歯髄神経の反応パターン

須田英明・砂川光宏*

Response pattern of intradental nerves
Hideaki Suda・Mitsuhiro Sunakawa*

歯髄にはいろいろな太さ、伝導速度をもつ有髄あるいは無髄の神経線維が存在している。このうち求心性神経線維については、異なる太さの線維がそれぞれ異なる感覚情報を中枢へ伝えと考えられるので、それらの神経線維が生体の内外からの刺激に対し、どのようなパターンで反応するかにより歯髄から生ずる感覚の種類と性質が定まるものと思われる。今回、われわれは、これらの歯髄内神経線維が正常時および炎症時にどのようなパターンで反応するかを、動物実験により、神経線維の伝導速度との関連において検討を加えた。

方 法

実験には成熟したネコの犬歯を用いた。麻酔には Nembutal® を初回量 42 mg/kg 腹腔内に投与し、その後、必要に応じて伏在静脈に確保したカニューレから同薬剤を 3 mg/kg ずつ追加投与した。動物の頭部固定および顎間固定を行ったのち下顎犬歯を 30% 正リン酸で 30 秒間エッチングし、その先端にアクリル製のキャップを歯科用レジンにて装着した。このキャップには歯に温度刺激を与えるために 2 本のチューブを取り付け、所定の温度に加温または冷却したリンゲル液を流せるようにした。また、歯に機械的刺激を加えるためキャップで唇側には窓を設けた。同時に、このキャップには銀線を Ag/AgCl 泥にて充填固定した歯頂側電極を取り付け、歯頸部に設定した同様の電極とともに歯牙電極とし、記録あるいは刺激電極として使用した。

実験歯と同側の下歯槽神経は周囲組織から分離したのち、できるだけ中枢側で切断して流動パラフィンのブロックの中に置いた。歯髄に分布する神経線維は歯に電気刺激を加えつつ、双眼実体顕微鏡下で機能的単一神経線維となるまで下歯槽神経の中から分離した。図 1 に実験の概要を模式図で示した。

犬歯には下記の条件にて各種刺激を加えた。

① 電気刺激：下歯槽神経の中から犬歯に分布する単

図 1

一歯髄神経を分離するために歯に加える電気刺激は電流の周囲組織への漏洩を考慮し、1 mA, 1 ms の矩形波を用いた¹⁾。

② 温度刺激：所定の温度に加温または冷却したリンゲル液により与えた。温熱刺激としては、50°C の加熱リンゲル液を 5 秒間適用した。冷熱刺激としては、10°C に冷却したリンゲル液を同じく 5 秒間歯に流した。また温熱刺激と冷熱刺激の複合刺激として、30-40-50-40-30-20-10-20-30°C と各 2 秒間ずつ変化する階段状の温度刺激を加えた。

③ 機械的刺激：①犬歯先端をリンゲル浴中で歯科用電気エンジンを用いてバーで削除した。②30%正リン酸で 30 秒間エッチングした象牙質断面をガラス製のプローブで触れた。

④ 象牙質断面の乾燥：象牙質断面を気銃または tissue paper の小球で乾燥させた。

歯髄に炎症を惹起させるためにはリンゲル液に溶解した compound 48/80 (3 mg/ml) を象牙質断面に 30~60 分間作用させた。

結 果

(1) 正常歯髄における歯髄神経の反応様式

① 温度刺激に対する反応

温度刺激に対して反応する歯髄神経はつぎの 2 群に大別できた。

①歯の冷却に対して短潜時(ときに 150 ms)で活発に反応するもので、分離した 264 の歯髄神経(伝導速度; 0.6~45.2 m/s)のうち 88 個がこの群に属していた。こ

* Department of Endodontics, Faculty of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University 東京医
科歯科大学歯学部第三歯科保存学教室

図2 Compound 48/80の投与により発生した10分ごとのスパイク数(対数)

図3 Compound 48/80の投与と歯髄神経からの自発放電の発生。自発放電が認められたものを黒の部分で示した。

これらの伝導速度は 27.3 ± 9.6 m/s (mean $\pm$ SD) であった。また、この群のユニットは温熱刺激に対しても一過性の on-response または off-response を示すことがしばしば認められた。

⑩歯の加熱に対して長い潜時(ときに 1.0 s)で活発に反応するもので、264の歯髄神経のうち20個がこの群に属していた。この群のユニットの伝導速度は遅く、 7.1 ± 9.2 m/s (mean $\pm$ SD) であった。これらのユニッ

トが冷熱刺激に対して反応することはまれであった。

② 機械的刺激および象牙質削面の乾燥に対する反応
歯の冷却に対して短潜時で活発に反応するユニットは歯の切削や象牙質削面のプロービングあるいは乾燥といった刺激にも反応するものが多く、33個のユニットのうち21個がこれらの少なくともいずれか1つの刺激に反応した。これとは反対に、歯の温熱刺激に対してよく反応するユニットおよび温度刺激に対してまったく反応しないユニットは、これらの刺激に反応するものが少なく、61個のユニットのうち6個しか反応しなかった。

(2) 炎症歯髄における歯髄神経の反応様式

歯髄が正常状態にあるときには自発放電を示す歯髄神経は認められなかったが、histamine releaser である Compound 48/80 を象牙質削面に作用させると5~15分後には活発な自発放電が歯牙電極から記録できた。また、この自発放電は40~60分で定常レベルに達した(図2)。歯牙電極から記録した自発放電が定常状態に達したのちに下歯槽神経から歯髄神経を分離したところ、全116個のユニットのうち23個(19.8%)に自発放電が認められた。これらを伝導速度の面からみると、8.0 m/s未満の伝導速度の遅いユニットでは23個中8個(34.8%)に自発放電を認めたが、8.0 m/s以上の伝導速度をもつものでは93個のうち15個(16.1%)にしか自発放電が認められなかった(図3)。

考 察

ネコの犬歯を温度的に刺激すると歯髄神経は、その反応のしかたから3つのグループに分類できることが確認された。すなわち、おもに冷熱刺激に対して短潜時で活発に反応する群、もっぱら温熱刺激に対して長い潜時で反応する群、および本実験で加えた $10\sim 50^{\circ}\text{C}$ の温度刺激ではまったく反応しない群である。これらのうち冷熱

刺激に対してよく反応するものは他の機械的刺激や象牙質削面の乾燥といった刺激に対しても反応するものが多いので、おそらく象牙細管内容液の移動に伴って反応する機械的受容器と考えられる。これに対し、温熱刺激に対して長い潜時で活発に反応するものは他の刺激形態に対しては反応性に乏しいことが明らかになった。これらのユニットは、いわゆる hydrodynamic theory には従わないで反応するものと思われる。compound 48/80 は強力な histamine releaser であり、組織中の肥満細胞に脱顆粒を生じさせることが知られている。ヒト²⁾あるいはイヌ³⁾では歯髄内に肥満細胞が存在することが報告されており、おそらくネコの歯髄においても同様の機序により炎症反応が惹起されるものと思われる。炎症状態に陥った歯髄からは著しい自発放電が記録されたが、炎症時に自発放電を示すユニットを伝導速度の面からみると、伝導速度の遅いもののほうが速いものよりも数多く反応する傾向があった。このことは歯髄炎のときに生ず

る感覚の性質を示唆するものとして興味深い。また、伝導速度の速いユニットは象牙細管内容液の移動により興奮すると考えられるので、炎症のために生ずる歯髄内圧の変化によって二次的に反応する可能性がある。

文 献

- 1) Cadden, S.W., Lisney, S.J.W., Matthews, B.: What electrical stimuli are required to excite A δ and C- fibres in cat canine tooth-pulp? Neuroscience Letters Suppl. 5: s374, 1980.
- 2) Farnoush, A.: Mast cells in human dental pulp. J. Endodontics 10: 250-252, 1984.
- 3) Sulzmann, R.: Beiträge zur Histologie der Zahnpulpa. II. Licht- und elektronenmikroskopische Darstellung von Plasmazellen und Gewebsmastzellen in permanenten monoradikulären Hundezähne. Anat. Anz. 19: 202-208, 1966.