 보이지 않는 전 마비(total palsy)의 경우 조기 수술을 고려할 수 있다. 조기 수술은 7일 이내에 하는 것을 말하기도 하는데, 7일 이내에 시행하는 경우 장점으로는 신경총에 반흔이 적어 수술이 용이하며, 신경 이식을 하는 경우 효과적으로 필요한 길이만을 시행할 수 있으며, 신경 전이술을 동시에 시행할 수 있다는 점 등이 있다.

다. 만기 수술 (late surgery)

상완 신경총 손상 후 3개월 내지 6개월에 수술하는 것을 만기 수술이라 한다. 이 경우 지금까지 가장 좋은 결과를 보인다고 하였다. 그러나 수술 수기의 다양화로 수술 시기가 빨라지고 있고 이는 만기 수술의 경우 수부 내재근까지의 도달 거리가 멀어 수술이 늦어지면 결과가 불량하기 때문이다.

라. 지연 수술 (delayed surgery)

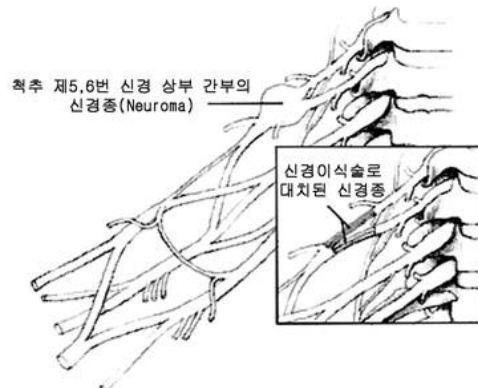
일반적으로 상완 신경총 손상은 수상 후 1년 이내에 수술을 해야 하며, 손상 2년 이후에는 수술의 효과가 미약하다. 즉 신경의 회복은 근육의 위축 및 섬유화가 심하지 않아 기능 회복의 가능성이 있

는 시기에 해야 한다. 그러나 환자의 연령이 젊은 경우 수상 후 1년 내지 2년 사이에도 신경 회복을 기대할 수 있다.

6. 수술 방법

가. 신경 이식술 (nerve graft)

손상된 신경 부위는 신경종(neuroma)이 형성되어 이를 신경 박리술로 제거한 후 근위부와 원위부의 섬유속(fascicle)의 모양과 크기, 위치에 따라 신경 이식술을 시행하는데, 현재 가장 많이 이용되고 있는 방법이다.



1) 공여 신경(donor nerve)

공여 신경으로 가장 많이 이용되는 신경은 비복신경(sural nerve)으로, 족근 관절의 외과 후방에서 쉽게 찾을 수 있으며 슬와부까지 채취할 수 있어 최대 40cm까지 확보할 수 있다. 이외에 전완 피부신경(antebrachial cutaneous nerve) 및 표재 요골 신경(superficial radial nerve)등이 이용될 수 있다.

2) 신경 이식술의 구분

가) 신경 이식술로 상완 신경총의 해부학적 관계를 복원하는 방법

상완 신경총의 손상 부위가 작은 경우에 시도될 수 있는 수술법이다. 그러나 손상 범위가 광범위하고 긴 신경 이식이 필요한 경우 비효율적이며, 수부의 내재근 등은 손상 부위에서 원거리에 있어 회복이 불량하므로 재생 가능성이 있는 부위를 이식하는 것이 좋다.

나) 기능적 혹은 예후에 대한 복원 우선 순위에 따라 손상 원위부를 선택적으로 이식하는 경우는 주로 신경 결손이 큰 경우에 이용되는 방법으로 신경 기능과 기능 회복의 우선 순위에 따라 선택적으로 이식하는 방법이다. 상지 완전 마비 시 결관절의 외전을 위해 견갑상 신경과 액와 신경

을, 주관절의 굴곡을 위해 근피 신경을 신경 이식을 통해 복원하는 방법이다.

다) 다발성 신경근 건열 손상 등의 신경절전형 손상

건열 손상이 있을 경우 신경 전이술(neurotization)을 시행하게 되는데, 공여 신경이 늑간 신경, 척추부신경(spinal accessory nerve)등 다른 신경인 경우 공여부와 수혜부의 간격에 신경 이식을 시행하여 회복을 기대하는 경우이다^{20,21}).

3) 신경 이식술의 방법

가) 단순 신경 이식술 (free nerve graft with spontaneous vascularization)

이식된 신경이 공여부에서 완전히 분리되어 수혜부에 이식된 후, 혈관 재형성이 이루어질 때까지는 조직 확산(tissue diffusion)에 의해 생존하며, 특히 이식 후 1~2일간은 허혈성 기간이며 수혜부의 환경이 양호해야 한다.

나) 유경 신경 이식술 (nerve graft with preserved vascularity)

이는 신경을 유경 이식술(pedicle graft method)로 이식하는 방법으로, 수혜부의 조건이나 공여 신경의 굵기에 관계 없이 신경의 혈행을 유지할 수 있다. 척골 신경(ulnar nerve)을 상 척골 측부 동맥(superior ulnar collateral artery)과 같이 이식하는 것이 대표적인 예인데 건측의 C7을 사용하는 경우에 사용할 수 있다.

다) 미세혈관 수술 수기를 이용한 신경 이식술(nerve graft with immediate revascularization by microvascular anastomosis)

이식된 신경의 독자적인 혈행을 확보하기 때문에 수혜부의 조건이나 신경의 굵기에 영향을 받지 않는다. 비복 신경 및 척골 신경이 대표적인 예이다. 다른 이식 방법과 비교하여 최종 결과는 비슷한 것으로 보고되고 있다. Millesi 등의 보고에 의하면 1982년 이후 시행한 신경 이식을 이용한 상완 신경총 마비 환자의 치료 결과 건관절 외전은 76.2%에서 안정성을 얻었으며, 주관절 굴곡은 83.7%에서 강한 굴곡력을 얻을 수 있었다고 보고하였다.

나. 신경 전이술 (Neurotization)

1) 신경 전이술의 원칙

가) 가능한 많은 축색 돌기(axon)가 자랄 수 있도록 적절한 신경 문합이 이루어져야 한다.

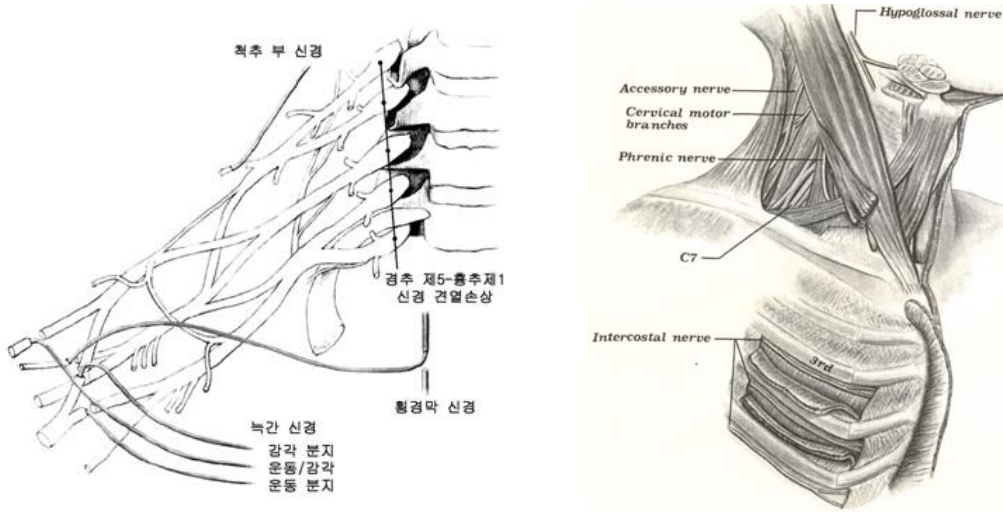
나) 신경 섬유가 잘 교차할 때까지 적절한 고정이 필요하다.

다) 가능한 운동 신경은 운동 신경에 전이술이 되어야 한다.

라) 공여부와 수혜부 각각의 신경 섬유의 숫자 및 형태와 근육 섬유의 질량 및 숫자의 상호 관계를 잘 이해하여야 한다.

마) 수술 시에는 신경에 손상을 주지 않도록 하여야 한다.

2) 공여 신경의 해부학적 구조



가) 설하 신경 (hypoglossal nerve)

제 12뇌신경은 혀를 움직이는 운동 신경으로 Narakas에 의하여 간단히 언급되었을 뿐 그 결과나 기능 장애에 대한 확고한 논문 보고는 없다. 쉽게 찾을 수 있는 것으로 되어 있지만 10cm 이상의 신경 이식이 필요하며, 음식을 씹을 때 불수의적인 근육 수축이 일어날 수 있다.

나) 횡경막 신경 (phrenic nerve)

1983년 Gu 등이 사용하기 시작하였는데 횡경막 신경은 해부학적으로 매우 다양한 근원을 갖고 있고, 제 4 경추 신경에서 주로 분지되며 제 3, 제 5 경추 신경에서도 일부분지를 받는 주로 운동 신경으로 구성된다. 전방 사각근(scalenus anterior muscle)의 전방에 위치하며 이를 사용하는 경우 횡경막이 상방으로 올라가 폐기능이 저하되나, 장기 추적 보고에 의하면 수술 후 1년에 80%에서 횡경막 거상이 관찰되었으나 그 후 회복되기 시작하며 2년 후에는 정상으로 회복되는 것으로 알려져 있다. Allieu 등은 50% 정도의 폐기능이 저하되므로 늑간 신경과 동시에 전이술을 시행하는 것은 바람직하지 않다고 하였으나, 같이 시행하여도 심각한 기능 장애는 초래하지 않는다. 성인에서는 횡경막이 척추에 고정되어 있어 수술 후에도 횡경막의 상방 거상이 심하지 않고 폐기능에도 큰 영향이 없으나, 소아에서는 횡경막의 고정이 불충분하여 횡경막 신경을 절단하면 심한 횡경막 거상이 일어나 심각한 호흡 장애를 유발할 수 있으므로 소아에서는 사용을 하지 않는 것이 좋다. 장점으로는 주로 운동 신경으로 이루어져 있고, 박리가 쉬우며, 지속적인 신경 자극이 이루어져 기능 회복이 잘 일어난다는 것 등이 알려져 있다. 견갑상 신경, 근피 신경, 또는 액와 신경에 주로 신경 전이술을 시행하며 요골 신경이나 정중 신경에도 시행할 수 있다.

다) 척추 부 신경 (spinal accessory nerve)

1913년 Tuttle에 의하여 처음 언급되었으며 그 후 1963년 Kotani 등이 본격적으로 사용하기 시작하였다²⁸⁾. 제 11 뇌신경은 흉쇄유돌기근(sternocleidomastoid)과 승모근(trapezi- us)을 지배하는 운동 신경으로, 상완 신경총 손상에서 1%에서만 손상을 입는 것으로 알려져 있고 그 중에서도 80% 이상에서 자연 회복된다. 흉쇄유돌기근의 원위부에서는 2~2.5mm 정도의 두께이며 2000개의 유수 섬유를 가지고 있는 2~6개의 신경 섬유속(nerve fasciculi)으로 이루어져 있다. 흉쇄유돌기근의 기능을 유지하면서 신경 전이술을 시행할 수 있고, 견갑상 신경에 전이술을 시행하는 경우 신경 이식을 시행하지 않고도 신경 봉합술을 시행할 수 있다. 해부학적 구조에 대한 보고에 의하면 4개 또는 5개의 분지가 승모근을 지배하는 것으로 알려져 있으며, 제 1-2분지를 보존하면 승모근의 기능상의 문제는 없다. 신경 자극기(nerve stimulator)를 사용하면 정확한 신경 접근이 가능하다. 주로 견갑상 신경과 근피 신경에 전이술을 시행하며 근피 신경에 전이술을 시행할 경우 신경 이식술이 필요하다. 척추 부 신경을 이용한 신경 전이술의 또 하나의 장점으로 상완 신경총 손상 환자에서 견관절 하강 근(shoulder depressor muscle)의 마비로 인하여 흔히 나타나는 견관절 거상(elevated) 변형을 승모근의 일부 신경을 차단함으로써 약 50% 정도 거상 변형을 개선시켜 미용상 보다 좋은 모양을 유지할 수 있다.

라) 심부 경추 신경총의 운동 신경 (motor branch of deep cervical plexus)

1980년 Brunelli가 적극적으로 사용하기 시작한 이 신경은 전방 사각근과 중 사각근의 중간에 위치하며 제 5 경추 신경과 척추 부 신경 사이에서 찾을 수 있다. 신경 자극기를 이용하면 찾기 용이하며, 이는 단독으로 사용하지는 않고 제 11 뇌신경이나 횡경막 신경과 같이 사용한다. 이 신경을 사용하는 경우 견갑흉곽근(scapulothoracic muscle)의 심각한 손상으로 인하여 견갑골의 흉곽에 대한 안정성에 심각한 장애가 초래될 수 있으므로 주의해야 한다.

마) 늑간 신경(intercostal nerve)

제 1 흉추 신경(T1)은 상완 신경총의 구성에 관여하며 T12는 늑간에 위치하지 않아 실질적으로는 10개의 늑간 신경이 존재하는데, 부척추(paravertebral) 부위에서 5500 내지 8500개의 신경 섬유를 가지고 있으며 이 부위를 지나면서 1000개 정도의 섬유를 가지고 있다. 액와선(axillary line)의 중앙을 지나면 1000~3500의 섬유 수를 가지게 된다. T2는 주로 감각 신경 섬유이므로 사용하지 않고 T3는 2~2.5mm의 두께를 가지고 있으며, 액와부의 후방 2/3 지점과 제 2 늑간상완 문합(intercostobrachial anastomosis)에 관여하여 상완부와 때로는 전완부의 감각 기능을 담당한다. T4부터 전형적인 늑간 신경의 형태를 갖고 있으며, 쇄골의 중앙부에서는 약 30%의 운동 섬유를 가지고 있는 것으로 밝혀져 있다. T5와 T6이 가장 좋은 공여부로 많이 쓰이고 있다. Schlow 등에 의하면 T7부터 T12의 늑간 신경은 10000개의 유수 신경 중 운동 섬유는 750개 정도로 공여 신경과 수혜 신경 사이에 정확한 결속(matching)이 되지 못할 가능성이 많은 것으로 알려져 있다. 늑간 신경 전이술은 1934년 Chiasserini에 의하여 시작되었으며, 1963년 Yeomam과 Seddon에 의하여 적극적으로 사용되었고, 1972년 Kotani, Tsuyama, Hara 등에 의하여 좋은 결과를 보고 하고 있는 신경이다^{28,30)}. 주로 근피 신경에 대한 전이술이 가장 널리 이용되고 있다. 신경회복은 대개 술 후 9개월부터 나타나지만 평균 13개월부터 이두박

근에서 보이는 것으로 보고하고 있다.

바) 장 흉곽 신경 (long thoracic nerve)

Bell's nerve라고도 불리는 이 신경은 전방 거근(serratus anterior)을 지배하는 신경으로써 C5, C6, C7에서 분지를 받으며 때로는 C4나 C8에서 분지를 받기도 한다. 전방 거근은 견갑흉곽 기능(scapulothoracic function)에 매우 중요한 역할을 하므로 사용할 때 주의를

요하며 손상을 동반하는 경우가 많아 사용하는 경우는 드물다. 간혹 손상을 간과하여 전이술 후 예후가 나쁜 경우가 많다.

사) 흉배 신경 (thoracodorsal nerve)

C7과 C8에서 주로 분지를 내는 광배근(latissimus dorsi)을 지배하는 신경으로 C5와 C6 손상에서 기능이 남아있는 경우가 많다. 주로 광배근은 유경 근 이식술에 많이 이용되고 있으며 특별한 경우 액와 신경에 전이술을 시행하는 경우도 있다.

아) 제 7 경추 신경 (ipsilateral or contralateral C7)

C7 신경은 posterior cord와 정중 신경, 흉부 신경(pectoral nerve), 근피 신경 그리고 척골 신경에 가지를 주는데 보조적인 역할을 할 뿐 주된 신경은 아니다. C7에 의하여 지배받는 근육은 다른 신경에 의하여 교차 지배를 받기 때문에 C7만 차단되는 경우 어느 특정한 근육의 심각한 장애는 없는 것으로 알려져 있으며, 이 신경의 차단으로 인하여 발생하는 감각 신경 장애는 제 2 수지, 제 3 수지 그리고 무지의 순서로 감각 이상이 있음을 보고하고 있고, 보통 2주 이내에 정상 감각을 회복하는 것으로 알려져 있으나 술 후 1년 후에까지 증상이 남아있는 경우가 많다. 척골 신경을 이식하여 건측의 제 7 경추 신경과의 신경 전이술을 시행하여 수부의 기능 회복에 좋은 결과를 발표하고 있다.

자) 건측 흉부 신경 (contralateral pectoral nerve)

프랑스의 Gilbert가 건측의 흉부 신경을 비복 신경(sural nerve)에 이식하여 그 결과를 보고한 바 있다¹⁶⁾.

차) 척골 신경

동측의 척골 신경이 손상 받지 않은 경우 척골 신경의 전반부에 있는 2~3개의 운동 신경속을 사용하여 근피 신경의 회복을 기대할 수 있다. 회복 거리가 짧아 양호한 결과를 보고하고 있다.

3) 수술 방법

가) 견관절 기능 회복을 위한 신경 전이술

견관절 외전은 상지 운동에 매우 중요한 작용을 하는데, 견관절 관절 고정술 보다는 신경에 대한 수술이 약 40도에서 90도 정도의 관절 운동 범위를 얻을 수 있어 더 좋은 결과를 보이는 것으로 알려져 있다. 견관절 외전은 견갑골과 상완골의 복잡한 상호 연관 기전에 따라 일어나는데 전방 거근, 승

모근 및 능형근(rhomboides) 등의 흉견갑 근육 군(scapulothoracic muscle group)이 견갑골을 전방 이동시키는 작용이 필요하며 극하근(infraspinatus), 소원형근(teres minor), 견갑하근(subscapularis)등의 상완골두를 관절와(glenoid)의 중심에 안정시키는 압박근(depressor muscle)과 실질적으로 상완골을 외전시키는 극상근(supraspinatus), 삼각근(deltoid)과 같은 외전근이 필요하다. 견관절은 이같이 8개의 근육이 작용을 하여야 완전한 외전이 가능하다. 상완 신경총 마비 환자에서는 이런 모든 기능을 회복할 수 없으므로 견갑상 신경(suprascapular nerve)과 액와 신경(axillary nerve)에 대한 회복을 시도하는데, 이 2가지 신경을 동시에 회복할 수 있다면 완전 마비 환자에서는 50~80도의 외전을 얻을 수 있고 상부 신경총 견열 손상(upper plexus root avulsion injury) 환자에서는 90도 이상의 외전을 얻을 수 있으며, 척추 부신경만을 견갑상 신경에 전이술을 시행한 경우 50도 정도의 외전을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.

적응증

- (1) C5, C6 견열 손상 또는 전 신경근 견열 (total root avulsion)
- (2) 수상 후 5~6개월 이내인 경우
- (3) 견관절 강직이 없어야 하며 회전근개의 파열이 없어야 한다.
- (4) 50세 미만의 환자 연령

나) 주관절 굴곡을 위한 신경 전이술

주관절의 굴곡을 위하여 근피 신경 회복을 시도하는데 근피 신경은 중앙 부위에 운동 신경이 분포해 있으므로 늑간 신경의 운동 신경은 중앙 부위에 전이술을 시행해야 하며, 대개 회복이 빠른 경우 8개월에 회복이 시작하고, 일반적으로 12개월 내지 18개월 후에는 중력에 대항하는 제 3등급 이상의 근력을 회복하는 것으로 알려져 있으며, 이 상태에 이르면 2년 정도에 평균 3kg의 무게를 들 수 있는 근력을 회복하게 된다. 대개 3개의 늑간 신경을 근피 신경에 전이술을 시행한다.

적응증

- (1) C5, C6, with or without C7 root avulsion or total root avulsion
- (2) 수상 후 5~6개월 이내
- (3) 주관절 강직이 없어야 한다.
- (4) 늑골 골절이나 흉관 삽입이 없어야 한다.
- (5) 50세 이내의 환자 연령

다)전완부 및 수부의 기능 회복을 위한 신경 전이술

- (1) C5, C6 신경 파열(rupture), C7, C8, T1 신경 견열(avulsion) 손상

C5, C6 신경을 신경 이식술을 시행하여 정중 신경 또는 척골 신경에 연결한다. 견관절 회복을 위하여 척추 부 신경과 횡경막 신경을 견갑상 신경과 액와 신경에 연결하며, 주관절 회복을 위하여는 늑간 신경을 근피 신경에 전이술을 시행한다. 완관절이나 수지 굴곡은 1.5~2년 후에 가능하다. 회복이

안 되는 경우 유리 근 이식술을 사용할 수 있다.

(2) C5-T1 견열 신경 손상 (avulsion nerve injury)

혈관부착 척골 신경 이식술(vascularized ulnar nerve graft)을 이용하여 견측의 제 7 경추 신경으로 전 이술을 시행한다. 견관절 및 주관절 회복을 위하여 제 1단계 수술로 척추 부 신경, 횡경막 신경 및 늑 간 신경 등을 이용한 신경 전이술을 시행한다. 2단계로 C7과 연결된 척골 신경의 원위부를 정중 신경 과 연결한다. 임상적으로 C8, T1의 견열 손상이 있다고 확진된 경우는 자연 회복률이 2% 미만으로 알려져 있다. 신경 전이술 후 18개월 후에도 회복이 되지 않는 경우에는 전이술 후 2년이 경과한 다 음 유리 근 이식을 이용한 재건술을 시행할 수 있다.

(3) 수지 기능 향상을 위한 늑간 신경과 척추 부 신경을 이용한 유리 근에 대한 신경 전이술

만성적인 환자에서 사용할 수 있는 방법으로 광배근, 박근(gracilis), 대퇴 직근(rectus femoris) 등을 사용할 수 있으며 양호한 결과를 기대하기는 어렵다. 수지 신전을 위하여 천추 부 신경을 사용한 유리 근 이식술과 수지 굴곡을 위해 늑간 신경을 이용한 유리 근 이식술을 2단계로 시행할 수 있다. 부 가적으로 견관절 고정술, 무지 고정술 등이 필요하다.

7. 부가적 수술 방법

이는 부분 마비나 전 마비의 경우 시행할 수 있는 방법으로, 대흉근이나 광배근이 손상받지 않은 경우 이를 이용한 근 전이술(muscle transfer)로 주관절 굴곡 회복이 가능하며 상부 상지 형의 경우 Steindler 술식을 이용하여 80% 정도에서 양호 이상의 결과를 보고하고 있다. 삼두근이 정상인 경우 주관절 굴곡을 위한 견 전이술을 시행할 수 있으며, 흉쇄유돌기근을 사용할 수도 있으나 외관성 매우 불량하며 기능적으로도 만족하지 못한 술식으로 지금은 시행하지 않는다.

견관절의 기능 회복을 위하여 승모근을 사용할 수 있으며 견관절 고정술을 시행한다. 이외에도 완관절 고정술 및 무지 고정술 등이 있다. 마지막으로 절단술이 고려되는데 이는 수술이 불가능한 혈 관 손상이 있는 경우, 환자의 생명이 위험한 경우를 제외하고는 금기 사항으로 되어 있으며, 특히 신 경절전 손상의 경우에는 절단을 하여도 통증이 회복되지 않는 것으로 알려져 있다.

8. 통증

상완 신경총 손상에서 파열의 경우 10~20%에서 통증을 호소하는 것으로 알려져 있으며, 견열 손상의 경우 40%에서 통증을 보이는 것으로 보고하고 있다. 수상 후 6개월이 경과하면 대개는 약물 치료 없이 지낼 수 있고 약물 중 narcotics, NSAID 등은 효과가 없다.

통증의 완화를 위하여는 성공적인 재건술을 시행하는 경우 좋은 회복을 보인다고 알려져 있는데, 파열의 경우 수술 후 90%에서 통증이 감소하거나 없어지며 견열 손상에서도 수술을 시행하는 경우 17%만이 수 년간 고통을 받는다. 그 외에 전기 자극 요법, 최면 요법이 시행되고 있고 약물로는 항

경련제나 항 우울제가 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

9. 결론

상완 신경총 손상의 치료는 수상 기전, 손상 부위, 수술 시기, 수술 방법, 환자의 연령 등에 의하여 다양한 결과를 보인다. 그러나 정확한 진단과 정확한 시기에 신경 이식 및 신경 전이술을 시행한다면 양호한 상지의 기능 회복을 회복할 수 있다. 1997년 발표된 수술환자의 삶의 질과 기능 회복에 대한 보고에 의하면, 수술 환자의 38%에서 악을 복용하고 있으며, 80%에서 학업을 계속하였으며, 54%가 직업으로 복귀하였고, 손상으로 인한 차별은 거의 경험하지 않았다고 하였고, 결론적으로 단지 31%만이 자신의 삶의 질에 영향을 받았다고 하였다.

지금까지의 수술적 치료의 결과는 정상으로의 회복과는 매우 거리가 있으나, 기능의 회복 및 통증의 회복 등을 통하여 삶의 질의 향상에 큰 기여를 할 수 있다.

REFERENCES

- 1) Barness R: Traction injuries of the brachial plexus in adult. *J Bone Joint Surg*, 31B: 10-16, 1949.
- 2) Bonney G: Prognosis in traction lesions of the brachial plexus. *J Bone Joint Surg*, 41B: 4, 1959
- 3) Brandt KE and Mackinnon SE: A technique for maximizing biceps recovery in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg*, 18A: 726-733, 1993.
- 4) Brooks D: The place of nerve grafting in orthopedic surgery. *J Bone Joint Surg*, 37A: 2, 1955.
- 5) Brunell G: Direct neurotization of severely damaged muscles. *J Bone Joint Surg*, 7: 572-579, 1982
- 6) Chuang DC, Yeh MC and Wei FC: Intercostal nerve transfer of the musculocutaneous nerve in avulsed brachial plexus injuries: evaluation of avulsed brachial plexus injuries: evaluation of 66 patients, *J Hand and Surg*, 17A: 822-828, 1992.
- 7) Giddins GEB, Kakkar N, Alltree J, et al: The effect of unilateral intercostal nerve transfer upon lung function. *J Hand Surg*, 20B: 675-676, 1995.
- 8) Gu YD, Chen DS and Zhang GM: Long-term functional results of contralateral C7 transfer. *J Reconstr Microsurg*, 14:57-59, 1998.
- 9) Gu YD, Zhang GM, Chen DS, et al: Seventh cervical nerve root transfer from the contralateral healthy side for treatment of brachial plexus root avulsions. *J Hand Surg*, 17B: 51-52, 1992.
- 10) Gu YD, Xu J, and Chen L et al: long-term outcome of contralateral C7 transfer: a report of 2 cases. *Chin Med J (Engl)*, 115(6): 866-8, 2001.
- 11) Hentz VR and Narakas AO: The results of microneurosurgical reconstruction in complete reconstruction in complete brachial plexus palsy. *Orthop Clin N Am*, 19: 107-114, 1988.
- 12) Hentz VR: The management of brachial plexus injury. In *management of peripheral nerve problems*. 2nd ed. WB Saunders Co. Philadelphia, p 445-453, 1998.

- 13) Kutz JE: Interfascicular nerve repair. *Orthop Clin N Am*, 12: 267-276, 1981.
- 14) Lee KS, Kang KH, Han SW, et al: Neurotization for shoulder Abduction and elbow flexion in brachial plexus injury. *J of Korean Society for Surgery of the Hand*, 7(2): 102-107, 1998.
- 15) Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit C, et al: Nerve transfer to biceps muscle using a part of the ulnar nerve in brachial plexus injury (upper arm type): a report of 32 cases. *J Hand Surg*, 23A: 711-716, 1998.
- 16) Leffert RD: *Brachial plexus injuries*, Churchill Livingstone, 1985.
- 17) Lusskin R and Campbell JB: Post-traumatic lesions of the brachial plexus treatment by transclavicular exploration and neurolysis or autograft reconstruction. *J Bone Joint Surg*. 55A: 1159-1176, 1973.
- 18) Manktelow RT: Functioning free muscle transplantation. *J Bone Joint Surg*. 9A: 32-39, 1984.
- 19) Merrell GA, Barrie KA, Katz DL, et al.: Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J Hand Surg*, 26(2): 303-14, 2001.
- 20) Millesi H: Surgical management of brachial plexus injuries. *J Bone Joint Surg*: 367-379, 1977.
- 21) Mellesi H; Nerve grafting. *Clin Orthop*, 237: 36-42, 1988.
- 22) Narakas AO: Brachial plexus surgery. *Orthop Clin N Am*, 12L April, 1981.
- 23) Narakas AO: Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus, *Clin Orthop*, 133: 71-90, 1978.
- 24) Narakas AO: Neurotization or nerve transfer for brachial plexus lesions. *Ann Chir Main*, 1(2): 101-118, 1982.
- 25) Narakas AO and Hentz VR: Neurotization in brachial plexus injuries (indication and results). *Clin Orthop*, 237: 43-56, 1988.
- 26) Panupan S, Sachol W, Banchong M, et al: Hemicentralateral C7 transfer to median nerve in the treatment of root avulsion brachial plexus injury. *J Hand Surg*, 26A: 1058-1064. 2001.
- 27) Samardzic M, Grujicic D and Antunovic V: Nerve transfer in brachial plexus traction injuries. *J Neurosurg*, 76: 191-197. 1992.
- 28) Saranatra W, Saichol W and Vichai V: Restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injury: Comparing spinal accessory nerve transfer with intercostal nerve transfer. *J Hand Surg*, 24A: 571-577, 1999.
- 29) Seddon HJ: Nerve grafting. *J Bone Joint Surg*, 45B: 447-461, 1963.
- 30) Tsuyama N and Hara T: Intercostal nerve transfer in the treatment of brachial plexus injury of root-avulsion type. *Proceedings of the 12th Congress of the International Society of Orthopedic Surgery and Traumatology*, Tel Aviv. Exerted Medica, Amsterdam, 351, 1972.