

神経インパルスの可視化に関する研究

尾崎 勇*

青森県立保健大学

Key Words: ①magnetic field ② nerve impulse ③ conduction velocity ④ median nerve stimulation ⑤ action potential length

I. はじめに

末梢神経インパルスの伝導速度や空間的特徴は、カエルやネコなどの動物実験では詳細が知られているものの、ヒトでは侵襲的な計測が困難なため未だ明らかでない部分が多い。本研究では腕神経叢を伝播する活動電位を電位と磁場の両方の面から解析することで、神経インパルスの時間的・空間的プロフィールを可視化することを目的とした。

II. 目的

健常人を対象に、刺激にともなう末梢神経～脊髄の活動を電位と磁場の両方の面から解析することで、神経インパルスの伝導速度や活動電位の空間的な長さを可視化することを目的とする。

III. 研究の経過

東京医科歯科大学先端技術応用医学センターにおいて電位と磁場の計測を行った。健常者 3 名を対象に手関節部で右正中神経を弱電気刺激し右前頸部から鎖骨部にかけての領域に 12 個の表面電極を格子状に貼付し誘発電位を記録した。測定された電位から経時的な空間電位分布を補間計算し、単純 X 線正面像に重ね合わせ表示した。磁場測定は 132ch 超伝導量子干渉素子磁束計を用いて測定した。測定された磁場信号から空間フィルター法を用いて電流分布を計算し、また神経走行に沿って仮想電極を設定し、各部位での等価電流波形・電位波形を求めた。

IV. 結果

仮想電極における電流波形と仮想電極近傍の電位波形の比較から、腕神経叢部のインパルス伝導の時間的・空間的特徴を認めることができた。伝導速度と活動電位長の平均(n=3)はそれぞれ磁場にもとづく電流計測で 85.8 m/s, 437 mm, 電位計測で 81.6 m/s, 414 mm と概ね一致していた。

V. 考察

腕神経叢を伝播するインパルスの伝導速度は平均 82-86m/s で、この値は(混合神経である)筋皮神経の腋窩刺激で針電極により C5 あるいは C6 神経根近傍から記録された既報告 80-81m/s に合致する結果であった。ネコでは軸索径は最大 20 μ m で伝導速度は 120m/s といわれているが、ヒトでは直径 15 μ m を超えることはほとんどなく、最大の直径が 14 μ m とすると 6 倍した伝導速度 84m/s は今回の実測値に概ね合致する。また本研究では多チャンネルで腕神経叢部の電位と磁場の両面から活動電位を記録・解析した結果、活動電位の長さ約 400mm の値を得ることができた。今後、前腕部あるいは上腕部でのインパルス記録・解析により長い距離を伝播する際の時間的分散についての情報が得られるだろう。磁場計測は電位計測に比べて検査が簡便でかつ侵襲がなく、空間分解能も高いことから、今後臨床応用に有用であると考えられる。

*連絡先：〒030-8505 青森市浜館間瀬 58-1 E-mail: isamu@auhw.ac.jp

VI. 発表

1. Akaza M, Kawabata S, Ozaki I, Hasegawa Y, Watanabe T, Adachi Y, Sumi Y, Yokota T Magnetic recordings of sensory action currents in the cervical cord. *Clinical Neurophysiology* 129(Suppl) e44 2018 年
2. Watanabe T, Kawabata S, Akaza M, Ozaki I, Sasaki T, Ushio S, Sekihara K, Adachi Y, Okawa A Visualization of nerve impulse traveling along the brachial plexus after ulnar nerve stimulation using 132ch SQUID magnetoneurography system. *Clinical Neurophysiology* 129(5) e43. doi:10.1016/j.clinph.2018.02.119.
3. 渡部泰士, 川端茂徳, 赤座実穂, 尾崎 勇, 牛尾修太, 佐々木 亨, 長谷川由貴, 足立善昭, 関原謙介, 大川 淳. SQUID 磁束計による尺骨神経刺激後の腕神経叢部における神経活動電流の可視化. 第 91 回日本整形外科学会 2018 年 5 月
4. 佐々木亨, 川端茂徳, 藤田浩司, 星野優子, 関原謙介, 赤座実穂, 尾崎 勇, 足立善昭, 渡部泰士, 長谷川由貴, 大川 淳神経活動磁界による手根管部における神経活動電流の可視化. 第 91 回日本整形外科学会 2018 年 5 月
5. 佐々木 亨, 川端 茂徳, 藤田 浩二, 星野 優子, 関原 謙介, 赤座 実穂, 尾崎 勇, 足立 善昭, 渡部 泰士, 長谷川由貴, 佐藤 慎司, 三谷 悠貴, 金 碩燦, 大川 淳指神経刺激による正中神経活動磁界計測を用いた手根管症候群の診断. 第 48 回 日本臨床神経生理学会 2018 年 11 月
6. 佐々木 亨, 川端 茂徳, 藤田 浩二, 小柳 広高, 星野 優子, 関原 謙介, 赤座 実穂, 尾崎 勇, 足立 善昭, 渡部 泰士, 長谷川由貴, 佐藤 慎司, 三谷 悠貴, 金 碩燦, 大川 淳複数指神経同時刺激による手根管部正中神経磁界計測. 第 48 回 日本臨床神経生理学会 2018 年 11 月
7. 佐々木 亨, 川端 茂徳, 小柳 広高, 星野 優子, 関原 謙介, 赤座 実穂, 尾崎 勇, 足立 善昭, 渡部 泰士, 長谷川由貴, 佐藤 慎司, 三谷 悠貴, 金 碩燦, 大川 淳末梢神経磁界計測による腕神経叢障害の診断. 第 48 回 日本臨床神経生理学会 2018 年 11 月
8. 尾崎 勇, 渡部 泰士, 川端 茂徳, 長谷川由貴, 赤座 実穂, 足立 善昭末梢神経インパルス伝導の電気磁氣的解析. 第 48 回 日本臨床神経生理学会 2018 年 11 月
9. 尾崎 勇, 渡部 泰士, 川端 茂徳, 長谷川由貴, 赤座 実穂, 足立 善昭インパルス伝導の電気磁氣的解析. 日本脳電磁図トポグラフィ研究会 2019 年 2 月

VII. 誌上発表

1. Akaza M, Kawabata S, Ozaki I, Hasegawa Y, Watanabe T, Adachi Y, Sumi Y, Yokota T Magnetic recordings of sensory action currents in the cervical cord. *Clinical Neurophysiology* 129(Suppl) e44 2018 年
2. Watanabe T, Kawabata S, Akaza M, Ozaki I, Sasaki T, Ushio S, Sekihara K, Adachi Y, Okawa A Visualization of nerve impulse traveling along the brachial plexus after ulnar nerve stimulation using 132ch SQUID magnetoneurography system. *Clinical Neurophysiology* 129(5) e43. doi:10.1016/j.clinph.2018.02.119
3. 佐々木亨, 川端茂徳, 星野優子, 関原謙介, 赤座実穂, 尾崎 勇, 足立善昭, 渡部泰士, 長谷川由貴, 佐藤慎司, 三谷悠貴, 金 碩燦, 大川 淳指神経刺激後の正中神経磁界計測による手根管部電気活動電流の可視化. 日本生体磁気学会誌 31(1) 116-117. 2018 年