

氏名	小柳圭一		
学位の種類	博士（保健学）		
学位記番号	甲第53号		
学位授与の日付	2019年9月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Effect of Locomotor Respiratory Coupling Induced by Cortical Oxygenated Hemoglobin Levels During Cycle Ergometer Exercise of Light Intensity 軽負荷自転車エルゴメーター運動中における運動-呼吸同調の誘発が脳血流量に及ぼす影響		
論文審査員	主査	新潟医療福祉大学	教授 大西秀明
	副査	新潟医療福祉大学	教授 椿淳裕
	副査	新潟医療福祉大学	教授 佐藤大輔

論文内容の要旨

本研究の目的は、軽負荷自転車エルゴメーター駆動中における運動-呼吸同調 (locomotor respiratory coupling: LRC) の誘発が背外側前頭前野 (dorsolateral prefrontal cortex: DLPFC)、補足運動野 (supplementary motor area: SMA)、感覚運動野 (sensorimotor cortex: SMC) の脳血流量に及ぼす影響を明らかにすることである。対象者は成人男女15名とした (男性9名, 女性6名; 平均年齢 23.1 ± 1.8 (SEM) 歳)。我々はすべての被験者に対して LRC 誘発条件, LRC 非誘発条件の2条件を実施した。脳血流量は近赤外線分光法 (Near-infrared spectroscopy: NIRS) を用いて計測した。LRC 誘発中の LRC 比率はペダリング運動が呼吸に対して 2:1 に設定した。運動中のペダリング回数は 50 回/分, 負荷強度は $30\%VO_{2peak}$ とした。測定プロトコルは、運動前安静 3 分, 定状負荷運動 10 分, 運動後安静 10 分の合計 23 分とした。脳血流量計測における関心領域は DLPFC, SMA, SMC に設定した。LRC 発生率は、LRC 誘発条件において有意に高値であった ($p < 0.05$)。運動中の脳血流量は DLPFC, SMA で LRC 誘発条件において有意に低値であった ($p < 0.05$)。本研究結果より、軽負荷でも LRC を誘発することが可能であること、LRC 誘発により運動中の DLPFC, SMA の脳血流量が低下することが明らかとなった。

キーワード：軽負荷自転車エルゴメーター, 運動-呼吸同調, 脳血流量

論文審査結果の要旨

本論文は、軽負荷自転車エルゴメーター駆動中における随意的な運動-呼吸同調 (locomotor respiratory coupling, LRC) が、大脳皮質の神経活動に及ぼす影響を明らかにしようとした研究である。LRC は皮質下で不随意的に誘発されるものであるが、本研究では随意的な LRC が血圧や換気応答、皮膚血流量、大脳皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化に及ぼす影響を詳細に解析し、通常自転車駆動時に比べて、LRC 自転車駆動には運動中の左背外側前頭前野、補足運動野、感覚運動皮質の酸素化ヘモグロビン濃度の上昇が少ないことを明らかにした。加えて、呼気終末二酸化炭素分圧は LRC 条件で低値を示し、血圧や皮膚血流は差が認められないことを明らかにした。随意的な LRC が大脳皮質活動に変動を与えることを明らかにしている点は新たな知見である。

本研究では、15名の健常者を対象にして、31チャンネル近赤外線分光イメージング装置 (NIRS) を利用し、30%VO₂max での10分間の自転車駆動中における大脳皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測している。自転車駆動条件は、①2:1の随意的な LRC 呼吸パターン条件と、②LRC を意識しない通常の自転車駆動条件の二種類であり、大脳皮質の関心領域は背外側前頭前野、補足運動野、感覚運動皮質としている。NIRS は自転車駆動時やトレッドミル歩行時など、粗大運動時における大脳皮質活動を計測できるというメリットがあるが、皮膚血流や血圧変動にも大きく影響されるというデメリットがある。そのため、計測された酸素化ヘモグロビン濃度変化が、大脳皮質の神経活動を反映しているのか、皮膚血流や血圧変動に影響されているのか不明瞭である。しかし、本研究では前額部に設置した皮膚血流計測プローブにより頭部の皮膚血流をリアルタイムで計測し、連続血圧計測装置を用いて連続的に血圧変動も計測し、NIRS で得られた結果が、皮膚血流や血圧変動によるものではないことを確認しているため、本研究における NIRS データの信頼性を非常に高めている。また、LRC は高負荷運動時に不随意的に誘発されるものであるが、本研究では高齢者のリハビリテーションへの応用を見据えており、軽負荷自転車エルゴメーター運動を採用している点は独創的である。

学位論文提出者に対し、本論文の内容について説明を求めると共に、1) 一般的に皮質下で調整されている LRC に対して、大脳皮質の神経活動に着目した動機は何か (目的)、2) 大脳皮質の関心領域の設定の理由 (方法)、3) 高負荷運動時に誘発される 3:1 の LRC ではなく、2:1 の LRC に設定した理由 (方法)、4) 脱酸素化ヘモグロビンや総ヘモグロビン濃度変化を解析していない理由 (方法)、5) 低負荷強度の自転車駆動を選択した理由 (方法)、6) 終末呼気二酸化炭素分圧の変動が NIRS 結果に及ぼした可能性について (結果・考察)、7) 末梢血管の拡張と本研究結

果との関係性について（考察）などの試問した結果，全ての質疑に対して適切な解答を得ることができた。

以上のことから、審査委員会は本論文を博士論文に相応しいと認める。

本研究では、健常若年者を対象とした研究であり、高齢者でも同様の結果が得られるか否かは不明である。そのため、高齢者のリハビリテーションへの応用を展開させるためには、高齢者を対象とした同様の研究が必要であり、今度取り組まれることを期待する。