

正中神経への超音波・電流刺激による体性感覚誘発電位の比較検証

1250351 中垣 天 【システム神経科学研究室】

1 はじめに

上下肢の抹消神経への電流刺激で記録される誘発電位は体性感覚誘発電位 (Somatosensory Evoked Potential: SEP) と呼ばれる [1]. 近年, 超音波刺激法が開発され, 電流刺激による効果との比較研究が進められている. 先行研究では, 正中神経への超音波刺激単体では脳波 (Electro Encephalo Graphy: EEG) における SEP は認められなかった [2]. しかし, SEP では試行ごとに位相が異なった場合, 結果として電位が打ち消し合うため超音波刺激の効果が観察されなかった可能性がある. 本研究では周波数パワーの変化を指標として正中神経への超音波刺激の効果を検証した. コントロールとして同神経への電流刺激を行い効果を比較した.

2 方法

2.1 実験参加者

本実験には 18 歳～24 歳までの高知工科大学生の 5 名 (男性 4 名, 女性 1 名) が参加した.

2.2 実験

2.2.1 EEG 計測

Brain Products 社製脳波計および 32 チャンネル脳波キャップを使用した. 典型的な前処理を実施したデータを解析に用いた.

2.2.2 電流刺激

ADInstruments 社製 PowerLab を用いて右腕, 左腕の正中神経に棒状の刺激電極で電流刺激を行った (実験 1, 実験 2). 親指, 人差し指, 中指に感覚があるかを被験者に質問することで正中神経を適切に刺激できているか確認した. パラメータは繰り返しレート 0.5 Hz, パルス幅 0.5 ms, 強度 10 mA 以下とし, 2 秒間ごと計 120 回の刺激を行った.

2.2.3 超音波刺激

Sonic Concepts 社製 NeuroFUS Pro を用いて右腕, 左腕の電流刺激を行った位置に超音波トランスデューサーを設置した (実験 3, 実験 4). 刺激深度はアダプタを用いることで調節した. パラメータは I_{SPPA} 15.24 W/cm², 周波数 2.5 MHz, フォーカス 12 mm, パルスデュレーション 5 ms とし, 2 秒間ごと計 120 回の刺激を行った.

2.3 解析

EEGlab で脳波データを解析し, 時間領域の解析として SEP を実施した. また, 周波数領域の解析として事象関連スペクトルパワーマップ (Event-Related Spectral Perturbation: ERSP) を実施した.

3 結果

		Subj1	Subj2	Subj3	Subj4	Subj5
電流	実験1					
	実験2					
超音波	実験3					
	実験4					

図 1 特徴的な反応を示した被験者

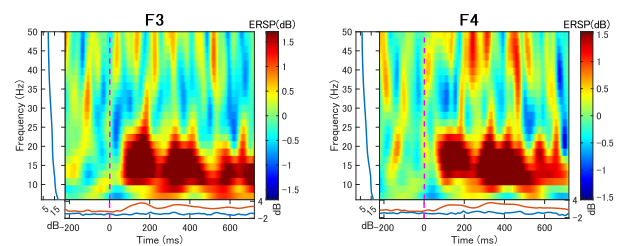


図 2 超音波刺激による ERSP

実験 1～実験 4 で SEP, ERSP いずれかで特徴的な反応が記録された被験者を図 1 に示す. 電流, 超音波刺激ともに一貫した結果は見られなかったが, 一部の被験者では, 先行研究では見られなかった超音波刺激に対する反応が見られた. 超音波刺激では F3, F4 電極において, 刺激後約 100 ms から持続的に 10～25 Hz の周波数帯で強いパワー値の増加がみられた (図 2). 電流刺激では先行研究で報告されているような刺激後 50 ms 以下で計測される SEP は観察できなかったが, 400 ms 以降で持続的な反応が認められた.

4 考察・まとめ

F3, F4 電極における計測は運動野の活動を反映している. 正中神経は感覚と運動機能を持ち, 感覚情報を一次体性感覚野 (S1) へ伝える役割があることを考慮すると, 超音波刺激が間接的に運動野を活動させたと考えられる. この活動は刺激後 1 秒間は持続しており, SEP で検出できる刺激の持続時間を超えた刺激効果を ERSP により検出できることを示唆している.

参考文献

- [1] 飛松省三., ここに気をつける! 誘発電位ナビははじめの一步から臨床と研究のヒントまで. 南山堂, 2017.
- [2] Kamimura et al., 2019, IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), 1085-1087.
- [3] Kim H-C et al., 2023, PLoS One 18, e0288654.