

# 칼륨이온이 치수내 신경활동에 미치는 영향

전북대학교 치과대학 치과보존학교실\*, 구강생리학교실\*\*

손호현\* · 박수정\*\* · 이광원\*

## 목 차

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

## I. 서 론

치수는 특히 신경분포가 풍부하며 A-(유수신경) 섬유와 C-(무수신경) 섬유의 지배를 받고 있고, 치근단관을 통해 들어온 신경섬유는 치근부에서는 거의 분지하지 않고 치관부에 도달하면서 분지하여 조상아세포층 직하에서 신경총을 형성한다<sup>1)</sup>. 많은 신경 섬유의 말단은 조상아세포층 혹은 전상아질과 상아질의 상아세관내에서 끝나는데, 상아세관에서 끝나는 신경섬유의 대부분은 전상아질이나 상아질쪽에서 100~200 $\mu$ m 이상 들어가지는 않는다<sup>2)</sup>.

치수를 지배하는 유수신경 섬유는 직경이 굵고 전도속도가 빠른(2~30m/sec) 섬유로 A $\delta$ -섬유에 속하며<sup>3,4)</sup>, 주로 치수의 주변부위에 많이 분포하고 있고 반응을 일으키는 역치가 낮으며, 상아질 통각과 관계가 있는데 사람에서는 건강한 치아의 상아질을 자극하면 신체의 다른 부위에서와 같이 예통을 일으키고 자극을 가하는 동안에만 동통이 나타난다<sup>2,5)</sup>. 상아질 통각을 일으키는 기전으로는 유체역학설이 가장 유력시되고 있다<sup>6-8)</sup>. 상아세관 입구의 개방여부가 상아세관내의 액체이동<sup>9)</sup>과 노출된 상아질에 가해지는 여러 자극에 대한 치수신경의 반응에 결정적인 영향을 주는데, 상아질 표면의 산부식치

질삭제로 인한 잔사가 제거되어 상아세관의 입구가 열리므로 치수내 신경섬유의 반응성이 증가한다<sup>10-12)</sup>. 상아질 지각과민이란 상아세관의 입구가 열려 있어서 상아세관내의 액체이동이 용이하여 정상적인 사람에서는 동통을 일으키지 않는 자극에 의해서도 예민하게 반응하는 것을 말하며, 특히 냉자극에 대해 예민한 반응을 보인다<sup>13)</sup>. 이외에 치수염증시에도 염증 매개물질이 신경섬유의 세포막 투과성에 직접 영향을 미치거나, 치수충혈, 혈관의 투과성 증가를 가져와 국소적인 압력변화에 의해 신경섬유 말단의 반응성이 증가하여 노출된 상아질에 가해지는 여러 자극에 대한 반응이 증폭될 수 있다<sup>2)</sup>. 이에 상아세관의 입구를 막거나 치수신경섬유의 활동을 억제하는 용액을 작용시키는 방법이 상아질 지각과민증의 치료에 이용되고 있다<sup>14)</sup>.

치수내 C-섬유는 직경이 가늘고 전도속도가 느린 ( $\leq 2$ m/sec) 무수신경 섬유로<sup>3)</sup>, 감각을 담당하는 구심신경 섬유와 혈관에 분포하는 자율신경 섬유가 있다<sup>6)</sup>. 치수내로 들어가는 무수신경 섬유 대 유수신경 섬유의 비율은 3.6 : 1로 무수신경 섬유가 많으며<sup>15)</sup>, 신경말단이 주로 치수의 중심부에 위치하고, 역치가 높아 치수까지 영향을 미치는 강한 자극에 의해 흥분되고, 사람에서는 둔통을 야기한다<sup>2,5)</sup>. 치수내 무수신경 섬유인 C-섬유는 동통을 전달하는 기능 이외에도 말단에는 substance P, calcitonin gene-related peptide 등의 혈관에 영향을 미치는 펩티드가 들어있어, 동통이 있거나 조직 손상과 같은 자극을 받았을 때 유리되면 치수내 혈관이 확장되어 혈장이 혈관밖으로 빠져나와 염증의 유발에 관계하는 것으로 생각된다<sup>16)</sup>. 또한 치수염증시 혈관 밖으로 빠져나온 혈장은 단단한 경조직에 의해 둘러싸인 치수조직의 내압을 증가시키고 소정맥이 압박되어 혈류량이 감소하면 산소결핍상태가 되지만<sup>17)</sup>, 치수내 C-섬유는

\* 이 논문은 1990년도 문교부지원 한국학술진흥재단의 지방대육성 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

Aδ-섬유보다 산소결핍에 더 잘 견디므로<sup>18)</sup> 치수에 염증이 어느 정도 진행되었을 때 야기되는 동통에 관여하는 것으로 생각되고 있다<sup>9)</sup>.

치수내 신경활동을 기록하는 방법에는 상아질에 와동을 형성한 후 전극을 삽입하여 기록하는 방법과 상악신경이나 하악신경의 가지에서 분리한 단일 치수신경섬유에서 기록하는 방법이 있는데, 전자에서는 A-섬유의 활동만 기록되고<sup>19)</sup>, 후자에서는 C-섬유의 활동도 기록할 수 있다<sup>11)</sup>. 치수내로 들어간 신경섬유는 갈수록 가늘어지므로 신경섬유를 따라서 전도속도가 일정하지 않다. 따라서 신경섬유를 분류할 때는 전도속도 이외에 역치, 기계적 자극, 화학적 자극, 온도자극에 대한 반응 등도 고려해야 한다<sup>20)</sup>.

나트륨이온은 신경섬유의 세포막에 직접 작용하여 흥분시킨다고 알려져 있고<sup>21)</sup>, Orchardson<sup>22)</sup>, Närhi 등<sup>11, 23)</sup>, Bilotto 등<sup>24, 25)</sup>들은 고장성 NaCl 용액내에 있는 나트륨이온이 치수-상아질 경계부에 있는 신경말단 혹은 축삭에 직접 작용하여 이를 흥분시킨다고 보고한 바 있다. KNO<sub>3</sub>는 지각과민 치아에 효과적이긴 하나 치아가 검은 색으로 착색되는 문제점이 있으며<sup>26)</sup>, Markowitz와 Kim<sup>27)</sup>은 C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>K<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, KFHPO<sub>4</sub>가 고농도의 NaCl 용액으로 야기된 치수내 신경활동을 각각 70%, 85% 감소시켰다고 보고한 바 있다. KCl, KHCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, KF 등 칼륨이온을 함유하는 용액은 치수내 신경활동을 유의하게 감소시키는데, 칼륨이온은 그것과 결합한 음이온의 종류에 관계없이 상아질에서 기록한 치수내 신경활동을 가장 효과적으로 억제하며, 그 효과는 가역적이고 치수내 감각신경의 기능에 해를 주지 않는다고 하였다<sup>14, 28)</sup>. Markowitz 등<sup>29)</sup>은 KCl 용액이 하치조신경에서 분리한 단일 치수신경섬유의 활동에 미치는 영향에 대해 보고한 바 있다. 칼슘이온은 신경섬유의 역치를 상승시켜 흥분성을 감소시킨다고 알려져 있는데, Olgart 등<sup>30)</sup>, Trowbridge 등<sup>31)</sup>, Bilotto 등<sup>25)</sup>들은 compound 48/80으로 치수염을 유발시켜 생긴 치수내 신경활동이나 고농도의 NaCl 용액에 의해 유발시킨 치수내 신경활동을 억제하였다고 하였다. 염증매개물질로서 염증반응에 관여하는 히스타민과 브라디키닌은 고양이 치수내에서 Aδ-섬유보다는 C-섬유를 흥분시키며<sup>20)</sup>, 사람 치아에서는 Aδ-섬유가 흥분되었을 때 나타나는 예통과는 다른, 둔통을 야기한다고 보고되

었는데<sup>32)</sup>, 치수내 C-섬유는 대부분의 염증 매개물질과 관련된 동통을 일으키는데 주로 관여할 것이라고 생각되고 있다.

본 실험에서는 고양이의 하치조신경에서 좌측 견치를 지배하는 단일 치수신경섬유를 분리한 후, 전도속도, 전기자극에 대한 역치, 냉자극에 대한 반응을 관찰하여 신경섬유를 분류하고, 심부 상아질에 고농도의 NaCl 용액을 떨어뜨려 유발시킨 치수내 신경활동에 KCl과 그외의 약물이 미치는 영향을 조사하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

체중이 2.0~2.5kg이고 영구치가 모두 맹출한 고양이에게 sodium pentobarbital(30mg/kg)을 정맥내 주사하여 마취시키고, 기도에 캐널을 삽입하였으며, 필요한 경우 마취제(3mg/kg)를 더 투여하기 위해 고정맥에 캐널을 삽입하였다. 저속엔진을 이용하여 좌측 하악골의 하연에서 골조직을 제거하여 하치조신경을 노출시킨 후 전기적 간섭과 신경의 건조방지를 위하여 연조직에 액체파라핀을 채운 풀을 형성하고, 레진과 금속봉을 이용하여 하악을 상악에 고정시켰다. 치아에 약물을 투여하기 위하여 좌측 견치 순면의 치수각 부위에 실온의 생리식염수를 뿌리면서 저속 bur로, 1×2mm<sup>2</sup>의 와동을 형성하였는데, 치수의 붉은 색이 보이는 정도의 깊이로 하였으며 5% 구연산으로 10분간 산부식시켜 도말층을 제거하였다. 하치조신경을 외과현미경(American Optical 회사, model 580)하에서 핀셋으로 박리하였는데, 좌측 견치의 치관을 전기자극하여 단일 치수신경섬유의 반응을 얻을때까지 계속 신경을 분리하였다. 전기자극시 양극은 반대측 입술에 금속 집계를 이용하여 위치시키고, 음극은 직경 1mm의 silver ball electrode를 이용하여 좌측견치의 치관에 위치시켰다. 백금-이리듐 합금 소매전극을 하치조신경에서 분리한 단일 치수신경섬유에 걸쳐 활동전압을 기록하였으며, 기록한 치수내 신경섬유의 활동은 교류증폭기(WPI 회사, model DAM 80)로 10,000배 증폭시켜 오실로스코프(Tektronix 회사, model 5223)상에서 관찰한 후 폴라로이드 카메라(Tektronix 회사, model C-59A)로 화면을 촬영하였다. 좌측 하악 견치의 순면에 형성한 와동에 전기자극기

(Narco회사, model SI-10)를 사용하여 0-10V, 1msec의 rectangular pulse를 가하여 단일 치수신경섬유를 찾아낸 후 전도속도를 구하고, 10msec의 rectangular pulse를 가하여 역치를 구하였다. 실험이 끝난 후 전도속도를 계산하기 위하여 자극부위와 기록부위 사이의 거리를 측정하였다. 냉자극으로는 dichlorodifluoromethane(-78.5°C)에 적신 면구를 치관부에 접촉시켜 신경섬유의 반응양상을 관찰하였다. 실험약물이 치수내 신경활동에 미치는 영향을 관찰하기 위해 생리식염수로 채워진 와동에서 생리식염수를 제거한 후 히스타민 용액, 생리식염수, 4M NaCl용액의 순서로 작용시켰을 때와 히스타민 용액, 실험약물 용액, 4M NaCl 용액의 순서대로 작용시켰을 때, 4M NaCl 용액에 의해 야기된 신경활동을 비교하였다. 실험약물로는 A-섬유의 경우 1M KCl 용액, C-섬유의 경우 5M CaCl<sub>2</sub> 용액을 사용하였으며, 히스타민 용액은 10µg/ml의 농도로 하였으며,

각 용액은 각각 5분간 작용시켰다.

### III. 실험성적

총 15개의 신경섬유중 9개가 Aδ-섬유였고 6개가 C-섬유였으며, 각각의 전도속도와 역치는 Aδ-섬유의 경우 6.3±3.7m/sec, 1.2±0.7V였으며, C-섬유의 경우 1.0±0.2m/sec, 2.3±1.3V였다. 이중 4M NaCl 용액을 심부 상아질에 작용시켰을 때 4개의 Aδ-섬유의 3개의 C-섬유가 반응을 나타내었는데, 용액을 와동에 떨어뜨린 다음 수 초후에 활동전압이 발생하기 시작하여 용액을 작용시키고 있는 동안 계속해서 불규칙으로 발생했으며 용액을 제거하면 반응은 소실되었다(Fig. 1). Aδ-섬유의 경우 냉자극을 가한 즉시 반응하였으며, C-섬유의 경우 자극을 가한 뒤 몇초 지난 후 반응하였다(Fig. 2).

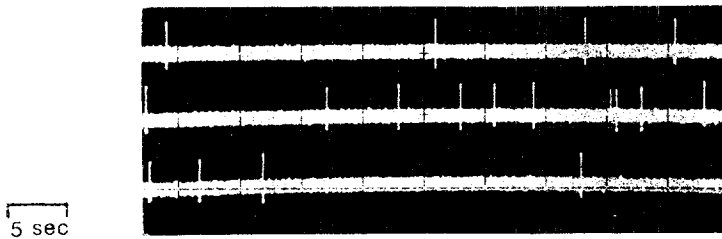


Fig. 1. Response to application of 4M NaCl into a deep dentinal cavity in cat canine tooth. Intradental nerve activity recorded with single pulp nerve fiber unit recording.

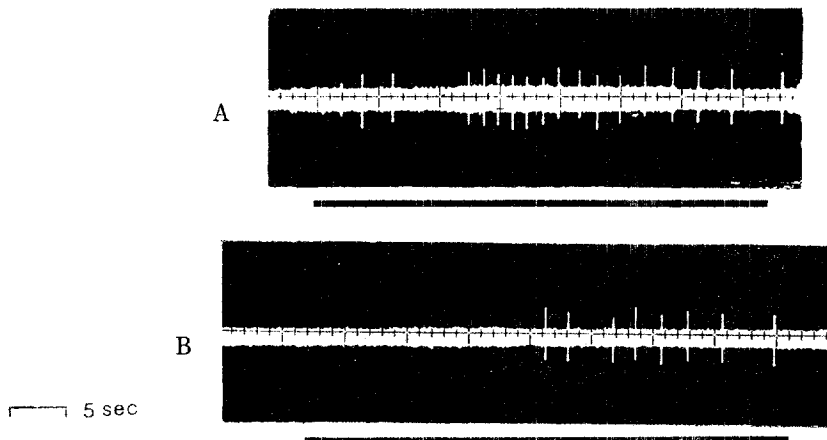


Fig. 2. Activation of a single pulp nerve fiber unit by cooling of deep dentine : (A) Aδ-fiber, (B) C-fiber. The application of stimuli is indicated by the solid horizontal lines.

A $\delta$ -섬유의 경우 4M NaCl용액에 의해 야기된 신경섬유의 활동은 히스타민 용액에 의해 별로 증가되지 않았으며, 히스타민 용액을 작용시키는 동안 한 두개의 활동전압만 발생되었다. 히스타민 용액과 1M KCl용액을 차례로 작용시킨 후 4M NaCl용액을 와동에 떨어뜨렸을 때 A $\delta$ -신경섬유의 활동이 억제되어 활동전압이 거의 발생하지 않았다(Fig. 3).

C-섬유의 경우 4M NaCl용액에 의해 야기된 신경섬유의 활동은 히스타민 용액에 의해 상당히 증가하였는데, 히스타민 용액을 와동에 작용시키는 동안 활동전압이 빈번히 발생되었다(Fig. 4). 히스타민 용액에 의해 반응성이 증가된 C-신경섬유의 활동은 5M CaCl<sub>2</sub>용액에 의해 더욱 더 증가하였다(Fig. 5).

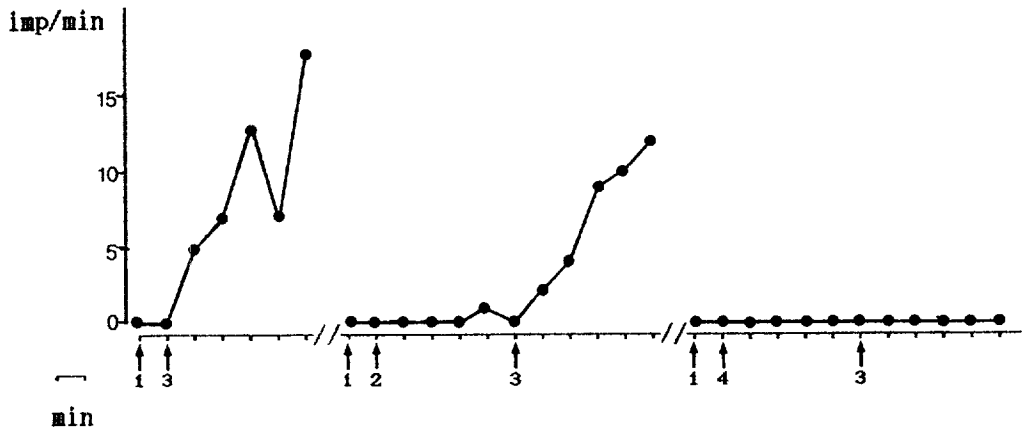


Fig. 3. The effects of histamine and 1M KCl on intradental A $\delta$ -fiber activity(impulses/1 min.) induced by 4M NaCl. Solution changes are indicated by the arrows : (1) isotonic saline solution ; (2) histamine ; (3) 4M NaCl ; (4) 1M KCl.

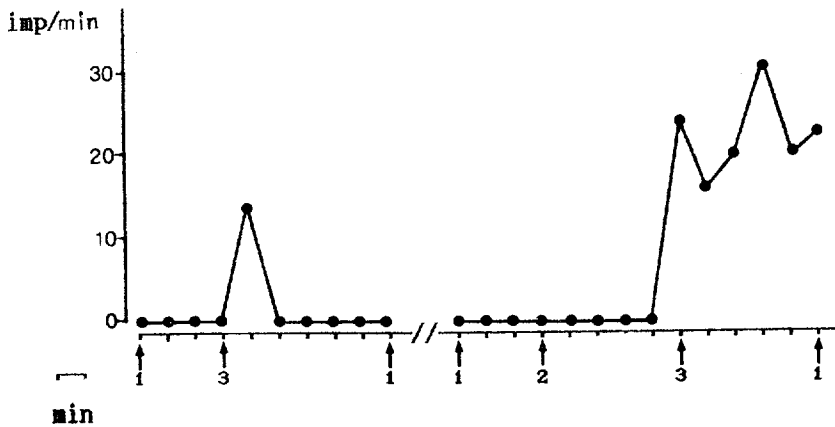


Fig. 4. The effect of histamine on intradental C-fiber activity (impulses/1 min.) induced by 4M NaCl. Solution changes are indicated by the arrows : (1) isotonic saline solution ; (2) histamine ; (3) 4M NaCl.

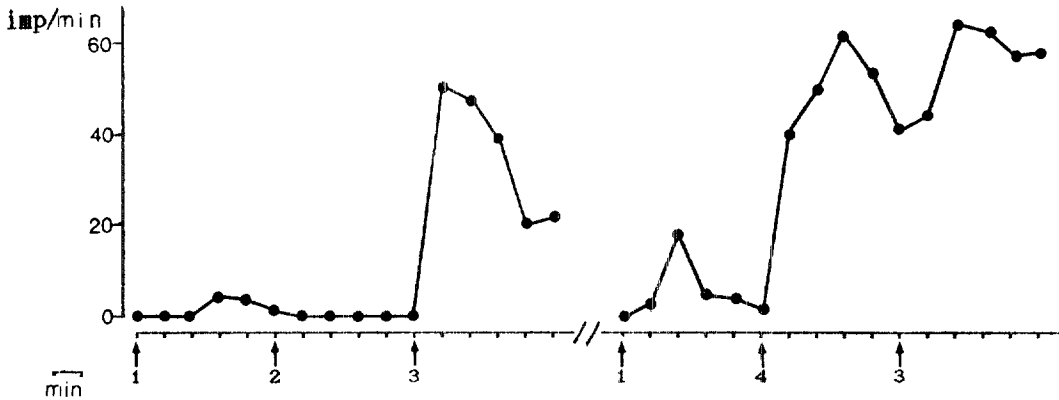


Fig. 5. The effect of 5M  $\text{CaCl}_2$  on intradental C-fiber activity (impulses/1 min) induced by 4M NaCl. Solution changes are indicated by the arrows: (1) histamine; (2) isotonic saline solution; (3) 4M NaCl; (4) 5M  $\text{CaCl}_2$ .

#### IV. 총괄 및 고안

치수에는 유수신경섬유와 무수신경섬유가 분포하고 있는데, 삼차신경의 분지로서 감각을 담당하는 구심신경섬유와 상경신경절에서 나와 치수혈류량을 조절하는 교감신경섬유가 이에 속한다<sup>6)</sup>. 치아는 여러 외부 자극에 대해 반응하여 동통을 야기하므로 정상치아와 치수염이 있는 치아에서 치수내 신경이 흥분되는 기전과 이를 억제시키는 방법이 많이 연구되고 있다.

치수에는 특히 신경분포가 많은데, 상아질 통각의 기전으로는 압축공기를 가하거나, 탐침으로 상아질을 긁거나, bur로 상아질을 삭제하거나, 고농도의 용액을 떨어뜨리거나 혹은 치아에 냉, 온자극을 가하는 등, 노출된 상아질에 가해진 여러 자극에 의해 상아세관내의 액체가 바깥쪽으로는 안쪽으로 이동하면서 치수-상아질 경계부의 치수가 기계적으로 변형되면 이 부위에 있던 신경말단이 흥분하게 되어 동통을 일으킨다는 유체역학설이 널리 받아들여지고 있다<sup>7,8)</sup>. 실험동물에서 상아질 자극시 C-섬유는 반응하지 않는 반면<sup>33)</sup>, A-섬유가 반응한다<sup>11,12)</sup>. 사람에서도 자극부위를 명확히 알 수 있고 지속기간이 짧은 예통이 야기되므로 상아질 통각에 관여하는 것은 주로 Aδ-섬유인 것으로 생각되고 있다<sup>16)</sup>.

상아질 지각과민은 상아세관의 입구가 개방되어 있어 외부 자극에 의해 상아세관내 액체의 이동이 용이하게 일어나거나, 박테리아와 그 산물이 상아세관으로 침투하여 치수조직에 염증을 야기하므로써 치수신경의 외부자극에 대한 반응성을 증가시킨 결과일 것으로 생각되고 있다<sup>32)</sup>.

무수신경섬유인 치수내 C-섬유는 동통 부위를 명확히 알 수 없는 종류의 둔통을 일으키는데, 압력증가와 산소결핍에 대해 A-섬유보다 더 잘 견딘다<sup>2,5)</sup>. 치수염증시 염증 매개물질인 히스타민, 브라디키닌과 같은 물질이 유리되면, 혈관 확장, 혈관의 투과성 증가 등 순환장애와 치수조직압의 증가<sup>34)</sup>를 가져오기 때문에 Aδ-섬유의 흥분전달을 차단하게 되고, C-섬유는 압력과 산소결핍에 대해 더 잘 견딜 수 있으므로 계속 흥분을 전달할 수 있어 기능이 유지되므로, 염증이 진행됨에 따라서 동통의 양상이 점차 변화되는 것을 설명할 수 있다고 하였다<sup>32)</sup>. 염증반응시 유리되는 히스타민과 브라디키닌과 같은 화학물질에 대해 Aδ-섬유는 반응하지 않았으나 C-섬유는 반응하였으며<sup>20)</sup>, 히스타민, 세로토닌, 브라디키닌이 치수내 신경활동에 미치는 영향을 상아질에서 기록, 관찰한 실험에서는 세로토닌만이 치수내 A-섬유의 활동을 야기시켰다<sup>35)</sup>.

세포의 나트륨 농도가 증가하면 신경세포막에 직접

작용하여 흥분성을 증가시킨다고 하였는데<sup>21,22</sup>, 하치조신경에서 분리한 단일 치수신경섬유에서 기록한 Närhi와 Hirvonen<sup>23</sup>의 결과와 본 실험의 결과도 이와 유사하였다.

칼슘이온은 상아질 지각과민을 완화시키는 치약의 성분으로도 사용되고 있는데, Kim<sup>14</sup>은 칼슘이온을 함유하는 용액은 고장성의 NaCl 용액을 상아질 심부에 형성한 와동에 떨어뜨렸을 때 유발되는 치수내 신경활동을 효과적으로 억제하였다고 보고한 바 있고, Markowitz 등<sup>29</sup>은 하치조신경에서 분리한 단일 치수신경섬유의 고농도 NaCl 용액에 대한 반응은 KCl 용액에 의해 크게 약화 혹은 소실되었다고 하였다. 칼슘이온을 상아질에 형성한 와동에 작용시키면 약 15~20초간 높은 빈도의 활동전압이 발생되다가 이어서 치수내 신경활동이 억제되는데, 이 기간 동안에는 신경섬유에 자극을 가하여도 반응하지 않으며 세포의 칼슘이온을 제거하면 신경섬유의 막전압은 정상으로 돌아오고 신경섬유의 흥분성은 회복되는데, 그 기전으로는 신경섬유의 안정막 전압은 약 -90 mV이며 세포의 칼슘이온 농도를 증가시키면 탈분극하여 역치에 도달하면 활동전압이 발생하기 시작하는데 막전압이 계속 탈분극 상태에 있으면 활동전압을 일으키는데 관여하는 이온통로가 비활성화되어 활동전압발생이 중단되기 때문일 것이라고 하였다<sup>14,30</sup>. 본 실험에서는 KCl 용액을 작용시키기 전에는 고장성의 NaCl 용액에 의해 활동전압이 유발되었으나 5분간 작용시킨 후에는 활동전압이 발생되지 않았는데, 이는 위와같이 세포의 칼슘이온 농도가 증가한 결과 막이 계속 탈분극 상태에 있으면 활동전압을 일으키는데 필요한 역치자극강도가 상승하여 신경섬유의 흥분성이 감소한 결과일 것으로 생각되며, 점진적인 세포막의 저분극에 의해 세포막의 흥분성이 감소하여 활동전압을 일으키는 데 필요한 역치가 증가하는 현상을 순응이라 한다<sup>37</sup>.

성호경 등<sup>37</sup>은 칼슘이온, 마그네슘이온, 스트론튬이온과 같은 2가 양이온은 신경세포막의 전기적 특성에 중요한 역할을 하며, 이들은 세포막 표면에 존재하는 음하전과 결합하여 막전압 자체는 변화가 없어도 세포막 양쪽에 걸리는 전압차는 원래보다 더 강조되어 나타나서 막전압을 탈분극 시키는데 더 큰 전류가 필요하므로 세포의 칼슘이온농도가 증가하면 신경이나 근육 세포막의 역치가 상승한다고

하였다. 칼슘이온에 의해 열자극으로 야기된 치수내 신경활동이 억제되고<sup>30</sup>, 2가 양이온 용액은 3M NaCl 용액에 의해 야기된 치수내 신경활동을 억제하였다고 보고된 바 있다<sup>25,36</sup>. Närhi와 Hirvonen<sup>23</sup>의 결과에서 표층 혹은 심부 상아질에 고농도의 CaCl<sub>2</sub> 용액을 투여한 즉시 몇 개의 활동전압만이 발생하였고 대개 반응의 지속기간이 짧았으며, CaCl<sub>2</sub> 용액을 노출된 치수에 가했을 때 치수신경을 흥분시키지 않은 점으로 볼 때 용액 내에 있는 칼슘이온은 신경말단에 직접 작용할만큼 빠른 속도로 확산할 수 없다고 하였으므로, 본 실험에서는 치수의 붉은 색이 보일 정도로 노출되었거나 혹은 점상으로 노출되었을 때 사용되는 칼슘제제의 성분인 칼슘이온이 치수내 신경섬유에 미치는 영향을 알아보기 위해, 충분한 칼슘이온이 치수내로 확산될 수 있도록 고농도의 CaCl<sub>2</sub> 용액을 사용하였는데, 5M CaCl<sub>2</sub> 용액을 심부 상아질에 작용시킨 결과, 예상과는 달리 CaCl<sub>2</sub> 용액을 작용시키는 동안 신경섬유에서는 활동전압이 높은 빈도로 계속 발생되었고, 4M NaCl 용액에 의해 야기된 C-섬유의 활동을 오히려 증가시켰다. 이는 히스타민에 의해 C-섬유의 흥분성이 증가하여 역치가 감소했거나, CaCl<sub>2</sub> 용액의 높은 삼투질 농도에 의해 신경이 흥분되었기 때문이라고 사료된다.

염증 매개물질은 유해수용기에 직접 작용하거나 국소적인 순환, 혈관투과성을 변화시킴으로써 신경섬유말단의 주위환경을 변화시켜, 염증이 신경의 흥분성이 증가되므로 상아질 자극에 대한 역치를 감소시킬 것이라고 하였는데<sup>2,38,39</sup>, 4M NaCl 용액에 의해 유발된 Aδ-섬유의 활동에는 별로 영향을 미치지 않았으나 C-섬유의 활동은 상당히 증가시켰다. 세로토닌은 Aδ-섬유만 흥분시키고<sup>35</sup>, 브라디키닌과 히스타민은 C-섬유를 흥분시켰다는 보고<sup>20</sup>와 본 실험결과로 미루어 볼 때 염증이 관여하는 Aδ-섬유와 C-섬유의 기능이 서로 다르리라고 사료된다.

## V. 결 론

고양이의 하치조신경에서 좌측전치를 지배하는 단일 치수신경섬유를 분리한 후, 심부상아질에 4M NaCl 용액을 작용시켜 유발된 치수내 신경활동에 여러 약물이 미치는 영향을 관찰한 결과 다음과 같은

결론을 얻었다.

1. 총 15개의 신경섬유중 A $\delta$ -섬유가 9개, C-섬유가 6개였으며 각각의 전도속도와 역치는 A $\delta$ -섬유의 경우  $6.3 \pm 3.7$ m/sec,  $1.2 \pm 0.7$ V였으며, C-섬유의 경우  $1.0 \pm 0.2$ m/sec,  $2.3 \pm 1.3$ V였다. 냉자극을 치아에 가한 결과 A $\delta$ -섬유에서는 즉시 반응을 나타내었으며, C-섬유는 잠복기후에 반응을 나타내었다.
2. 4M NaCl용액을 심부상아질에 형성한 와동에 작용시킨 결과 4개의 A $\delta$ -섬유와 3개의 C-섬유가 반응하였는데, 용액을 와동에 작용시키는 동안 활동전압이 불규칙적으로 계속 발생하였으며 용액을 제거하면 중단되었다.
3. A $\delta$ -섬유의 경우 4M NaCl 용액에 의해 야기된 신경섬유의 활동은 히스타민에 의해 증가되지 않았으며, 이는 1M KCl 용액에 의해 억제되었다.
4. C-섬유의 경우 4M NaCl 용액에 의해 야기된 신경섬유의 활동은 히스타민에 의해 상당히 증가되었으며, 이는 5M CaCl<sub>2</sub> 용액에 의해 억제되지 않았다.

### 참 고 문 헌

1. Byers M. R. : Dental sensory receptors. *Int. Rev. Neurobiol.* 25 : 39-93, 1984.
2. Trowbridge H. O. : Review of dental pain-histology and physiology. *J. Endodont.* 12 : 445-452, 1986.
3. Närhi M. V. O., Virtanen A., Huopaniemi T. and Hirvonen T. J. : Conduction velocities of single pulp nerve units in the cat. *Acta Physiol. Scand.* 116 : 209-213, 1982.
4. Virtanen A., Närhi M. V. O., Huopaniemi T. and Hirvonen T. J. : Thresholds of intradental A- and C- nerve fibres in the cat to electrical current pulses of different duration. *Acta Physiol. Scand.* 119 : 393-398, 1983.
5. Trowbridge H. O. : Intradental sensory units : Physiological and clinical aspects. *J. Endodont.* 11 : 489-498, 1985.
6. Anderson D. J., Hannam A. G. and Matthews B. : Sensory mechanisms in mammalian teeth

- and their supporting structures. *Physiol. Rev.* 50 : 171-185, 1970.
7. Brännström M. : Sensitivity of dentine. *Oral Surg.* 21 : 517-526, 1966.
8. Brännström M. and Aström A. : The hydrodynamics of the dentine : its possible relationship to dental pain. *Int. Dent. J.* 22 : 219-227, 1972.
9. Pashley D. H., Livingston M. J., Reeder O. W. and Horner J. : Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. *Archs. Oral Biol.* 23 : 1127-1133, 1978.
10. Hirvonen T. J., Närhi M. V. O. and Hakumäki M. O. K. : The excitability of dog pulp nerves in relation to the condition of dentine surface. *J. Endodont.* 10 : 294-298, 1984.
11. Närhi M. V. O., Hirvonen T. J. and Hakumäki M. O. K. : Activation of intradental nerves in the dog to some stimuli applied to the dentine. *Archs. Oral Biol.* 27 : 1053-1058, 1982.
12. Närhi M. V. O., Hirvonen T. J. and Hakumäki M. O. K. : Responses of intradental nerve fibres to stimulation of dentine and pulp. *Acta Physiol. Scand.* 115 : 173-178, 1982.
13. Trowbridge H. O. : Tooth sensitivity : origin and treatment. *J. Dent. Res.* 70(Spec. Iss.) : 451(Abstract No. 1482), 1991.
14. Kim S. : Hypersensitive teeth : desensitization of pulpal sensory nerves. *J. Endodont.* 12 : 482-485, 1986.
15. Johnsen D. C., Harshbarger J. and Rymer H. D. : Quantitative assessment of neural development in human premolars. *Anat. Rec.* 205 : 421-429, 1983.
16. Olgart L. : Local mechanisms in dental pain. In Beers R. F. Jr. and Bassett E. G. (eds) : Mechanisms of pain and analgesic compounds. New York, Raven Press, pp. 285-294, 1979.
17. Kim S. : Regulation of pulpal blood flow. *J. Dent. Res.* 64(Spec. Iss.) : 590-596, 1985.
18. Jyväsjärvi E., Närhi M. V. O., Virtanen A. and

- Huopaniemi T. : Differential blockade of intradental A- $\delta$  fibers by ischemia. *J. Dent. Res.* 62(Spec. Iss.) : 496(Abstract No. 135), 1983.
19. Haegerstam G. : The origin of impulses recorded from dentinal cavities in the tooth of the cat. *Acta Physiol. Scand.* 97 : 121-128, 1976.
  20. Närhi M. V. O. : The characteristics of intradental sensory units and their responses to stimulation. *J. Dent. Res.* 64(Spec. Iss.) : 564-571, 1985.
  21. Orchardson R. : The generation of nerve impulses in mammalian axons by changing the concentrations of the normal constituents of extracellular fluid. *J. Physiol.* 275 : 177-189, 1978.
  22. Orchardson R. : An electrophysiological investigation of the sensitivity of intradental nerves in the cat to changes in the ionic composition of extracellular fluid. *Archs. Oral Biol.* 23 : 471-475, 1978.
  23. Närhi M. V. O. and Hirvonen T. J. : The response of dog intradental nerves to hypertonic solutions of CaCl<sub>2</sub> and NaCl and other stimuli, applied to exposed dentine. *Archs. Oral Biol.* 32 : 781-786, 1987.
  24. Bilotto G., Markowitz K. and Kim S. : Experimental procedures to test the efficacy of chemical agents in altering intradental nerve activity. *J. Endodont.* 13 : 458-465, 1987.
  25. Bilotto G., Markowitz K. and Kim S. : Effects of ionic and non-ionic solutions on intradental nerve activity in the cat. *Pain* 32 : 231-238, 1988.
  26. Addy M. and Dowell P. : Dentine hypersensitivity - a review. Clinical and in vitro evaluation of treatment agents. *J. Periodontol.* 10 : 351-363, 1983.
  27. Markowitz K. and Kim S. : The effects of various ionic solutions on pulpal nerve sensitivity. *J. Dent. Res.* 64 : 309(Abstract No. 1213), 1985.
  28. Markowitz K. and Kim S. : Hypersensitive teeth : experimental studies of dentinal desensitizing agents. *Dent. Clin. North Am.* 34 : 491-501, 1990.
  29. Markowitz K., Närhi M. V. O., Ngassapa D. and Kim S. : The effect of KCl on intradental nerve activity evoked by hypertonic NaCl solution and natural stimuli. *J. Dent. Res.* 70 : 295(Abstract No. 1492), 1990.
  30. Olgart L., Haegerstam G. and Edwall L. : The effect of extracellular calcium on thermal excitability of the sensory units in the tooth of the cat. *Acta Physiol. Scand.* 91 : 116-122, 1974.
  31. Trowbridge H. O., Edwall L. and Panopoulos P. : Effect of zinc oxide-eugenol and calcium hydroxide on intradental nerve activity. *J. Endodont.* 8 : 403-406, 1982.
  32. Olgart L. : Pain research using feline teeth. *J. Endodont.* 12 : 458-461, 1986.
  33. Närhi M. V. O. and Haegerstam G. : Intradental nerve activity induced by reduced pressure applied to exposed dentine in the cat. *Acta Physiol. Scand.* 119 : 381-386, 1983.
  34. Stenvik A., Iversen J. and Mjör I. A. : Tissue pressure and histology of normal and inflamed tooth pulps in Macaque monkeys. *Archs. Oral Biol.* 17 : 1501-1511, 1972.
  35. Olgart L. : Excitation of intradental sensory units by pharmacological agents. *Acta Physiol. Scand.* 92 : 48-55, 1974.
  36. Markowitz K., Bilotto G. and Kim S. : Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Archs. Oral Biol.* 36 : 1-7, 1991.
  37. 성호경, 김기환, 엄응의, 김전, 이종훈, 김중수 : 생리학, 의학문화사, 서울, pp. 36, 1989.
  38. Ahlberg K. F. : Influence of local noxious heat stimulation on sensory nerve activity in feline dental pulp. *Acta Physiol. Scand.* 103 : 71-80, 1978.
  39. Närhi M. V. O. and Hirvonen T. J. : Functional changes in cat pulp nerve activity after thermal and mechanical injury of the pulp. *Proc. Finn. Dent. Soc.* 79 : 162-167, 1983.



## EFFECT OF POTASSIUM ION ON INTRADENTAL NERVE ACTIVITY

Ho Hyun Son\*, Soo Joung Park\*\*, Kwang Won Lee\*

*Depts. of Conservative Dentistry\* and Oral Physiology\*\*  
College of Dentistry, Chonbuk National University*

The intradental nerve activity was recorded from single pulp nerve unit dissected from the inferior alveolar nerve in canine teeth of anesthetized cats. The effects of various test solutions on intradental nerve activity evoked by 4M NaCl applied to the deep dentinal cavities were investigated.

1. Total 15 single pulp nerve units were recorded. Of these 9 were A $\delta$  - fibers and 6 were C -fibers. The mean conduction velocity and electrical threshold of A $\delta$  - fiber were  $6.3 \pm 3.7$ m/sec,  $1.2 \pm 0.7$ V and those of C - fiber were  $1.0 \pm 0.2$ m/sec,  $2.3 \pm 1.3$ V, respectively. The response to cold stimuli of A $\delta$  - fiber began immediately and that of C - fiber began after a latency.
2. When applied to deep dentinal cavity, 4M NaCl induced irregular bursts of action potential in 4 A $\delta$  - fibers and 3 C - fibers, which continued until the solution was washed away.
3. In the A $\delta$  - fiber, histamine failed to induce any nerve activity and did not produce an increase in intradental nerve activity evoked by 4M NaCl. However following the application of 1M KCl, the response to 4M NaCl was eliminated.
4. In the C - fiber, histamine generated some nerve activity and produced a significant increase in intradental nerve activity evoked by 4M NaCl, but 5M CaCl<sub>2</sub> did not abolish this enhanced response.