

審査の結果の要旨

岩田 信恵

本研究は、新しい脳機能画像法である近赤外分光画像計測法を人の感覚運動野の解析に応用し、本法の脳機能解析法としての妥当性と限界を示した。その上で、経頭蓋磁気刺激と併用して実時間計測を行うことにより、脳内神経線維結合を反映した血行動態変化のタイムコースを検討し、以下の結果を得ている。

1. まず、健常人において、一定量の掌握運動を行った際に、対応する大脳皮質一次運動野における脳血液量変化が運動量とどのように対応するか検討した。力が大きくなるに従って、近赤外分光画像計測法で測定される酸素化および全ヘモグロビン濃度が上昇し、これらの変化は力の大きさの対数に有意に正の相関を示すことを示した。この結果は、positron emission tomography (PET)、functional magnetic resonance imaging (fMRI)など、他の神経機能画像法により得られた結果と一致していた。このことから、近赤外分光画像解析法は信号の定量性においてもある程度の妥当性があることを示した。

2. 次に、臨床的に体性感覚誘発電位 (SEP) の検査に用いる 0.2 ms の矩形波による正中神経手首部電気刺激を行い、対応する手指一次体性感覚野における賦活の検出を試みた。妥当な血液量変化 ((1)指タッピング課題で賦活がみられた運動野の約 3 cm 後方に血液量変化を生じ、(2)得られたヘモグロビン濃度変化に刺激強度依存性がある、という 2 点を満たす変化) は 13 人中 2 人に認められたのみであった。SEP に用いる phasic な電気刺激に応じて賦活される皮質領域は非常に小さく、近赤外分光画像計測法の空間分解能では検出困難であったと考察した。健常被検者においては本法により一次体性感覚野の一定した賦活を検出することが困難であると結論し、本法の限界を示した。

3. さらに磁気刺激による大脳皮質手一次運動野刺激中に近赤外分光画像計測の同時測定を行い、両側運動野間の神経線維結合について検討した。各被検者の安静閾値以下の刺激強度で、0.2 Hz という低頻度刺激による 30 秒間の刺激を行い、磁気刺激と対側の運動野において 0.5 秒の時間分解能で近赤外分光計測を行

った。刺激した運動野と対側の運動野に相当する計測位置において、刺激直後より全ヘモグロビン濃度の低下が始まり、刺激終了約30秒後に元のレベルに復することを示した。この結果、脳梁線維を經由した両側運動野間の線維結合（促進効果および抑制効果）のうち、空間的にも時間的にも効果が加重しやすい抑制効果が血行動態変化として検出されたと結論した。さらに、磁気刺激後の脳内血行動態変化を数百ミリ秒という時間分解能で追跡し得た。近赤外分光画像計測という実時間計測が可能な方法論と磁気刺激を組み合わせることにより、磁気刺激により引き起こされる変化が、PETなどの既存の方法論で報告された1-2分というタイムウィンドウより早いタイミングで起こっていることを示した点は、本研究の大きな特色である。

以上、本論文は近赤外分光画像計測法を用いて人の感覚運動野の解析において、まず一次運動野の活動を定量的に計測することが可能であること、また健康人における一次感覚野の賦活の計測には現状の仕様では適さないことを示した。さらに、経頭蓋磁気刺激と併用することにより両側運動野間の神経線維結合について検討し、両側運動野間の抑制性神経線維結合を数百ミリ秒の時間分解能で示した。本研究は人における神経線維結合の時間変化を研究する新しい研究手法を呈示し、近赤外分光画像計測法が今後課題デザインに依存せずに解剖学的・生理学的な神経機能結合を評価しうる手段として利用される基礎を築いた重要な基礎的研究と考える。これらの点は今後の神経科学の研究の発展に寄与するものと考えられ、学位の授与に値するものとする。