脊髄神経前根内の無髄線維について

山口大学整形外科

木村 光 浩・河 合 伸 也
斉 鹿 稔・富 永 俊 克
豊 田 耕一郎・奥 田 昌 之
勝 部 浩 介

Unmyelinated Fibers in the Ventral Root

by

Mitsuhiro Kimura, Shinya Kawai, Minoru Saika,
Toshikatsu Tominaga, Kouichirou Toyoda, Masayuki Okuda
and Kousuke Katsube

Department of Orthopedic Surgery,
Yamaguchi University, School of Medicine

Since the time of Bell and Magendie, it has generally been accepted that the dorsal root contains sensory axons and the ventral root contains motor axons. But a few unmyelinated fibers have also been noted in the ventral root in electron microscopic studies, and they have proved to be afferent.

The present study demonstrated the number of unmyelinated fibers and the occurrence of nerve fibers possessing calcitonin gene-related peptide (CGRP) immunoreactivity in the mouse C7 ventral root. Electron microscopic analysis showed that 13% of all axons, 124, were unmyelinated, and gradually reduced near the spinal cord. In immunohistochemistry, CGRP-positive fibers with many varicosities entered the ventral pia mater, but did not enter the CNS directly through this root.

These observations suggest that the ventral pial afferents may, at least partly, reach the pia via ventral roots, and may be mediators of pain sensation. Furthermore, CGRP immunoreactive fibers are related to, not only sensory mechanisms, but also other functions in the ventral roots.

は じ め に

脊髄神経は、Bell-Magendie の法則で知られているように、前根は遠心性、後根は求心性で、特に前根は3種類の有髄線維、大型の α -Motoneuron、中型の γ -Motoneuron、および小型の自律神経節前線維のみで構成されと考えられていたが、実際には前根にも求心性線維が存在し¹⁾、それらが無髄である事が知られてきた²⁾。今回我々は、脊髄神経前根内の無髄線維について調べ、その機能を考える上での若干の所見を得たので、文献的考察を加えて報告する。

対象及び方法

対象は8週齢マウスの第7頸髄神経前根とし、電子顕微鏡にて無髄線維の分布とその割合について、免疫組織化学的方法にて calcitonin gene-related peptide 陽性線維の走行及び形態学的特徴について観察した。

結 果

電顕用切片は後根神経節の異なる3部位、末梢、中央、中枢にて作成した。末梢部において前根は、線維性の septum によって2本に分けられていたが、中央および中枢部では septum は消失し、1本の神経束と

なり、さらに、末梢では前根内に存在しなかった血管が認められた。無髄線維は有髄線維の間で非常に小さい schwann 細胞と共に存在し 1 個の schwann 細胞に数本の線維が包まれていた。無髄線維の直径は、 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ で軸索内には神経細管と神経細線維が認められた。

無髄線維内の分泌顆粒は、約 100 nm で大型のものと、約 50 nm で小型のものの 2 種類が存在し、顆粒を持たない部位が schwann 細胞に包まれているのに対し、顆粒を含む部位は開放されていた(図 1)。このことより、顆粒が開放部分より直接分泌されている可能性が高いと思われる。前根内の血管の周囲には明かな無髄線維の像を認めることはできなかった。

無髄線維の数は末梢では、124 本で全線維の 13 % を占めていたが、脊髄に近づくにつれて、64 本、さらに 31 本と顕著に減少していた。分布に関してはいずれの部位においても明かな局在は認められなかった。

次に免疫組織化学的方法についてであるが、calcitonin gene-related peptide は、37 個のアミノ酸よりなり中枢及び末梢神経系に広く認められ、後根神経節においては substance P と共存しており、痛覚に関与すると考えられている。さらに前角細胞にも存在すること、強い血管拡張作用を持つことなどが知られている³⁾。後角においては免疫反応陽性線維が、Lamina I および II に密に認められるが、陽性細胞は認めなかった。後根神経節においては中型、小型の細胞がいずれも染色され、前角細胞も CGRP 免疫陽性であった。

前根内での陽性線維は、形態学的に細く、約 $1 \mu\text{m}$ の varicosity が密に存在し、前根と脊髄の移行部に達しているが、直接脊髄内には入らず、脊髄表面を走行していた。また、前角細胞より前根へ向かう陽性線維は

図 1 無髄線維の電子顕微鏡所見

認めなかった(図 2)。脊髄軟膜上にも、varicosity を持つ同様の細い線維を認め、腹側に比べ背側で密であった。また、前根内に認められた血管周囲にも、同様の Varicosity を持つ線維が認められた。

図 2 前根内の CGRP 免疫陽性線維
SC : Spinal Cord
VR : Ventral Root

考 察

前根内の無髄線維の走行について、これまでの報告では、前根を経由して直接脊髄にいたるもの、後根の知覚線維が分岐したもの、軟膜への知覚線維、ループするものの 5 種類が考えられ、その割合は、一部が軟膜への線維で、ほとんどはループする線維だと言われている²⁾。今回の実験では軟膜への無髄線維は認めたものの、脊髄に直接入る線維と明らかにループする線維は認められなかった。しかし、脊髄に近づくにつれて無髄線維の数が減少することからループする線維の存在が示唆される。

無髄線維上に多く認められた Varicosity は、分泌顆粒を含む部位と考えられ、CGRP を含む知覚神経末梢枝が軟膜の痛覚を受容し、その情報を中枢に送るのみならず知覚神経末梢端より何らかのメカニズムで遊離され、血管拡張等の作用を発揮すると思われた。

ま と め

マウス第 7 頸髄神経前根には、後根と合流する直前で、約 13 % の無髄線維が存在していたが、その割合は脊髄に近づくにつれて減少していた。CGRP 免疫反応陽性線維は、脊髄軟膜および前根内血管周囲に認められたが、直接脊髄に入るものは認めなかった。

Varicosity の存在は, CGRP 分泌による前根内での神経活動への影響を示唆している。前根内の無髄線維は神経根症の病態に何らかの関係があると思われる。

参 考 文 献

- 1) Coggeshall, R. E. et al. : Unmyelinated fibers in the ventral root. Brain Res. 57 : 229-233 1973.
- 2) Habler, H. J. et al. : A quantitative study of the central projection patterns of unmyelinated ventral root afferents in the cat. J. Physiol. 422, 265-287, 1990.
- 3) Ishida-Yamamoto A. et al. : Calcitonin gene-related peptide in the nervous tissue. Progress in Neurobiol. 33 : 335-386, 1989.
- 4) Kato, M. et al. : Sensory neurons in the spinal ventral roots of the cat. Brain Res. 7 : 479-482, 1968.

~~~~~