

電気磁気生理学的手法による脊髄内感覚運動応答に関する研究

尾崎 勇*

青森県立保健大学

Key Words : ①magnetic field ② somatosensory evoked potential ③ cervical cord ④ interneuron ⑤ median nerve stimulation

I. はじめに

手指の巧緻運動の発現には、手指筋の活動を制御する大脳～基底核～小脳の運動系回路のみならず皮膚や筋からの運動回路への感覚情報入力¹が不可欠であり、運動プランの開始には運動前野、前頭連合野と(運動後の手指筋長や関節位置を総合的に再現する)後部頭頂葉皮質との情報交換が**運動の逆モデル**を形成する。このようなヒト大脳の運動関連領域の活動様式は機能的 MRI や PET のニューロイメージング研究、脳波・脳磁場研究などから明らかにされてきた。しかしながら、脊髄内での感覚情報処理機構や運動ニューロンとの連携についてはこれまであまり注目されてこなかった。例えば、ペットボトルを**母指と示指でつまみ上げる**という動作を遂行する上で、**手指の把持力の制御**には個々の筋・腱からの固有感覚フィードバックのみならず、**母指と示指掌側の皮膚受容器からの触覚フィードバック**がより重要であるが(Johansson, 1996)、感覚入力(C6-7)と手指筋への運動出力(C8-Th1)の髄節レベルは異なっている。この**感覚運動カップリング**は、脊髄反射と同様、大脳レベルよりも**脊髄内で運動の下行系と末梢からの入力調整を行う介在ニューロンの働き**によると推測される。今年度は脊髄への感覚入力様式を電気磁気的手法で解析することに重点をおいた。

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播の様子や脊髄内での活動を可視化**することを目的とする。さらには手指の巧緻運動の基盤となる**脊髄神経回路機構**を非侵襲的に解明するとともに巧緻運動障害における**脊髄の病態や治療効果判定を把握**できるようになることが将来的に期待される。

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、同大の川端茂徳氏、赤座実穂氏、金沢工業大学先端電子技術応用研究所の足立善昭氏らと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、腹臥位で右前頸部～鎖骨部を磁気センサー面にあて測定した。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

全例で2-3相性の磁場と電位が測定された。磁場から計算された電流の分布は、軸索内電流

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

と脱分極・再分極電流を示すパターンで、腕神経叢に沿って烏口突起内側から鎖骨中央を通過し第5～7頸椎椎間孔に伝搬した。電位計測では、神経活動が遠位から近位へ伝播する様子が陽性-陰性-陽性の空間電位分布の経時的移動として捉えられた。磁場から算出された個々の仮想電極における脱分極電流のピーク潜時と、その近傍の電極の電位波形(陰性)のピーク潜時は一致していた。

V. 考察

磁場から計算された脱分極電流のピークと、電位波形のピークは一致しており、電位計測と磁場計測の結果は神経生理学的に整合することが明らかになった。磁界計測は、電位計測に比べて検査が簡便であり、空間分解能も高く、今後臨床での応用に有用であると考えられる。

VI. 発表

1. Watanabe T, Ozaki I, Sekihara K, Kawabata S, Okawa A Removal of stimulation artifact noise near the measurement site using CSF. The 6th Biennial Meeting International Society for the Advancement of Clinical MEG (ISACM 2017) H29年5月22-24日, 仙台市.
2. Ozaki I, Watanabe T, Akaza M, Adachi Y, Kawabata S, Sekihara K Magnetic recordings of sensory action currents along the peripheral nerves at hand, forearm or upper arm and the brachial plexus. The 6th Biennial Meeting International Society for the Advancement of Clinical MEG (ISACM 2017) H29年5月22-24日, 仙台市.
3. 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. The 6th Biennial Meeting International Society for the Advancement of Clinical MEG (ISACM 2017) H29年5月22-24日, 仙台市.
4. 尾崎 勇, 渡部泰士, 赤座実穂, 足立善昭, 川端茂徳, 関原謙介. 正中神経刺激により腕神経叢を伝播する複合神経活動電流の磁場計測. 第53回脊髄・末梢神経・筋疾患懇話会. H29年8月25日, 青森市.
5. 佐々木 亨, 川端茂徳, 牛尾修太, 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, 山賀 匠, 大川 淳. 指神経刺激後の手根管部における神経活動磁界計測. 第47回日本臨床神経生理学会学術大会. H29年11月29日-12月1日, 横浜市.
6. 渡部泰士, 川端茂徳, 佐々木亨, 牛尾修太, 赤座実穂, 尾崎 勇, 関原謙介, 足立義昭, 大川 淳神経磁界計測 (Magnetoneurography) による尺骨神経刺激後の腕神経叢部神経活動の可視化. 第47回日本臨床神経生理学会学術大会. H29年11月29日-12月1日, 横浜市.
7. 尾崎 勇, 渡部泰士, 川端茂徳体性感覚誘発反応の皮質および皮質下マッピング. 第20回日本ヒト脳機能マッピング学会 2018年3月2-3日, 横浜市.

VII. 誌上发表

1. 尾崎 勇, 渡部泰士, 赤座実穂, 足立善昭, 川端茂徳, 関原謙介. 末梢神経(手掌, 前腕, 上腕, 腕神経叢)を伝播する感覚活動電流の磁場計測. 日本生体磁気学会誌 30(1):110-111, 2017年.
2. 渡部泰士, 関原謙介, 尾崎 勇, 川端茂徳, 大川 淳. CSPを用いた測定対象部位近傍のアーチファクト除去. 日本生体磁気学会雑誌 30(1):142-143, 2017年.
3. 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. Clin Neurophysiol. (in press).