

近赤外分光法での脳活動計測における血圧変動の影響

椿 淳裕^{1,2)}, 古沢 アドリアネ明美¹⁾, 小島 翔³⁾, 菅原 和広^{1,2)}, 大西 秀明^{1,2)}

1)新潟医療福祉大学医療技術学部理学療法学科, 2)新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所, 3)新潟医療福祉大学大学院

key words 近赤外分光法・酸素化ヘモグロビン・血圧変動

【目的】

リハビリテーションの分野では、非侵襲的で時間分解能に優れた近赤外線分光法 (NIRS) を用いた粗大運動時の脳活動を計測する研究が行われている。この方法は、近赤外線光に対する吸光度の違いによる酸素化ヘモグロビン (O₂Hb) と脱酸素化ヘモグロビンの濃度変化量によって脳活動を測定するものである。脳の神経活動をほぼリアルタイムに長時間の連続測定が可能であることから、脳卒中後遺症患者の歩行中の脳活動やリハビリテーション介入の効果について多くの報告がある。一方で、NIRS では頭蓋外から照射された近赤外線光を頭皮上の受光部で検出するため、負荷する脳賦活刺激の種類によっては、心拍や呼吸及び血圧などの変化に伴う全身的な血流変化が刺激に同期して起こることが報告されている。安静時にはほぼ一定に保たれている心拍や血圧などは、運動時には、セントラルコマンドや動脈圧受容器反射あるいは活動筋からの反射調節により変動を来す。特に静的運動時には末梢血管抵抗の増加も加わり、変動は著しい。また息こらえのみによっても、自律神経を介した血圧変動が短時間で起こる。すなわち、運動中の脳活動の計測においては、これらの全身的な血行動態の変化が経頭蓋的に計測された O₂Hb の変化の大きさに影響を与えている可能性が考えられる。したがって、NIRS における脳の神経活動の計測を行う場合、血行動態の変化との関係を明らかにしておく必要があるが、十分に解明されていない。本研究の目的は、血圧の変動と NIRS によって計測される信号との関係を明らかにすることである。

【方法】

対象は、神経学的疾患や心疾患を有さない健康成人 7 名 (21.6 ± 0.8 歳) とした。課題動作は、自律神経の反射を介して短時間に血圧の変動を生じさせることのできる息こらえとし、20 秒間実施した。連続血圧・血行動態測定装置 (Finometer, Finapres Medical Systems 社) を左第 III 指に装着し、beat by beat にて平均血圧 (MAP) を計測した。また前額部には表皮血流測定装置 (OMEGAFLOW FLO-CI, OMEGAWAVE 社) を装着し、前額部より頭皮血流 (SBF) を計測した。脳酸素モニター (OMM-3000, 島津製作所) を使用し、国際 10-20 法による Cz を基準として、送光プローブと受光プローブを配置し、2 条件での測定を行った。[条件 1] 送光プローブと受光プローブを 30mm 間隔で配置し、全 36 チャンネルで経時的に O₂Hb を計測した。全チャンネルの平均を算出し、ピアソンの相関係数によって MAP および SBF との相関関係の強さを求めた。[条件 2] 30mm 間隔でプローブを配置した深部 34 チャンネルに、15mm 間隔でのプローブ配置により浅部の測定が可能とされる 9 チャンネルを加え、測定を行った。深部 34 チャンネルの平均 (deepO₂Hb)、浅部 9 チャンネルの平均 (shallowO₂Hb) を算出し、deepO₂Hb と shallowO₂Hb との差 (diffO₂Hb) を求めた。これらと MAP および SBF との相関関係の強さをピアソンの相関係数によって求めた。いずれの条件においても、有意水準は 5% とした。

【説明と同意】

本研究は、新潟医療福祉大学倫理委員会の承認を得て行った (承認番号 17157-100203)。また対象者には本研究の目的や方法等について十分な説明を行い、書面にて参加の同意を得た。

【結果】

条件 1 では、各測定項目間の相関関係において、MAP と O₂Hb との間に相関係数 0.61~0.82 の有意な正の相関関係を認め (p < 0.01)。一方、SBF と O₂Hb (相関係数 0.14~0.88)、SBF と MAP (相関係数 0.08~0.52) の相関関係には、被検者間のばらつきが大きかった。条件 2 では、MAP と deepO₂Hb、shallowO₂Hb、diffO₂Hb との間の相関係数は、それぞれ 0.64~0.88 (p < 0.01)、0.64~0.89 (p < 0.01)、0.45~0.67 (p < 0.01) であった。

【考察】

運動時の NIRS 信号には、血圧上昇や体温上昇による頭皮血流の増加が含まれている可能性がある。今回実施した息こらえは、体温上昇をもたらす課題ではなく、運動中の体温調節を目的とした頭皮血流の増加は生じない。この課題中の O₂Hb と MAP との間の相関関係から、息こらえ課題中の血圧変動は NIRS 信号に影響を及ぼすことが考えられた。MAP との相関は deepO₂Hb よりも diffO₂Hb で弱く、shallowO₂Hb を減じることで血圧変動をある程度除外した皮質活動を測定できる可能性が示された。

【理学療法研究としての意義】

理学療法実施中の脳活動を、NIRS を用いて明らかにしようとする場合、血圧変動が測定結果に影響している可能性が示された。本研究は、血圧変動の影響を受けないより純粋な脳活動の計測へと発展させるための基礎的な研究であり、脳活動も含めた理学療法手段の根拠を示す研究へと展開させていくことができる。