

두경부 통증의 신경외과 치료

연세대학교 의과대학 신경외과학교실

정현호 · 강정한 · 장종희 · 박용구 · 장진우

= Abstract =

Neurosurgical Treatment of Head and Neck Pain

Hyun Ho Jung, M.D., Jeong Han Kang, M.D., Jong Hee Chang, M.D., Ph.D.,
Yong Gou Park, M.D., Ph.D. and Jin Woo Chang, M.D., Ph.D.

Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

The diagnosis of craniofacial pain may be confused by a numerous factors, such as obscure symptomology, the potential for referral from systemic disease, and the many peripheral and central factors associated with sensory system. But precise and exact diagnosis must be made for good outcome by selecting appropriate one from numerous treatment modalities.

Here we will show the various neurosurgical treatment modalities for the treatment of craniofacial pain with each advantages and disadvantages.

Key Words: Craniofacial pain, Neurosurgery

서 론

두경부에 발생하는 통증은 Table 1과 같이 그 원인에 따라 여러 가지로 분류가 되고 다양한 분류방법이 존재한다. 전신적인 문제로부터 경부나 흉부의 이상으로, 두개강내 병소로, 신경혈관질환으로, 구강내 질환으로, 그리고 악관절 이상으로 발생하는 통증 등 다양하다. 따라서 정확한 진단에 의한 각각에 대한 치료방법의 선택이 중요하다.

본 논문에서는 약물치료나 최소침습적인 치료 등에도 반응을 하지 않는 두경부 통증 중에서 빈도가 비교적 높은 질환에 대한 신경외과적 영역에서의 치

료법에 대하여 간략하게 논하고자 한다.

본 론

신경외과적 영역에서의 두경부 통증에 대한 치료는 크게 파괴적인 방법과, 비파괴적인 방법으로 나눌 수 있다. 각각의 치료방법과 적응 및 장단점은 다음과 같다.

1) 파괴적인 방법(destructive procedures)

(1) 경피적 글리세롤 신경근절단술(percutaneous glycerol rhizotomy): Härtel이 1912년도에 처음으로 삼차신경절에 procaine을 주입한 이후에 경피적 삼차신경으로의 접근은 모두 같은 방법으로 시행된다.¹⁾ 20-gauge 척추용 바늘을 이용하여, 입술가로부터 2.5 cm 떨어진 곳으로부터 난원공(foramen ovale)을 통하여 삼차신경 수조로 삽입시킨다. 이때 주사기의 방향은 측면으로는 동측 이주(tragus)로부터 전방으로

교신저자: 장진우, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 신경외과학교실
우: 120-749
Tel: 02-2228-2150, Fax: 02-393-9979
E-mail: jchang@yumc.yonsei.ac.kr

Table 1. Differential Diagnosis of Facial Pain

| |
|---------------------------------------------------------|
| Trigeminal neuralgia (tic douloureux) |
| - Idiopathic trigeminal neuralgia |
| - Secondary trigeminal neuralgia |
| Atypical trigeminal neuralgia |
| Trigeminal neuropathic pain |
| - Posttraumatic trigeminal pain |
| - Postherpetic neuralgia |
| Other cranial neuralgias |
| - Glossopharyngeal neuralgia |
| - Geniculate neuralgia |
| - Sphenopalatine (Sluder's) neuralgia |
| - Auriculotemporal neuralgia |
| - Nasociliary neuralgia |
| Constant facial pain |
| - Cancer-related pain |
| - Paratrigeminal (Raeder's) syndrome |
| - Painful ophthalmoplegia (Tolosa-Hunt syndrome) |
| - Petrous apex syndrome (Gradenigo syndrome) |
| - Anesthesia dolorosa |
| Central deafferentation syndromes |
| - Wallenberg syndrome |
| - Thalamic syndrome |
| Atypical facial pain |
| Orofacial pain and temporomandibular joint-related pain |
| Headache and migraine syndromes |

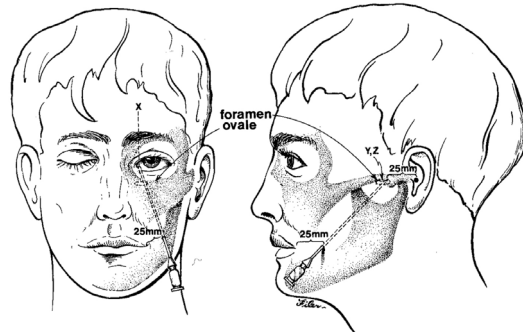


Fig. 1. External anatomic landmarks for the placement of the needle into the trigeminal cistern by Härtel's method.

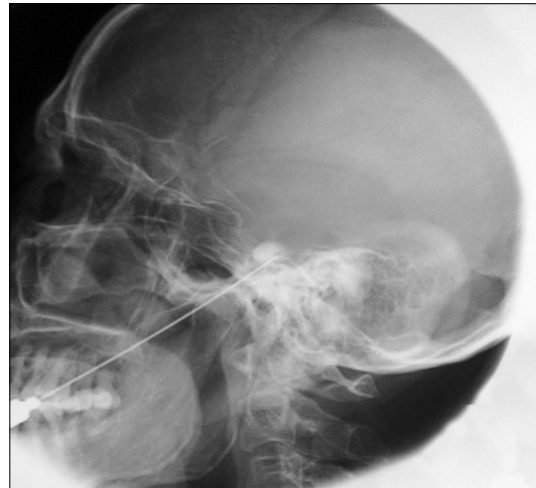


Fig. 2. Skull lateral view after injection of contrast media into the trigeminal cistern.

2.5 cm, 정면으로는 동측 동공방향으로 하여 천자한다(Fig. 1). 주사 후 뇌척수액이 자연 유출되는 것이 확인되면 환자를 거의 앉힌 자세에서 iopamidol을 0.1~0.2 ml 넣어 삼차신경 수조 조영술을 시행한다(Fig. 2). 삼차신경 수조내로 바늘 위치가 정확히 위치한 것과 수조의 모양을 확인한 다음 수조내 조영제를 모두 제거한다. 통증의 삼차신경 분지에 따라 0.2 ml에서 0.4 ml까지의 글리세롤을 주입하고 환자는 약 2시간 가량 머리를 숙이고 앉아 있도록 한다.

다른 경피적 수술방법에 비하여 비교적 간단하고 특별한 기구가 필요 없이 시술이 가능하며, 심한 지각둔마가 없이 통증을 제거해 줄 수 있을 뿐만 아니라 시술 중에 삼차신경 수조내로 주입한 조영제로 정확한 통증분포를 국소화할 수 있으며, 이 시술로 치유되지 않았을 경우 다른 치료방법을 선택하더라도 별다른 문제점이 없다는 장점 등을 감안할 때 글

리세롤을 이용한 삼차신경통 치료방법은 유용한 것이라 하겠다. 모든 원발성 삼차신경통환자가 치료의 대상이 될 수 있으며 특히 침습적 방법으로는 제일 먼저 시도해 볼만한 수술 방법이다. 고령으로 전신 마취의 위험성이 있는 환자에 유용하며, 전자주파열 신경절제술보다 마취를 경하게 하고 병소를 만들 수 있기 때문에 더욱 유용하겠다. 다른 수술을 시도하고 재발한 환자에서도 이 방법을 시술할 수 있으나 저자의 경험상 삼차신경수조가 유착되어 잘 보이지 않는 환자에서는 별로 효과가 좋지 않았다.

여러 문헌에 의하면 초기 통증조절은 약 90% 정도로 높으나 장기간의 통증조절은 45에서 90%로 보

고되고 있으며, 재발률도 10에서 많게는 70%까지 보고되고 있다.²⁻⁶⁾ 합병증으로는 일시적, 영구적 안면 감각저하, 각막의 감각 소실, 뇌 수막염, 무감각 통증(anesthesia dolorosa) 등이 있다.

(2) 경피적 고주파 열성응고술(percutaneous radio-frequency thermocoagulation): 1932년 Kirschner⁷⁾에 의하여 제안되었고, 이후 1974년 Sweet에 의하여 개량되어 현재까지 널리 보편화된 방법으로, 국소 마취하에 C-arm영상투시기를 이용하여 난원공 내로 전극을 삽입하여 신경절내로의 정확한 전극의 위치를 확인하고, 전기자극을 0.05 V부터 점차 증가시켜 환자의 통증분포에 맞게 분포되는 것을 확인한다. 그 후 short acting barbiturate 등을 이용하여 환자를 일시적으로 마취를 하고, 70에서 75도 정도로 60초간 병변을 반복하여 만든다. 그러나 원하는 정도의 감각저하가 올 때까지 반복하거나 더 높은 온도를 이용할 수도 있다. 통증유발점이 사라지거나, 예리한 자극과 둔한 자극에 대한 구분이 모호해질 정도까지의 통각감퇴(hypoalgesia)가 안전한 한계이며, 더 큰 병변을 만들 경우 지속적인 감각 저하, 운동저하, 각막염, 그리고 무감각 통증까지도 유발될 위험성이 증가된다. 반대로 통각감퇴가 없을 경우 시술 후 통증이 재발될 확률이 높아진다.

고주파전류를 이용한 열성응고술의 장점은 A-delta 및 C-fiber는 A-alpha 및 beta-fiber에 비하여 낮은 온도에서 신경의 파괴가 일어나기에 비교적 선택적으로 통증전달 신경을 파괴하고 촉각을 보존할 수 있다는 점이다.⁸⁾ 경피적 글리세롤 신경근절단술은 시술 중에 뇌척수액을 확인해야 하는 어려움이 있는데 비하여 간단하며, 경피적 풍선 압박술과 달리 전신적 마취가 필요치 않은 점이 차이이다.

드물지만 설인 신경통(glossopharyngeal neuralgia)의 경우 경정맥공의 신경부분에 시행함으로써 50~80%의 통증 조절 성공률이 보고되고 있으나, 개두술적인 방법에 비해서는 많이 사용되고 있지는 않다.⁹⁾

전형적인 삼차신경통 이외의 안면부 통증에 대한 경피적 풍선 압박술이나 글리세롤 신경근 절단술은 효과가 거의 없는 것으로 알려져 있으며, 경피적 글리세롤 신경근절단술과 고주파 열성응고술은 다발성 경화증에 의한 삼차신경통에는 비교적 비슷한 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있으며, 또한 삼차신경근 유입부에 발생한 뇌간 경색에도 효과가 있으나, 다

른 형태의 뇌간 경색이나 포진 후 신경통, 외상 후 신경통에는 효과가 없다고 알려져 있다.^{10,11)}

(3) 경피적 풍선 압박술(percutaneous balloon compression): 1983년도에 Mullan과 Lichtor가 경피적인 방법으로 삼차신경절이나 분지를 압박하기 시작하여 미국과 유럽 기관에서는 800에 이상 시행되어 오고 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 같은 경피적 방법으로 시행되나 도관은 난원공까지 들어가지는 않게 하고 1 ml의 조영제를 풍선 내에 천천히 주입하여 1,000 mHg에 도달할 때까지 공기를 넣어준다. 약 1분간을 유지하며 재발인 경우 3분까지도 할 수 있다.

전신마취 이후 시행하므로 협조가 잘 되지 않거나 안정제에 잘 반응하지 않는 환자에게 시행할 수 있으며, 경피적 고주파 열성응고술에 비하여 삼차신경의 제1분지의 통증을 조절 시 각막 무감각(corneal anesthesia)의 위험이 더 적어 효과적일 수 있다.

(4) 말초신경 절단술(peripheral neurectomy): 해당 말초신경분지를 절제하거나 적출하는 것으로, 이와 같은 파괴적인 방법은 삼차신경통에 의한 통증완화에 효과적이라는 것은 잘 알려져 있다. 이 방법에 합당한 몇 가지 예후인자가 있는데, 외상과 관련된 통증, 오직 한 개 신경분지에 국한된 통증, 터널 징후양성, 국소신경차단 후 통증의 완화여부, 모든 경우가 만족될 경우 신경절단술은 약 50~60%의 통증경감 효과가 있다.^{15,16)} 기술적으로는 간단하고 이환율이 낮은 방법이지만, 궁극적으로는 단지 일시적 해결이라는 제한된 점이 있어 잘 사용되고 있지는 않으나, 고령의 쇠약한 환자의 경우에는 다른 치료 방법에 비해 비교적 안전하므로 고려해 볼 수 있다.

비교적 발생 빈도가 적은 설인 신경통, 상 후두 신경통(superior laryngeal nerve neuralgia), 중간 신경통(geniculate neuralgia) 등에도 사용된다.

(5) 삼차신경절후 신경절제술(retrogasserian neurectomy): 삼차신경절후 신경절제술을 위해 접근하는 방법으로는 측두하 접근법과 후두하 접근법이 있다. 측두하 접근법은 신경외과적 수술의 방법이 발전되어 사망률을 5%까지 낮추게 되자 20세기 초반까지도 사용되어 왔던 방법이나 1~3%의 사망률, 5~15%의 발작성 통증의 재발과 중요 이환율로 1970년대 이후에는 시행되고 있지 않다. 다만 후두하 접근법의 경우, 혈관압박을 찾고자 교뇌 정도에서 삼차신경을 노출시켰는데 교정할 혈관이 발견되지 않거

나, 주변 종양에 의해 신경의 변위가 없는 경우 또는 다른 비정상적인 부위가 없을 경우 사용할 수 있는 방법이다. 하지만 이러한 접근법은 널리 사용되지 않고 있다.

설인 신경통의 경우 후두하 접근법으로 설인신경과 일부 미주신경을 절단하기도 하며, 성공률은 약 71%라는 보고가 있다.¹⁷⁾

(6) 삼차신경로 절단술(trigeminal tractotomy): 삼차신경로 절단술의 경우 수술의 성공률은 Frank 등의 보고에 의하면 83.5%에 이르며 수술에 따른 사망률이 1.8%, 그리고 동안신경의 마비 등이 합병증이 10.1% 정도로 알려져 있다.¹⁸⁾ 수술방법은 관혈적인 방법과 경피적인 방법으로 나눌 수 있으나 관혈적인 방법은 높은 빈도의 심각한 합병증의 초래로 현재는 거의 시행되고 있지 않다. 경피적 수술방법

은 1967년 Cruie 등에 의하여 처음으로 시도되었으며,¹⁹⁾ 국소마취하에 시행하며 정위수술좌표를 이용하여 좌표를 계산, 병소를 만든다. 특히 이 방법은 제5, 7, 9 및 10번 대뇌신경부위의 통증을 유발하는 경우에 효과적이며, 무감각통증, 포진 후 감각장애, 비전형적 안면통, 외상 후 신경병증 및 두경부암에 의한 통증조절에 사용된다.

(7) 방사선 수술(radiosurgery): Leksell이 처음으로 삼차신경통에 방사선수술을 시행하여 성공한 방법으로,²⁰⁾ 뇌교 근처 근위부 삼차신경에 최대조사량 75~90 Gy를 조사하게 된다(Fig. 3). 아직 방사선조사에 의해 통증 완화되는 기전은 밝혀지지 않았으나, 방사선에 노출된 신경이 ephaptic transmission을 전기생리학적으로 방해하기 때문으로 생각되고 있다. 통증의 완화는 수술 후 하루에서 약 8개월 사이에 나타난다고 알려져 있다.

방사선수술은 최소침습적인 방법이며, 안면감각이상 위험도 낮고 약 70~90%의 통증완화율을 보이며,^{21~23)} 완전히 통증의 소실이 도달할 경우 재발률도 낮은 것으로 알려져 있고, 특히 특발성 삼차신경통에 더 효과적이다. 따라서 고령의 환자나, 내과적 문제 등이 있을 경우 일차적 치료방법으로 선택될 수 있을 것이다.

2) 비파괴적인 방법(non-destructive procedures)

(1) 미세혈관 감압술(microvascular decompression): 삼차신경 유입부는 중추성과 말초성 수초가 이행되는 부위로, 수초화가 불규칙하게 되어 있어서 기계적 자극에 예민한 구조를 형성하므로 혈관압박이 되는 경우 삼차신경통을 유발할 수 있다고 알려져 있

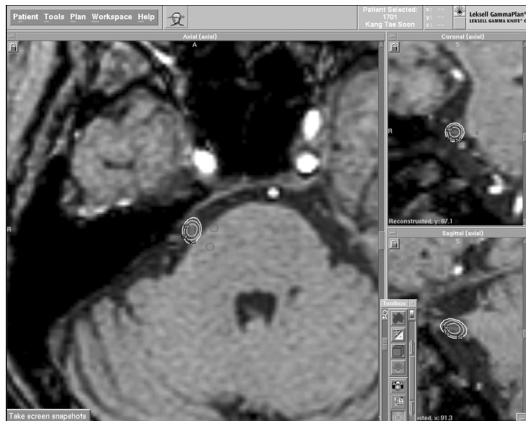


Fig. 3. The snapshot images of Gamma knife radiosurgery for the idiopathic trigeminal neuralgia.

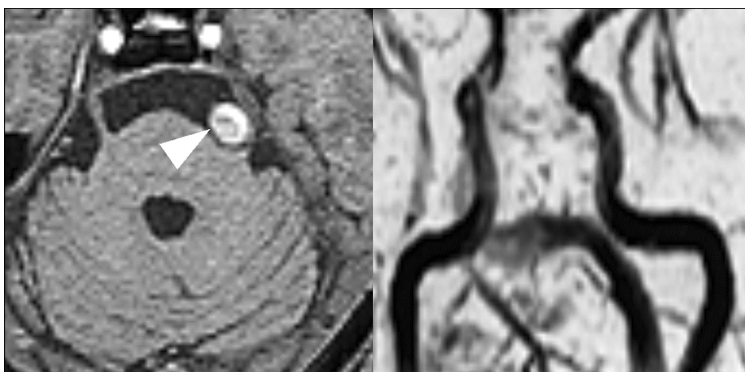


Fig. 4. 3D-TOF MR images shows that left vertebral artery is offending vessel for trigeminal neuralgia.

으며, 후두와 접근을 통한 미세현미경 수술기법인 미세혈관 감압술이 Jannetta에 의해 발전되었다(Fig. 4).

삼차신경통 환자에 미세혈관 감압술을 결정하기 앞서 몇 가지 고려할 점이 있다. 첫째, 환자가 전형적인 삼차신경통의 증상을 갖고 있는지를 확인해야 한다. 일반적으로 비전형적 삼차신경통은 이 방법에 효과적으로 반응하지 않아 치료효과가 좋지 않고 이와 같은 비전형성 안면통은 수술적 치료가 금기이다. 둘째, 현재의 전신마취 기법 발달은 외과적 수술의 테두리를 확장시켜 70대나 80대에도 수술이 가능하게 하지만, 70세 이상의 고령이거나 다른 내과적 문제가 동반 되어 있는 환자는 전형적인 삼차신경통의 증상을 갖고 있더라도 경피적 치료방법 및 방사선 수술 등을 고려하여야 할 것이다. 셋째, 환자의 수술 후 통증 완화에 대한 기대가 적절해야 한다. 환자가 수술 후에 통증 완화의 목적보다는 이차적 이익을 얻기 위해서 수술을 원한다면 이 방법을 시행하지 않는 것이 좋다.

미세혈관 감압술은 원인을 직접적으로 교정해주기 때문에 가장 효과적인 치료 방법이며, 통증 완화 효과가 뛰어나고 수술 후 발생할 수 있는 감각이상 및 삼차신경 지배근육의 운동마비 등의 합병증 발생률이 가장 낮은 것으로 받아들여지고 있다.

합병증으로는 안면의 무딘감, 안면 근육 마비, 청력 손실, 뇌척수액루, 무균성 수막염, 소뇌 부종, 좌상, 혈종 등이 있을 수 있다고 한다.

이통과 심부 안면통을 호소하는 중간 신경통이나 설인신경통의 경우도 혈관 압박 시 이 방법으로 좋은 효과를 보여준다.

(2) 말초신경 자극술(peripheral nerve stimulation): 삼차신경에 대한 자극은 상안와신경자극술(supraorbital nerve stimulation), 하안와신경자극술(infraorbital nerve stimulation)과 삼차신경절(trigeminal ganglion)을 자극하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 명확한 적응증은 없으나 상악동이나 치과 시술 후의 만성 안면통, 만성 외상성 안면통, 파괴적 삼차신경수술 후 만성통증에는 효과가 있다고 보고가 되며, 시험 자극에 반응을 보일 경우 손쉽게 시행할 수 있고, 안전하며 가역적이라는 장점은 있으나, 포진 후 통증이나 무감각통증에는 큰 효과가 없다고 한다.

만성 후두통(occipital neuralgia)의 경우에도 사용할

수 있으며, Weiner는 62명 환자 중 약 2년간 추적 관찰한 결과 약 80%의 환자에게서 50% 이상의 통증완화를 나타냈다고 하였다.²⁴⁾

(3) 뇌심부 자극술(deep brain stimulation): 만성 통증을 조절하는 방법으로 목표로는 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 저림 유발하는 부위로 체성감각 시상(somatosensory thalamus), 내측모대(medial lemniscus) 또는 시상의 방사(thalamic radiation)가 신경병성 통증(neuropathic pain)을 조절하기 위해 목표가 되며, 체성감각 시상 중 특히 안면과 관련된 통증은 VPM (ventral postero-medial nucleus)이 목표가 된다. 두 번째는 내측 구조물인 중뇌수도주위 회백질(periaqueductal gray matter, PAG)과 뇌실주위 회백질(periventricular gray matter, PVG)이 통각수용성 통증(nociceptive pain)을 조절하기 위해 목표가 된다. 이중 PVG의 자극이 공포나 과민함 등의 불편한 감정에 대한 효과가 적어서 주로 선택되며, PAG의 경우 복측부위가 배측에 비해 불편한 감정이 적은 것으로 알려져 목표가 된다.²⁵⁾ 통각수용기성 통증에 있어 보고된 뇌심부자극술의 전반적인 진통 효과는 비교적 장기간의 추적에서 32~81%로 다양하게 보고되고 있으며, 신경병성 통증에서는 26~59%로 비교적 낮다.^{26,27)} 그러나 뇌심부자극술의 진통효과는 시간이 지날수록 감소하는 것이 일반적인 경향이던 것을 고려하면 장기적인 추적에서 이미 보고된 성적이 유지될지는 아직 불투명하다.

군발두통(cluster headache)의 경우 양전자단층촬영(PET)에서 후하방 시상하부(posteroinferior hypothalamus)의 과활동성이 밝혀진 이후에 약물로 조절되지 않는 군발두통은 후방 시상하부(posterior hypothalamus)가 목표가 되어 자극을 하는 시술을 할 수 있다.^{28,29)}

합병증으로는 출혈, 감염, 기계이상, 자극과 관련된 신경학적인 증상 등이 있다.

(4) 운동 피질 자극술(motor cortex stimulation): 1991년 Tsubokawa 등³⁰⁾이 시상통(thalamic pain)을 호소하는 환자에 대하여 운동 피질 자극술을 시행하여 통증완화를 시켰다는 보고가 있는 이후에 약 240여 증례가 보고되고 있으며, 중심성 뇌졸중 후 통증(central poststroke pain), 삼차 신경병성 통증(trigeminal neuropathic pain), 포진 후 통증, 무감각통증 등에 적용될 수 있다.^{31~33)}

시상통증과 같은 중추신경계의 병변으로 인한 구

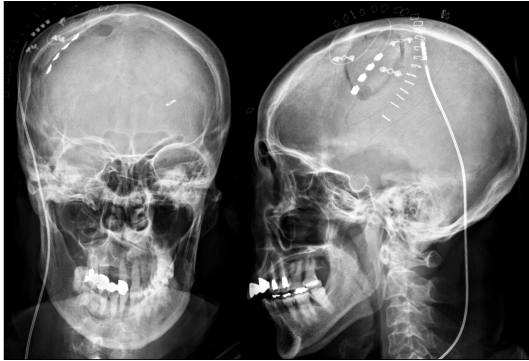


Fig. 5. Postoperative X-ray images after motor cortex stimulation procedure.

심로차단성 통증은 자극술로도 조절하기 가장 힘든 것으로 알려져 있으며, 척수후삭 자극(dorsal column stimulation)이나 시상 중계 핵 자극에도 좀처럼 통증을 억제하기 어려운 것으로 알려져 있다. 이러한 비정상적인 관계가 구심로차단 정도에만 국한되어 있다면 말초신경계에서처럼 더 뒤흔(rostral)의 전달체계를 자극함으로써 제통을 얻을 수 있을 것으로 판단하고 시상 중계 핵(thalamic relay nucleus)보다 뒤흔 단계를 자극하고자 하여 피질 단계를 고려하게 되었다. 한편 이러한 피질단계 중 후중심회 자극(postcentral gyrus stimulation) 시에는 과활동성인 통각수용성 신경(nociceptive neurons)을 포함하여 감각 피질내의 모든 요소가 비선택적인 자극이 되어 오히려 시상통 환자에게 통증을 유발하게 되는데 반하여, 전중심회 자극(precentral gyrus stimulation) 시에는 통증이 조절되며 그 통증부위에 약한 찌릿한 느낌이나 떨리는 듯한 느낌을 환자가 경험하게 되는데, 이것은 운동피질과 감각피질 상호연계로 해당 근육의 일차적 비유해성 정보(nonnoxious information)를 수행하도록 되어있기 때문이다. 따라서 전이랑 자극 시에는 선택적으로 감각 피질내의 비유해성 신경(nonnociceptive neuron)이 활성화되는 것으로 판단할 수 있다(Fig. 5).

이 방법을 시행한 이후 약 45~77%에서 좋은 결과가 있었다고 보고되고 있으며, JP Nguyen 등은 83명의 환자를 대상으로 평균 추적기간이 54개월이었으며, 중심성 통증(29예), 삼차 신경병성 통증(29예), 다른 원인(25예)을 대상으로 1년 이상 추적 관찰한

환자 24명 중 18명(75%)에서 만족할만한 결과(VAS의 40% 이상 상승, 진통제 50%이상 감소)를 보였으며, VAS의 평균 향상이 46%로 유의 있게($p < 0.001$) 나타났다고 하였다. 또한 삼차신경통의 경우 1년 이상 추적이 가능하였던 26명 중 20명(76.9%)에서 만족할만한 결과를 보였으며, 마찬가지로 VAS의 평균 향상이 56%로 유의 있게 나타났다고 하였다.³⁴⁾

합병증으로는 경막외 혈종과 간헐적인 자극 이후 발작의 발생가능성이 있다고는 하나 실제로 이러한 발작이 나중까지 지속되지는 않은 것으로 나타나고 있다.³⁵⁾

결 론

두경부 통증의 치료 원칙은 약물치료 등 각종 비침습적인 방법을 사용하는 것인데, 이에 반응하지 않을 경우 신경외과적인 수술적 치료방법을 선택하게 된다. 위에서 언급한 다양한 신경외과적 치료 방법의 선택에 있어, 환자의 병력과 임상양상 등의 정보를 통한 정확한 진단을 내리는 것이 가장 중요하며, 환자의 전신상태, 나이, 통증의 성격, 원인질환 등에 대한 신중한 검사와 평가를 고려하여 적절한 치료방법을 선택해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Tew JM Jr, Keller JT. *The treatment of trigeminal neuralgia by percutaneous radiofrequency technique. Clin Neurosurg 1977; 24: 557-78.*
- 2) Dieckmann G, Bockermann V, Heyer C, Henning J, Roesen M. *Five-and-a-half years' experience with percutaneous retrogasserian glycerol rhizotomy in treatment of trigeminal neuralgia. Appl Neurophysiol 1987; 50: 401-13.*
- 3) Hakanson S. *Trigeminal neuralgia treated by the injection of glycerol into the trigeminal cistern. Neurosurgery 1981; 9: 638-46.*
- 4) Jho HD, Lunsford LD. *Percutaneous retrogasserian glycerol rhizotomy. Current technique and results. Neurosurg Clin N Am 1997; 8: 63-74.*
- 5) North RB, Kidd DH, Piantadosi S, Carson BS. *Percutaneous retrogasserian glycerol rhizotomy. Predictors of success and failure in treatment of trigeminal neuralgia. J Neurosurg 1990; 72: 851-6.*
- 6) Young RF. *Glycerol rhizolysis for treatment of trigeminal neuralgia. J Neurosurg 1988; 69: 39-45.*

- 7) Kirschner M. *Elektrocoagulation des ganglion gasseri. Zentralbl Chir* 1932; 47: 2841.
- 8) Letcher FS, Goldring S. *The effect of radiofrequency current and heat on peripheral nerve action potential in the cat. J Neurosurg* 1968; 29: 42-7.
- 9) Giorgi C, Broggi G. *Surgical treatment of glossopharyngeal neuralgia and pain from cancer of the nasopharynx. A 20-year experience. J Neurosurg* 1984; 61: 952-5.
- 10) Arias MJ. *Percutaneous retrogasserian glycerol rhizotomy for trigeminal neuralgia. A prospective study of 100 cases. J Neurosurg* 1986; 65: 32-6.
- 11) Sweet WH. *Controlled thermocoagulation of trigeminal ganglion and rootlets for differential destruction of pain fibers: facial pain other than trigeminal neuralgia. Clin Neurosurg* 1976; 23: 96-102.
- 12) Brown JA, McDaniel MD, Weaver MT. *Percutaneous trigeminal nerve compression for treatment of trigeminal neuralgia: results in 50 patients. Neurosurgery* 1993; 32: 570-3.
- 13) Brown JA, Preul MC. *Percutaneous trigeminal ganglion compression for trigeminal neuralgia. Experience in 22 patients and review of the literature. J Neurosurg* 1989; 70: 900-4.
- 14) Mullan S, Lichtor T. *Percutaneous microcompression of the trigeminal ganglion for trigeminal neuralgia. J Neurosurg* 1983; 59: 1007-12.
- 15) Burchiel KJ, Johans TJ, Ochoa J. *Painful nerve injuries: bridging the gap between basic neuroscience and neurosurgical treatment. Acta Neurochir (Wien)* 1993; 58(Suppl): 131-5.
- 16) Burchiel KJ, Ochoa JL. *Surgical management of post-traumatic neuropathic pain. Neurosurg Clin N Am* 1993; 2: 117-26.
- 17) Bohm E, Strang R. *Glossopharyngeal neuralgia. Brain* 1962; 85: 18.
- 18) Frank F, Fabrizi AP, Gaist G. *Stereotactic mesencephalic tractotomy in the treatment of chronic cancer pain. Acta Neurochir (Wien)* 1989; 99: 38-40.
- 19) Crue BL, Todd EM, Carregal EJ, Kilham O. *Percutaneous trigeminal tractotomy. Case report-utilizing stereotactic radiofrequency lesion. Bull Los Angeles Neurol Soc* 1967; 32: 86-92.
- 20) Leksell L. *Stereotaxic radiosurgery in trigeminal neuralgia. Acta Chir Scand* 1971; 137: 5.
- 21) Kondziolka D, Lunsford LD, Flickinger JC. *Gamma knife radiosurgery as the first surgery for trigeminal neuralgia. Stereotact Funct Neurosurg* 1998; 1(70 Suppl): 187-91.
- 22) Urgosik D, Vymazal J, Vladyka V, Liscak R. *Gamma knife treatment of trigeminal neuralgia: clinical and electrophysiological study. Stereotact Funct Neurosurg* 1998; 1(70 Suppl): 200-9.
- 23) Young RF, Vermulen S, Posewitz A. *Gamma knife radiosurgery for the treatment of trigeminal neuralgia. Stereotact Funct Neurosurg* 1998; 1(70 Suppl): 192-9.
- 24) Weiner RL. *Occipital neurostimulation (ONS) for treatment of intractable headache disorders. Pain Med* 2006; 1(7 Suppl): S137-9.
- 25) Tasker R, Filho O. *Deep brain stimulation for the control of intractable pain. 4th ed, WB Saunders. 1997*
- 26) Hosobuchi Y. *Subcortical electrical stimulation for control of intractable pain in humans. Report of 122 cases (1970-1984). J Neurosurg* 1986; 64: 543-53.
- 27) Young RF, Kroening R, Fulton W, Feldman RA, Chambi I. *Electrical stimulation of the brain in treatment of chronic pain. Experience over 5 years. J Neurosurg* 1985; 62: 389-96.
- 28) Franzini A, Ferroli P, Leone M, Broggi G. *Stimulation of the posterior hypothalamus for treatment of chronic intractable cluster headaches: first reported series. Neurosurgery* 2003; 52: 1095-9; discussion 2003; 1099-101.
- 29) Leone M, Franzini A, Broggi G, Bussone G. *Hypothalamic deep brain stimulation for intractable chronic cluster headache: a 3-year follow-up. Neurol Sci* 2003; 2(24 Suppl): S143-5.
- 30) Tsubokawa T, Katayama Y, Yamamoto T, Hirayama T, Koyama S. *Chronic motor cortex stimulation for the treatment of central pain. Acta Neurochir (Wien)* 1991; 52(Suppl): 137-9.
- 31) Meyerson BA, Lindblom U, Linderth B, Lind G, Herregodts P. *Motor cortex stimulation as treatment of trigeminal neuropathic pain. Acta Neurochir (Wien)* 1993; 58(Suppl): 150-3.
- 32) Nguyen JP, Keravel Y, Feve A, Uchiyama T, Cesaro P, Le Guerinel C, et al. *Treatment of deafferentation pain by chronic stimulation of the motor cortex: report of a series of 20 cases. Acta Neurochir* 1997; 68(Suppl): 54-60.
- 33) Rainov NG, Fels C, Heidecke V, Burkert W. *Epidural electrical stimulation of the motor cortex in patients with facial neuralgia. Clin Neurol Neurosurg* 1997; 99: 205-9.
- 34) Nguyen JP, Lefaucher JP, Le Guerinel C, Eizenbaum JF, Nakano N, Carpentier A, et al. *Motor cortex stimulation in the treatment of central and neuropathic pain. Arch Med Res* 2000; 31: 263-5.
- 35) Tsubokawa T, Katayama Y, Yamamoto T, Hirayama T, Koyama S. *Chronic motor cortex stimulation in patients with thalamic pain. J Neurosurg* 1993; 78: 393-401.