

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33910

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K11140

研究課題名(和文) 歩行動作中の末梢感覚刺激が前頭前野の活動性に及ぼす影響について

研究課題名(英文) Effects of peripheral sensory stimuli on prefrontal cortex activity during walking movements

研究代表者

尾方 寿好(Ogata, Hisayoshi)

中部大学・生命健康科学部・教授

研究者番号：80415364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：外力を加えて下肢を他動的に動かすことで、前頭前野の酸素化レベルが低下することが知られている。本研究では、他動的な歩行様の動作(他動歩行)による前頭前野酸素化レベルの変化を検討した。他動歩行は、立位姿勢と仰臥位姿勢の2つの姿勢で実施した。後者の姿勢では、下肢のみの動作と腕ふり動作を加えた全身動作の2種類の試技があり、それぞれの試技で着地を模擬した足底への加圧がある場合と無い場合を行った。両姿勢ともに動作開始前と比較して、動作時に有意な酸素化レベルの低下は認められなかった。また、仰臥位姿勢の他動歩行では、腕ふり動作の有無や足底への加圧の有無によって酸素化レベルの変化に差異が認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳の前頭前野は認知機能を司る部位であり、この部位の活動性が歩行速度や歩行時間に影響されて変化することが報告されている。本研究では、歩行に関連した種々の感覚刺激を与えた際の前頭前野の酸素化レベルの変化から、その活動性を評価することを試みた。先行研究では、他動自転車運動時に前頭前野の参加レベルが低下することが報告されているが、本研究で用いた他動歩行では、酸素化レベルに顕著な変化は生じなかった。本研究の成果は、肢体不自由者や寝たきり者などの自らの意思で運動をすることができない人々に対して、認知症予防を目的とした運動療法を考案するうえで参考になる結果が得られたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：It is known that the oxygenation level of the prefrontal cortex decreases when the lower limbs are moved passively by applying an external force. In this study, we examined changes in prefrontal cortex oxygenation levels during passive walking-like leg movements (passive walking) in two different postures: standing and supine postures. In the latter posture, there were two types of trials: passive walking of only the lower limbs and passive walking of the whole body including arm swinging movements. Each trial was performed with or without pressure on the sole of the foot that simulated landing. There was no significant decrease in prefrontal cortex oxygenation level during passive walking compared to the level before movement in each posture. In addition, there was no difference in the change in oxygenation depending on the presence or absence of arm swing movement or pressure on the sole of the foot in the supine posture.

研究分野：応用健康科学

キーワード：他動運動 歩行 前頭前野 酸素化レベル

1. 研究開始当初の背景

脳の前頭前野は認知機能を司る部位であり、この部位の活動性が歩行速度や歩行時間に影響されて変化することが報告されている。しかしながら、このような脳活動の変化が生じる仕組みは不明である。歩行は“意志”に基づく運動指令によって下肢が動くことで実現する。運動指令の影響を排除し、下肢動作に伴い生ずる感覚刺激による求心性情報(下肢から脳へ伝えられる情報)の影響のみを抽出するために、外力を与えて下肢を動かして歩かせる方法(他動歩行:PWM)がある。この動作中に、運動野の細胞群の興奮性が高まる可能性があり、その興奮性を高める重要な要因が足裏に加わる圧力であることが示唆されている。運動野は、前頭前野と同じ前頭葉の一領域であるが、他動歩行時における前頭前野の活動性を直接評価した研究は無い。他動歩行と同類の他動動作として、外力を与えて自転車をこがせる動作と、足首を屈曲伸展させる動作などがあるが、これらの他動動作で前頭前野の活動性が低下することを示唆する報告と、亢進することを示唆する報告とがある。このような差異が動作の種類によるものか否かは不明である。さらに、歩行は“腕振り”を伴うことが特徴であるが、外力によって他動的に腕振りをさせた場合(他動腕振り動作)の前頭前野の活動性に及ぼす影響は分かっていない。

歩行中の求心性情報の役割を検討した先行研究では立位姿勢で PWM を実施しているため、動作中には立位姿勢保持のための筋活動が生じうる。この姿勢保持のための運動指令が脳活動に影響する可能性が十分に考えられる。一方、本研究では姿勢保持の努力を極力排除するために、仰向けに寝た状態(仰臥位)で PWM を実施する。これにより、四肢動作そのものが、脳活動に及ぼす影響をより正確に抽出できるようにする。もし仰臥位他動歩行が脳活動に積極的な効果を及ぼすことが判明すれば、寝たきりによる認知症進行の予防など、運動療法開発への端緒が得られることが考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、立位姿勢および仰臥位姿勢での PWM 時の前頭前野の活動性について検討する。歩行中の四肢から脳へ伝わる求心性情報が、脳の前頭前野の活動性を高めるか否かについて明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、立位姿勢および仰臥位姿勢の2つの姿勢で PWM を実施した。

【実験1 立位姿勢での他動歩行】

11名の健康な若年男子を対象とした。年齢、身長、体重の平均値±標準偏差はそれぞれ、20.2±1.3歳、171.7±3.8cm、65.0±5.0kgであった。被験者は座位姿勢で1分間安静にした後、立位姿勢で3分間の安静を保った。その後1分間の PWM を実施した。座位から立位への姿勢変換および PWM は市販の歩行器具を用いて行った。PWM 時の股関節の可動域は30°に設定した。PWM の動作頻度は、毎分40歩、80歩、120歩の3種類(それぞれ PWM40、PWM80、PWM120)に設定した。

近赤外線分光法装置(NIRS)を用いて、座位姿勢から PWM 終了時まで継続的に前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度(oxyHb-35)を測定した。NIRS のプローブは前額部に装着した。プローブ装着部位直下にある前額部の皮膚酸素化ヘモグロビン濃度(oxyHb-4)も同時に測定した。

【実験2 仰臥位姿勢での他動歩行】

仰臥位姿勢にて PWM を実施するための器具(図1)の開発から着手した。この器具はコンピュータ制御によって動作する。より通常歩行に近い感覚刺激を実現するための仕様として、歩行中の腕振りを実現する機構の開発、通常の立位歩行のように足底部から荷重をかける機構の開発を行った。さらに、通常歩行と同様に四肢が同期して動き、下肢が伸展する時期に足底部へ圧力がかかるようにするためのプログラムを開発した。

9名の健康な若年男子を対象とした。年齢、身長、体重の平均値±標準偏差はそれぞれ、20.1±0.8歳、167.3±2.8cm、58.3±7.6kgであった。各被験者には次の4種類の試技を課した。1つ目の試技は、股関節の屈曲・伸展動作である(PLM)。2つ目の試技は、1つ目の試技と同様であるが、伸展方向に脚が動かされている間に足底部から圧力が加えられる(PLM-p)。3つ目の試技は、1つ目の試技に肩関節の屈曲・伸展動作を加えたものである(PLAM)。4つ目の試技は、3つ目の試技と同様であるが、脚が伸展方向に動かされている間に足底部から圧力が加えられる(PLAM-p)。股関節の可動範囲は屈曲方向に20°伸展方向に5°とし、肩関節の可動範囲は屈曲方向に15°伸展方向に10°とした。動作頻度は毎分80歩とした。4種類の全ての試技において動作時間は1分間とした。



図1 仰臥位他動歩行用の器具

4. 研究成果

【実験1 立位姿勢での他動歩行】

図2は、座位安静時、立位安静時、立位PWM時におけるoxyHb-35およびoxyHb-4の継時的変化を示している。反復測定分散分析の結果、3種類の試技のoxyHb動態に交互作用は認められなかった。多重比較を行ったところ、PWM時のoxyHb-35のレベルは立位安静時のレベルを下回ることにはなかった。PWM開始20秒目あたりから時間とともに徐々に増加し、最後の10秒間のoxyHb-35のレベルは立位安静時のレベルを有意に上回った($P < 0.05$)。一方、PWM時のoxyHb-4のレベルは立位安静時のレベルと有意差が認められなかった。このため、PWMの最後10秒間におけるoxyHb-35の上昇は、皮膚の酸素化レベルの上昇を反映しているのではなく、前頭前野の酸素化レベルが上昇したことを示していると考えられる。

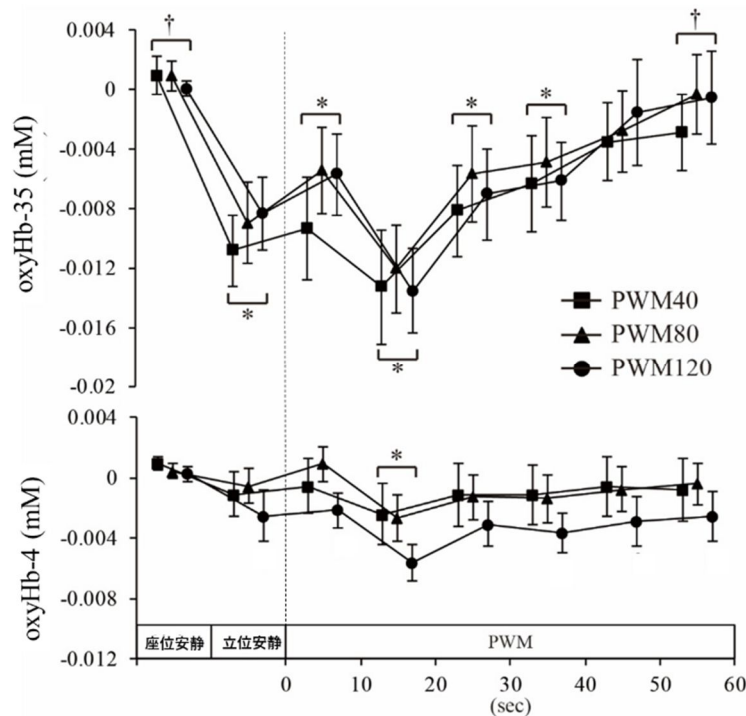


図2 座位安静時、立位安静時、立位PWM時における前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度(oxyHb-35)および前額部皮膚の酸素化ヘモグロビン濃度(oxyHb-4)の継時的変化

*: $P < 0.05$, 座位安静時のレベルと比較したときの有意差 †: $P < 0.05$, 立位安静時のレベルと比較したときの有意差

【実験2 仰臥位姿勢での他動歩行】

図3は、仰臥位安静時および仰臥位PWM時におけるoxyHb-35の継時的変化を示している。反復測定分散分析の結果、4種類の試技のoxyHb動態に交互作用は認められなかったが、時間に対する主効果が認められた。仰臥位安静時と比較してPWM時にoxyHb-35が低下するように見られるが、多重比較検定では有意な低下は認められなかった。

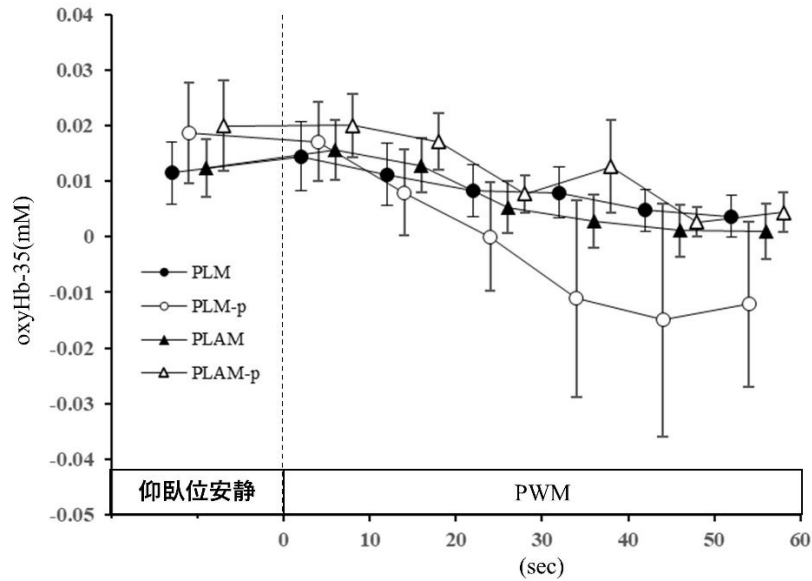


図3 仰臥位安静時および仰臥位 PWM 時における前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度 (oxyHb-35) の継時的変化

実験 1 および実験 2 を通じて、PWM は前頭前野の酸素化レベルを顕著に低下させるような作用は示されなかった。先行研究では、他動自転車運動時には感覚刺激による求心性情報が前頭前野の酸素化レベルの低下と関係していることを示している。本研究で用いた PWM は、酸素化レベルの低下を生じさせるほどの十分な感覚刺激が無かった可能性が考えられる。一方で、立位姿勢の PWM では動作開始 50 秒目以降に酸素化レベルが立位安静時よりも上昇した。これは、立位姿勢であったことから下肢に貯留した静脈血が PWM により中心循環に返される効果、いわゆる筋ポンプ作用の効果が関係しているかもしれない。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------