

토끼 하치조신경 전위술 후의 신경 및 신경주변조직 변화 관찰을 위한 예비 실험

송 현 철

가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 치과 구강악안면외과

Abstract

PRELIMINARY STUDY ON HISTOLOGIC CHANGES IN THE NERVE AND SURROUNDING TISSUES AFTER INFERIOR ALVEOLAR NERVE TRANSPOSITION IN RABBITS

Hyun Chul Song

Division of OMFS, Dept. of Dentistry, St. Vincent's Hospital, The Catholic University

Purpose: The purpose of this study was 1) to find nerve damage after inferior alveolar nerve transposition and 2) to examine whether the soft tissue or bone changes around the nerve produce the compression to the nerve in the healing period.

Materials and Method: Inferior alveolar nerve was exposed through the bony window and the scratch was made in the bone to be thought as the inferior alveolar canal. Suture was made after the nerve was repositioned. The nerve and surrounding tissues were examined with the light microscope and the fluorescent microscope before surgery and at 1 month, 3 months, and 5 months after surgery.

Results: After surgery, the epineurium was damaged and the nerve was divided to several fascicles covered with the perineurium. The newly formed fibrous connective tissue and vessels were seen around fascicles. There was new bone formation. However the nerve was not compressed by the connective tissue or the new bone.

Conclusion: The results of this study suggest that neurosensory disturbances after inferior alveolar nerve transposition are resulted by the direct trauma in surgery rather than the compression to the nerve by the scar or new bone formation in the healing period.

Key words : Nerve transposition, Compression, Inferior alveolar nerve, Neurosensory disturbance

I. 서 론

하악 구치부는 하악 전치부에 비하여 얇은 골주들로 인하여 골질이 떨어지고¹⁾ 하치조관으로 인하여 충분한 길이의 인공치아를 심기 위한 골 양이 부족하기 때문에 인공치아의 초기고정이 만족스럽지 못한 경우가 많이 있다. 처음에 악교정수술을 위한 방법으로 사용되었던 하치조신경 전위술이²⁻⁴⁾ 1987년 Jensen과 Nock⁵⁾에 의하여 심하게 치조골이 흡수된 하악 구치부에 인공치아를 심기 위한 방법으로 이용되어진 이후 인공치아 이식을 위한 다양한 방법의 신경 전위술이 발표되었다⁶⁻⁸⁾. 그러나 인공치아 이식과 연관된 하치조신경 전위술 후 지각 이상^{7,9-11)}, 골수염^{7,9)}, 이식체 탈락^{7,9)} 등의 여러 합병증이 보고되고 있다. 이 중에서도 지각 이상이 가장 흔하게 나타나는 것으로 1992년 Friberg⁷⁾는 신경 전위술 후 7개월에 30% 정도에서, 1994년 Rosenquist⁹⁾는 술 후 18개월에 5%에서, 1994년 Jensen 등¹⁰⁾은 술 후 12개월에 10%에서 지각 이상이 있었다고 각기 보고하였다.

지금까지 신경 전위술 때 생기는 지각 이상에 대해 신경 전위술 시행 시의 기계적인 외상이나 신경전위시의 신연 등에 의한 직접 손상이 원인일 것이라고 생각하여왔다^{6,12,13)}. 그러나 신경이 압박 받을 때에도 신경 내 혈류장애가 생기고 이로 인하여 생리학적 인 변화가 일어난다고 보고되었다¹⁴⁻¹⁸⁾. 하치조신경은 골 내에 위치한 신경이기 때문에 일반적으로 연조직 내에 있는 다른 신경들과는 달리 수술에 의한 골 손상 후 회복 시에도 신경 주변에 새로이 형성되는 연조직에 의한 반흔이나 신생골 등에 의하여 2차적으로 신경이 압박 받을 수 있는 조건이 다를 것이라고 생각되나 여기에 대하여 아직 보고된 바가 없다. 이에 저자는 토끼 하치조신경을 골 내에서 전위시킨 후 신경의 손상정도를 관찰하고, 신경주변의 연조직이나 경조직의 변화가 지각 이상을 일으킬 수 있는 압박원인으로 작용할 수 있는지 여부를 살펴보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 수술법

무게 1.5 - 2.0Kg된 흰토끼를 ketamin으로 근육 마취한 후 귀에 정맥로를 확보하고 thiopental로 정맥마취하며 악하부의 털을 깎고 하악 하연을 따라 2cm정도 길이로 피부를 절개하여 이공 및

송 현 철

442-060 경기도 수원시 팔달구 지동 93

가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 치과 구강악안면외과

Hyun-Chul Song

Dept. of OMFS, St. Vincent's Hospital, The Catholic University of Korea

93 Chi-Dong, Paldal-Ku, Suwon-City, Kyongki-Do, 442-060, Korea

Tel: (0331) 249-7670 FAX: (0331) 258-3352

이신경을 확인한 후 하악 하연으로부터 이신경까지의 피질골에 작은 round bur로 하치조신경을 따라 피질골 절단을 하였다. 이 공을 포함시키는 신경 전위술식에 따라 하치조신경을 박리하고 하치조관이라 생각되는 부위의 기저부를 기구로 긁어 약간의 골 손상을 가한 후 하치조신경을 재위치 시키고 골막 및 피부를 봉합하였다. 수술 직후와 술 후 1일간 감염 방지를 위하여 gentamycin을 근육주사하였다.

2. 현미경적 관찰

수술 후 1개월, 3개월, 5개월 후에 10% neutral buffered formalin으로 경동맥관류고정 후 희생시켜 탈회표본과 비탈회표본을 만들어 각각 광학현미경과 UV filter(330 - 385nm)를 이용한 형광현미경(Olympus BX50, Olympus)으로 관찰을 하였다.

광학현미경관찰을 위한 탈회표본을 만들기 위하여 조직을 10% neutral buffered formalin과 5% nitric acid를 3 : 1로 혼합한 용액에서 약 3주간 고정 및 탈회를 한 후 흐르는 물에 6시간 수세하고 탈수시킨 다음 paraffin 포매한 후 H-E 염색을 하였다.

형광현미경관찰을 위한 비탈회표본을 만들기 위하여 수술 2주 후 Calcein(Sigma)을 20mg/Kg로 정맥주사하고, 다시 희생시키기 3일 전에 Alizarin Red S(Sigma)를 20mg/Kg로 정맥 주사한 후 희생시켜 조직을 10% neutral buffered formalin에 1주 고정시킨 후 흐르는 물에 하룻밤 수세하고 탈수시킨 후 spur 포매하고 grinding 한 후 toluidine blue, methyl alcohol, Multiple stain(Polyscience) 시약으로 다중 염색을 하였다.

Ⅲ. 실험결과

1. 탈회표본 소견(광학현미경 관찰)

신경 전위술을 시행하지 않은 토끼 하악골에서 하치조관이라고 할만한 연속된 뚜렷한 관상 구조는 발견할 수 없었으며, 신경이 골수강 내에 자유롭게 위치해 있었고, 하치조신경이 epineurium으로 생각되는 섬유성 막으로 얇게 둘러 쌓여 있으며 perineurium은 뚜렷이 구별되지는 않았다(Fig. 1).

술 후 1개월 째에 신경 주변 골이 수술에 의해 손상되어있고

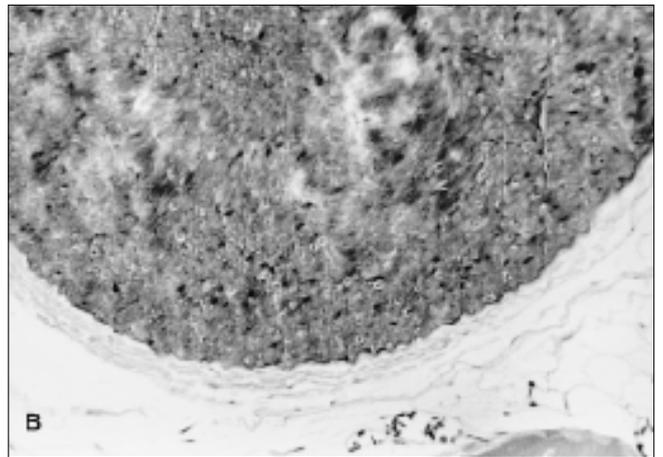
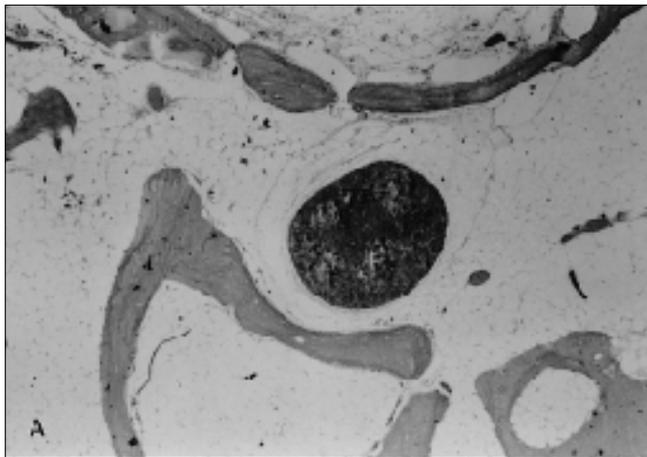


Fig. 1. Light micrograph of normal inferior alveolar nerve and surrounding structure in rabbit. H&E $\times 40$ (A) $\times 100$ (B)

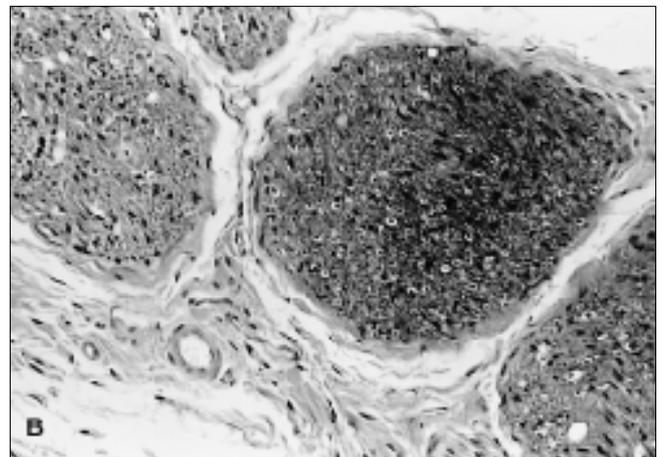
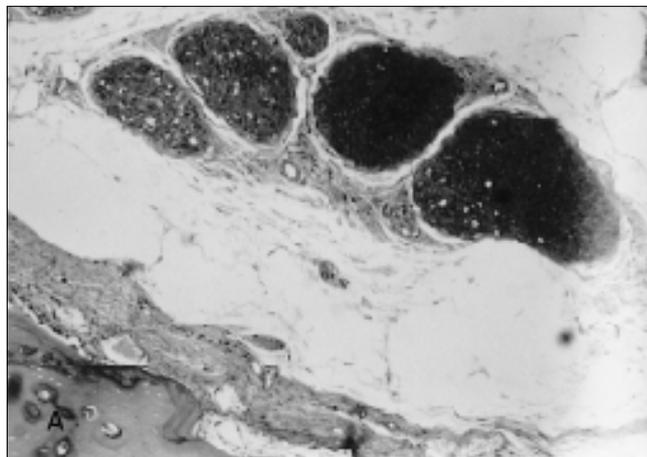


Fig. 2. Light micrograph 1 month after inferior alveolar nerve transposition. Note the nerve was divided into several fascicles surrounded by the perineurium. The newly formed loose fibrous connective tissue and vessels were seen around fascicles. H&E $\times 40$ (A) $\times 100$ (B)

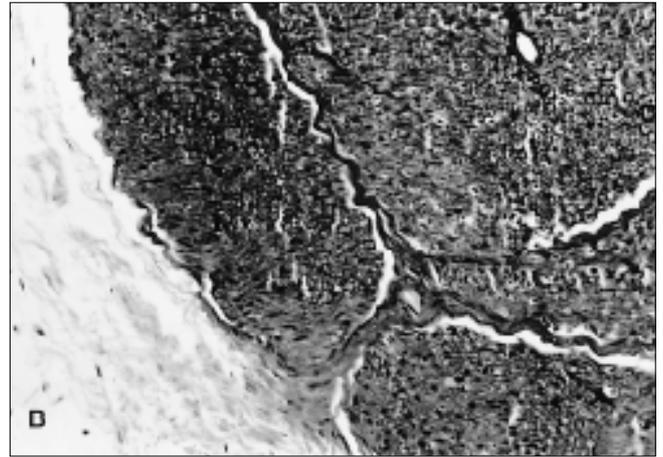
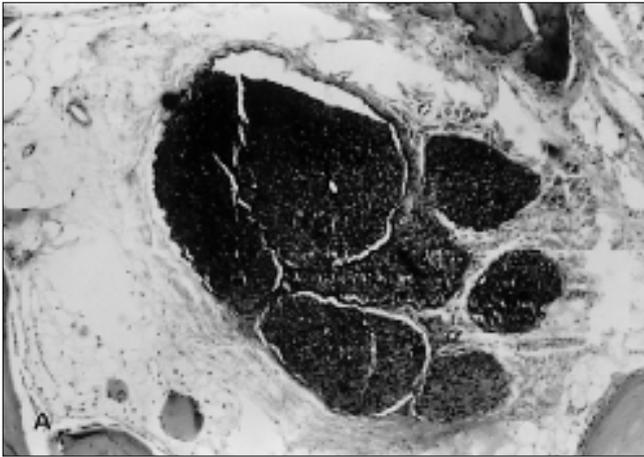


Fig. 3. Light micrograph 3 months after inferior alveolar nerve transposition. Note the loose fibrous connective tissue was increased more around fascicles. H&E ×40(A) ×100(B)

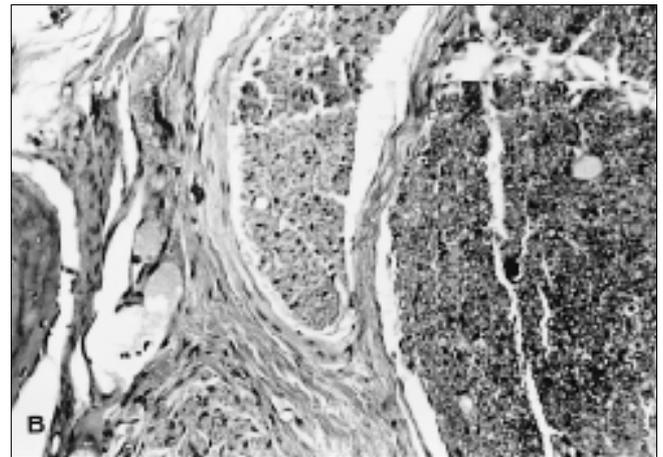
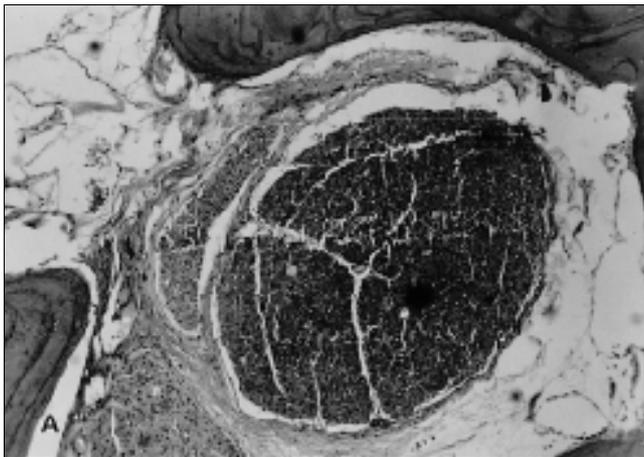


Fig. 4. Light micrograph 5 months after inferior alveolar nerve transposition. Note the more dense fibrous connective tissue was seen around fascicles. H&E ×40(A) ×100(B)

epineurium이 손상 받아 신경이 perineurium으로 둘러 쌓인 신경 섬유 다발(fascicle)들로 분리되어 있었고 사이에 새로 형성된 것으로 생각되는 느슨한 섬유성 결합조직과 혈관이 보였다(Fig. 2).

술 후 3개월 째에 분리된 신경섬유다발들이 다시 원형으로 복원되지는 않았고, 느슨한 형태의 섬유성 결합조직이 증가되어 있었다(Fig. 3).

술 후 5개월 째에는 증가된 섬유성 결합조직이 보다 치밀해졌다(Fig. 4).

2. 비탈회표본 소견(형광현미경 관찰)

술 후 1개월 째 손상 받아서 생긴 함몰부위의 불규칙한 표면에 Calcein과 Alizarin Red S로 염색된 부위가 뚜렷이 구별이 안되어 신생골이 많지 않음을 보이고 있다(Fig. 5).

술 후 3개월 째 신경이 골과 면한 쪽에 Calcein과 Alizarin Red S로 염색된 사이가 뚜렷이 구별되어 신생골이 많이 형성된 것을 볼 수 있었다(Fig. 6).

술 후 5개월 째 신생골이 더 많이 형성되어 수술로 형성된 함몰부위의 형태가 알아지고 불규칙했던 표면이 부드러워졌다(Fig. 7).

IV. 총괄 및 고안

사람의 하치조신경은 하치조관이라 불리는 구조물에 의해 보호받고 있는데 이는 피질 골로 구성된 관 모양이 아니라 내부가 아래로부터 위쪽으로 밀도가 높아지는 섬유주 형태로 구성되어 있고 이것이 비교적 치밀한 주변 골로 연결되어 있고 이때 체 모양으로 구멍이 뚫려있는 경계부위가 대부분 나타나 일부에서 나타나지 않기도 한다고 하였다¹⁹⁾. 사람과 달리 토끼에서는 하치조관이라 불리울 만한 구조물이 발달되지 않고, epineurium으로 생각되는 섬유성 막으로 둘러싸인 신경이 골수강 내에서 여유 있게 위치해 있으며 주변골수강의 크기도 다양하였다. 수술 시 사람보다 비교적 쉽게 신경에 직접손상을 안주면서도 박리할 수 있었던 점은 이러한 해부학적 특징 때문이라 사료된다.

신경손상의 정도를 나타낸 분류법으로 Seddon²⁰⁾은 neurapraxia, axonotmesis, neurotmesis로 분류하여 neurapraxia는 myelin만 손상 받고 월러리안 변성은 일어나지 않는 가벼운 압박을 받은 상태에서, axonotmesis는 endoneurium이 유지되나 axon과 myelin이 손상 받아 월러리안 변성도 동반되는 심하게 으깨진 상처에서, neurotmesis는 신경절단에서와 같이 신경조직 및 섬유조직 모

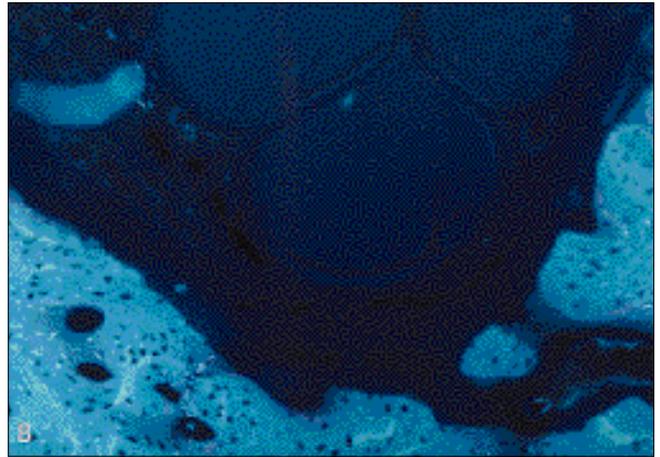
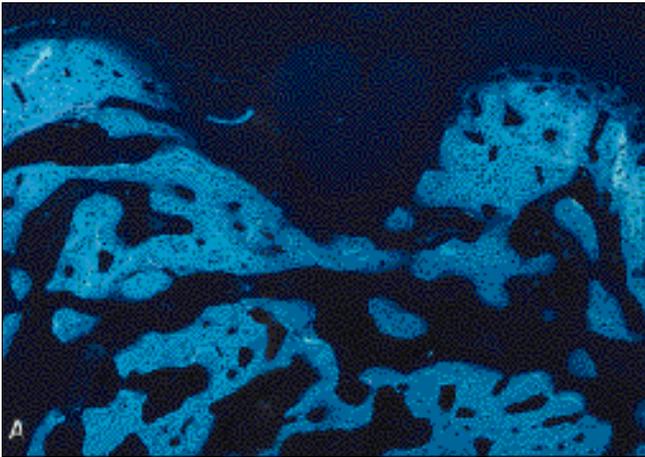


Fig. 5. Fluorescent micrograph 1 month after inferior alveolar nerve transposition. Note the new bone formation was not remarkable. Multiple stain $\times 40$ (A) $\times 100$ (B)

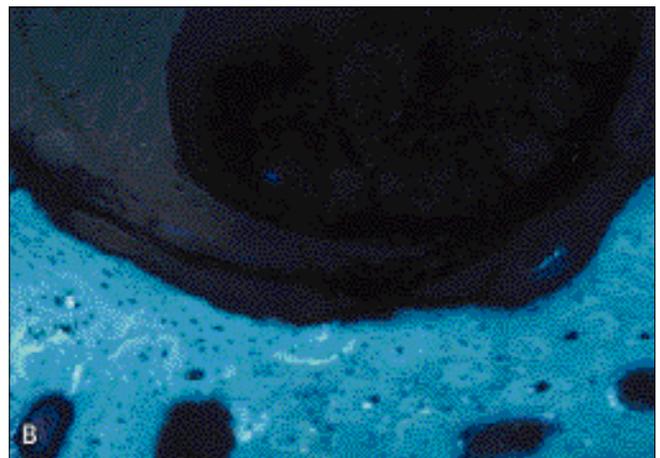
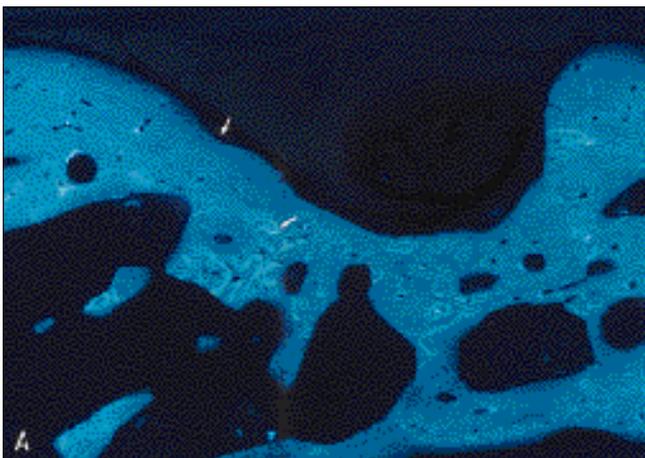


Fig. 6. Fluorescent micrograph 3 months after inferior alveolar nerve transposition. Note the new bone formation was seen between Calcein stain(green) and Alizarin Red S stain(red). Multiple stain $\times 40$ (A) $\times 100$ (B)

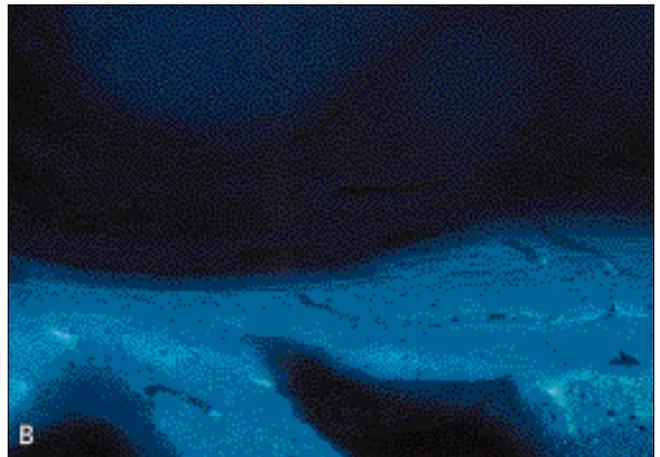
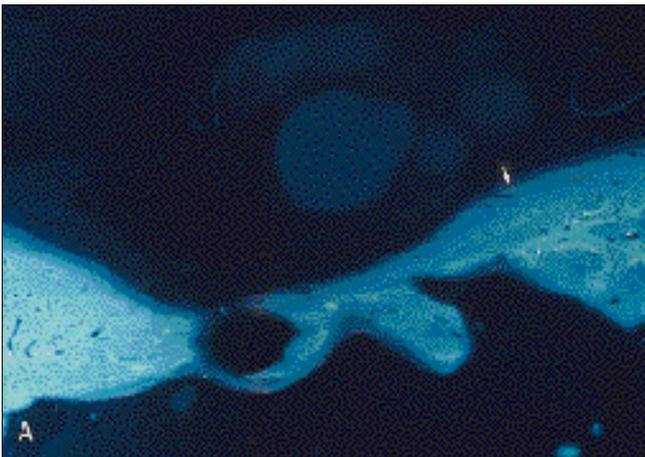


Fig. 7. Fluorescent micrograph 5 months after inferior alveolar nerve transposition. Note the new bone was increased and the irregular surface became smooth. Multiple stain $\times 40$ (A) $\times 100$ (B)

두가 완전히 분열된 상태에서 일어난다고 구분하였다. 다른 분류법으로 Sunderland²⁰⁾는 신경손상을 1등급에서 5등급까지로 구별하여 1등급은 neurapraxia로 지각신경이나 자율신경은 영향을 받지 않고 운동신경만 일시적으로 마비되는 신경의 부종이라 하

였고, 2등급은 Seddon의 axonotmesis에 해당되는 것으로 운동, 지각, 자율신경 모두에 이상이 나타나는 경우라 하였다. 3등급은 perineurium은 유지되고 endoneural tube가 손상 받은 경우고, 4등급은 perineurium이 손상 받고 epineurium만 유지되는 경우이며,

5등급은 Seddon의 neurotmesis에 해당되는 것이라 하였고, 심한 3등급에서 회복능의 반흔이 생기고, 4등급에서 신경은 neuroma로 연결되거나 axon은 지나가지 않는 상태가 되며, 5등급에서는 신경의 자발적인 재생이 불가능하여 수술에 의한 수복이 필요하다고 하였다.

본 실험에서 신경전위술 시 육안으로 관찰 하에 기구로 인한 외상이 신경 표면에 생기지 않도록 조심하였으나 술 후 1개월 사진에서 epineurium이 파괴되어 여러 개의 perineurium으로 둘러 쌓인 신경섬유 다발들로 분리된 것은 epineurium이 수술과정에서 가벼운 충격이나 신연 등의 미약한 힘에도 쉽게 분리될 수 있는 조직으로 사료된다. 신경이 약간 신연되었을 경우 기능이 4주 내지 6주정도 지나면 정상으로 회복된다고 하였으나^{2,22,23}, 신경이 길이의 5% 이상 신연되면 perineurium의 혈관들이 파괴되고 영구적인 기능 저하가 생긴다고 하였다³⁹. 본 실험에서 술 후 1개월에 관찰된 정도의 외상은 Seddon과 Sunderland의 분류법과는 달리 epineurium부터 파괴되어 정확히 분류할 수는 없지만 Seddon의 neurapraxia나 Sunderland의 1등급 손상 정도이거나 그보다 덜한 epineurium의 혈관만 손상 받는 ischemic block 정도와 비슷하게 생각되어 회복이 빠르게 일어날 것으로 생각된다. 그러나 지나친 신연을 피하기 위하여 수술 시 협설 전위 폭이 커야 될 경우에는 신경노출의 범위도 길어져야 할 것으로 사료된다.

신경 전위술식은 이공 부위를 손상시키지 않고 근심 쪽 피질 골만 제거한 후 신경을 바깥쪽으로 조금만 전위시키는 방법⁵⁸과 이공 부위의 골도 제거하고 원심 쪽 절치신경을 잘라주어 신경 전위 양을 보다 많게 할 수 있는 방법^{6,7,10}의 두 가지로 크게 나눌 수 있는데, Rosenquist⁶⁹는 앞의 방법일 경우 수술 시 신경이 신연으로 인하여 더 손상될 수 있을 것이라고 지적하였다. Kan 등²⁴은 이공 부위를 손상시키는 신경 전위술에서 지각이상 77.8% 나타났고 이공 부위를 보전시킨 신경 전위술에서 지각 이상이 33.3%로 나타나, 손상이 큰 수술에서 더 많은 지각 이상이 나타났다고 보고하였다. 이는 신연 보다는 외상이 지각 이상의 원인으로 더 큰 비중을 차지할 수 있다는 점을 시사할 수도 있으나 이에 관하여는 계속적인 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

신경을 20mmHg에서 30mmHg로 압박을 가하면 epineurium에 혈류 저하가 생기고 60mmHg에서 80mmHg의 압박이면 신경내의 혈류가 완전히 차단된다고 하였는데⁵⁹ 본 실험에서 술 후 1개월, 3개월, 5개월에 분리된 신경섬유 다발 주위에 혈관을 포함하는 결체조직이 증가되고 점차로 치밀하게 되는 것을 볼 수 있었으나 분리된 신경 다발들의 주변 모양이 눈에 띄게 눌리거나 부종으로 인한 변형된 모습은 보이고 있지 않아 섬유성 결체조직이 치밀해지며 내부로 압박을 가하기보다는 내부의 신경다발을 중심으로 바깥쪽으로 형성되어 나가는 것으로 생각된다. 신경의 주변부위에 여유공간이 있다면 결체조직이 많이 생성되더라도 신경을 20mmHg 이상 압박할 것으로 생각되지 않았다. 신경 섬유가 끊어졌을 때 끊어진 부위에서 Schwann cell이 증가하고 axon이 불규칙적으로 엉켜 생기는 neuroma와는 달리 단순히 epineurium이 깨지는 정도의 손상만으로는 신경에 압박을 가할 정도의 반흔은 생기지 않을 것으로 사료된다.

신경전위술 시 방법에 따라 신경을 골 내에 위치시키거나 골 바깥에 위치시킬 수 있는데⁶⁰ 본 실험에서는 골 내에 재 위치시키고 골 손상부위에 GBR(guided bone regeneration)을 위한 골유도막의 사용이나 골 이식은 하지 않았다. 술 후 5개월 째에 신경 안쪽의 손상된 골 부위에 골 재형성이 뚜렷이 일어났고 열려있는 신경 바깥쪽은 골로 덮이지 않았는데, 시간이 더 지날 경우 신경이 골로 완전히 덮일지는 확실치 않았다. 술 후 5개월까지의 골 재형성과정에서 골이 신경 쪽으로 압박하는 소견은 보이고 있지 않아 이로 인한 신경 압박은 없을 것으로 사료된다.

이식체가 나사형일 경우 나사부분이 신경에 닿아 신경주변의 혈관에 점차적으로 부종을 일으켜 지각이상을 일으킬 수도 있다는 생각에 신경전위술 시에 신경을 골 바깥으로 위치시키거나 골막을 절개하고 협측 연조직에 위치시키기도 하였고⁶¹, 흡수성 collagen(CollaTape)을 이식체와 신경 사이에 넣어줄 수도 있는데, 본 실험에서 나타난 바와 같이 골 재형성 과정 중에 신생골이 특별히 신경주변에 압박을 주지 않는 것이라면, 이식체가 신경과 직접 닿아 신경이 이식체 주변의 골 형성에 방해만 주지 않는다면, 지각이상을 방지할 목적으로 흡수성 collagen을 이식체와 신경 사이에 넣어줄 필요는 없을 것으로 생각된다. 그러나 신경전위술 시에 초기 압박을 피하기 위해 신경주변을 여유 있게 만들어줄 필요가 있을 것으로 생각되며, 골 이식을 하여 골 손상 부위를 긴밀하게 채워줄 경우에는 신경을 이식골 바깥쪽으로 위치시키는 방법도 고려되어야 하겠다.

본 논문은 토끼를 이용하여 연구된 결과이므로 해부학적 구조나 술 후 반응 등이 사람과는 많은 차이가 있을 것으로 생각되며, 신경전위술 후 골 이식으로 신경주변을 긴밀하게 채워 넣거나 GBR을 위하여 골유도막을 사용하였을 경우 신경 주변에 생성되는 신생골이 신경에 어떤 형태의 압박요인이 될 수 있는지에 관한 것은 계속 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

토끼 하악골에서 하치조신경 전위술을 시행한 후 신경 및 신경 주변조직의 변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 술 후 1개월 째에 epineurium이 손상 받아 신경이 perineurium으로 둘러 쌓인 신경섬유 다발들로 분리되어 있는 것이 관찰되었고, 사이에 새로운 섬유성 결체조직과 혈관이 보이고, 손상 받은 골 표면에서 뚜렷한 골 생성 소견은 보이지 않고 있었다.
2. 술 후 3개월 째에 분리된 신경섬유다발들이 다시 원형으로 복원되지는 않았고, 주위의 perineurium이나 epineurium에 술 후 1개월과 비교하여 섬유성 결체조직이나 혈관 등이 뚜렷이 증가하지는 않았고, 신경이 골과 면한 쪽에 신생골이 생겼다.
3. 술 후 5개월 째에 신경과 주변 연조직에서는 술 후 3개월 째와 비교하여 큰 변화가 없었으나, 신생골은 더 많이 형성되어 수술에 의한 함몰 부위의 형태가 알아져 있었다.

이상의 결과로부터 신경 전위술을 하였을 때 가벼운 충격이나 신연 등의 미약한 힘에도 epineurium은 쉽게 파괴되어 여러 개의 perineurium으로 둘러 쌓인 신경다발들로 분리되며, 술 후 치유 과정에서 신경주변의 연조직의 변화나 신생골 등에 의하여 신경이 압박 받지 않을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Sennerby L, Thomsen P, Ericson LE: A morphometric and biomechanic comparison of titanium implants inserted in rabbit cortical and cancellous bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7:62-71, 1992.
2. Fitzpatrick B: Total osteotomy of the mandibular alveolus in reconstruction of the occlusion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 44:336-346, 1977.
3. Petersen L: Posterior mandibular segmental alveolar osteotomy. *J Oral Surg* 36:454-458, 1978.
4. Kahnberg K-E, Ridell A: Transposition of the mental nerve in orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 45:315-318, 1987.
5. Jensen O, Nock D: Inferior alveolar nerve repositioning in conjunction with placement of osseointegrated implants: A case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 63:263-268, 1987.
6. Rosenquist B: Fixture placement posterior to the mental foramen with transpositioning of the inferior alveolar nerve. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7:45-50, 1992.
7. Friberg B, Ivanoff C-J, Lekholm U: Inferior alveolar nerve transposition in combination with Branemark implant treatment. *Int J Periodont Rest Dent* 12:440-449, 1992.
8. Smiler D: Repositioning the inferior alveolar nerve for placement of endosseous implants: Technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8:145-150, 1993.
9. Rosenquist B: Implant placement in combination with nerve transpositioning: Experience with the first 100 cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9:522-531, 1994.
10. Haers PE, Sailer HF: Neurosensory function after lateralization of the inferior alveolar nerve and simultaneous insertion of implants. *Oral Maxillofac Surg Clin of N America* 7:707-716, 1994.
11. Jensen J, Reiche-Fischel O, Sindet-Petersen S: Nerve transposition and implant placement in the atrophic posterior mandibular alveolar ridge. *J Oral Maxillofac Surg* 52:662-668, 1994.
12. Samit A, Popowich L: Mandibular vestibuloplasty: A clinical update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 54:141-147, 1982.
13. Bailey P, Bays R: Evaluation of long-term sensory changes following mandibular augmentation procedures. *J Oral Maxillofac Surg* 42:722-727, 1984.
14. Sunderland S: The nerve lesion in the carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 39:615-626, 1976.
15. Rydevik B, Lundborg G, Bagge U: Effects of graded compression on intraneural blood flow. *J Hand Surg* 6:3-12, 1981.
16. Dahlin LB, Rydevik B, McLean WG, Sjöstrand J: Changes in fast axonal transport during experimental nerve compression at low pressures. *Exp Neurol* 84:29-36, 1984.
17. Dahlin LB, Sjöstrand J, McLean WG: Graded inhibition of retrograde axonal transport by compression of rabbit vagus nerve. *J Neurol Sci* 76:221-230, 1986.
18. Myers RR, Murukami H, Powell HC: Reduced nerve blood flow in edematous neuropathies: A biochemical mechanism. *Microvasc Res* 32:145-151, 1986.
19. Wadu SG, Penhall B, Townsend GC: Morphological variability of the human inferior alveolar nerve. *Clinical Anatomy* 10:82-87, 1997.
20. Seddon H: Three types of nerve injury. *Brain* 66:237, 1943.
21. Sunderland S: Nerves and nerve injuries. Baltimore, Williams and Wilkins 1968.
22. Seddon Sir H: Surgical disorders of peripheral nerves. Edinburgh, Churchill Livingstone 74, 1975.
23. Gorio A, Millesi H, Mingrio H: Posttraumatic peripheral nerve regeneration. New York, Raven Press 227-286, 1981.
24. Kan JYK, Lozada JL, Goodacre CJ, et al: Endosseous implant placement in conjunction with inferior alveolar nerve transposition: An evaluation of neurosensory disturbance. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12:463-471, 1997.