

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：33910

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16528

研究課題名(和文) 中枢パターン発生器を中核とした筋神経系-呼吸循環器系反応の相互関係の解明

研究課題名(英文) Relationship between responses of neuromuscular and cardiorespiratory systems mediated by central pattern generator

研究代表者

尾方 寿好 (OGATA, Hisayoshi)

中部大学・生命健康科学部・准教授

研究者番号：80415364

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：足底への圧力は、ヒトの歩行の基本的な神経機構である中枢パターン発生器の駆動に重要な役割を担う。本研究では、仰臥位姿勢にて下肢に外力を加えて歩かせる歩行(仰臥位他動歩行)時において、足底への圧力の大きさが呼吸循環反応に影響を与えるか否かについて検討した。仰臥位他動歩行を用いることにより、呼吸循環反応に与える立位姿勢の影響や、高位中枢からの運動指令の影響を除去することができる。健康な若年健常者を対象に仰臥位他動歩行を行わせたところ、毎分換気量と平均血圧については有意に上昇したが、この上昇は足底への圧力とは関係がなかった。

研究成果の概要(英文)：Pressure on the sole of the feet plays a significant role in the activation of central pattern generator as the fundamental neuronal mechanism underlying human walking. The purpose of the present study was to determine whether cardiorespiratory responses to passive walking-like leg movement in the supine posture (S-PWM) are influenced by the magnitude of pressure on the sole of the feet. S-PWM enables elimination of the influences of cardiorespiratory responses derived from standing posture and central command. In healthy young male subjects, minute ventilation and mean arterial blood pressure increased significantly during S-PWM. However, there was no relationship between the magnitude of increase in cardiorespiratory responses and the magnitude of pressure on the soles.

研究分野：運動生理学

キーワード：他動歩行 リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

(1) ヒトは一旦歩行を開始すると、脳から歩行の逐次指令がなくても、半ば自動的に歩行を継続することができる。これは、脊髄に「中枢パターン発生器 (CPG: central pattern generator)」が備わっていて、基本的な歩行パターンが脊髄で生成され下肢筋群に指令が出されるからである。この CPG に影響を与えるものとして、a.2 足歩行するヒトの股関節が左右逆送に動くことと、b. 足底から加わる圧力がある。この a, b の 2 つの刺激を与える方法として、下肢に外力を加えて歩かせる方法 (他動歩行) がある。

(2) 立位姿勢における他動歩行中には、呼吸循環反応が生じることを確認している (Ogata et al. Clin Auton Res 2009, Ogata et al. J Physiol Anthropol 2012, 2013)。このため、CPG を中核として筋活動と呼吸循環反応がリンクしている可能性が考えられた。しかしながら、従来の他動歩行は立位姿勢を取るため、重力の影響による呼吸循環反応 (起立性の呼吸循環反応) が生じる。このため、立位姿勢では、他動歩行そのものに由来した呼吸循環反応を抽出することが困難である。

(3) そこで、申請者は起立性呼吸循環反応の影響を受けない“仰臥位姿勢”での他動歩行において、CPG の駆動に影響するとされる足圧の有無により呼吸循環反応が影響されるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

仰臥位姿勢における他動歩行 (Supine passive walking movement: S-PWM) において、足底への圧力が有る場合に、呼吸循環反応が大きくなるのか否かについて明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究期間の前半は、主として仰臥位他動歩行用器具の開発を進めた。その後仰臥位他動歩行中における呼吸循環反応について検討した。

(1) 仰臥位他動歩行器具の開発



図1 仰臥位他動歩行器具

図1に器具の概要を示した。モーター駆動により股関節回転角度を屈曲方向に 20°、伸展

方向に 10° 動かすことができる。回転速度の最高値は 0.5Hz である。これは、脚が動かされて再び元の位置に戻るまでに 2 秒かかることを意味している。また、フットプレート部と連結するワイヤーを、錘を用いてけん引することにより、フットプレート部が足底へ押し付けられるため、錘の重さに応じて、足底への加圧を変えることができる。

(2) 仰臥位他動歩行中の呼吸循環反応

仰臥位姿勢における他動的な歩行様運動 (S-PWM) 中の呼吸循環反応について検討した。健康な成人男子 10 名を対象とした。年齢、身長、体重はそれぞれ、 $20.8 \pm 1.5$  歳、 $170.2 \pm 3.2$  cm、 $66.0 \pm 6.7$  kg であった。

S-PWM 時の股関節回転速度は 0.25Hz とした。この速度は、通常歩行 (1Hz) の 1/4 の速度である。この時、足底への加圧が無い条件 (nfp 試技)、体重の約 38% に相当する圧力を足底から加える条件 (fpL 試技)、体重の約 66% に相当する圧力を足底から加える条件 (fpH 試技) の 3 種類を実施した。S-PWM の継続時間は 3 分間とした。

測定項目は、酸素摂取量、毎分換気量、心拍数、平均血圧、大腿直筋部の筋酸素飽和度であった。また、9 名の被験者については、心臓自律神経活動を心電図の R-R 間隔から求められる心拍変動の低周波成分 (LF) と高周波成分 (HF) から評価した。LF/HF を交感神経活動の指標、 $HF/(LF+HF)$  (HFnorm) を副交感神経活動の指標とした。

これら 3 種類の試技における S-PWM 前の安静時、および S-PWM 時 3 分目における値について、2 元配置分散分析を行った。

4. 研究成果

(1) 以下に、酸素摂取量 (図 2)、毎分換気量 (図 3)、平均血圧 (図 4)、心拍数 (図 5)、大腿直筋部の酸素飽和度 (図 6)、LH/HF (図 7)、HFnorm (図 8) の変化を示した。

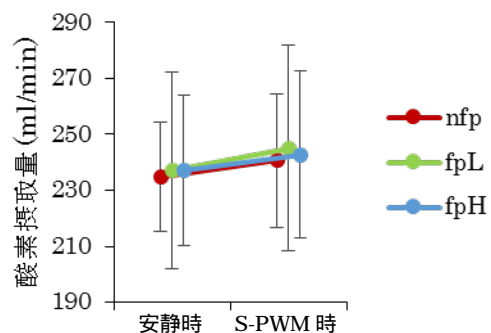


図2 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による酸素摂取量の変化

nfp: 足底への加圧が無い条件

fpL: 体重の約 38% の圧力を足底に加える条件

fpH: 体重の約 66% の圧力を足底に加える条件

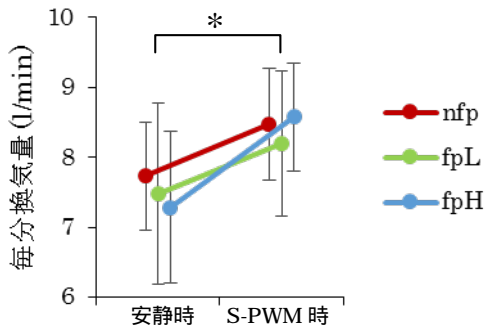


図3 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による毎分換気量の変化  
略記号は図2を参照。\*: 有意差 ( $P < 0.05$ ) を表す。

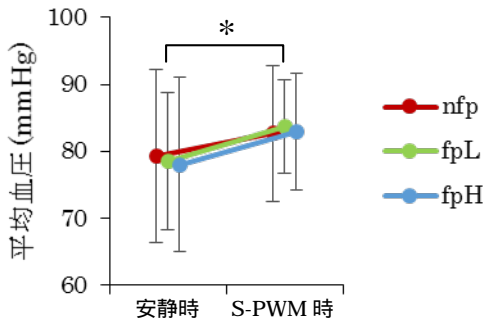


図4 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による平均血圧の変化  
略記号は図2を参照。\*: 有意差 ( $P < 0.05$ ) を表す。

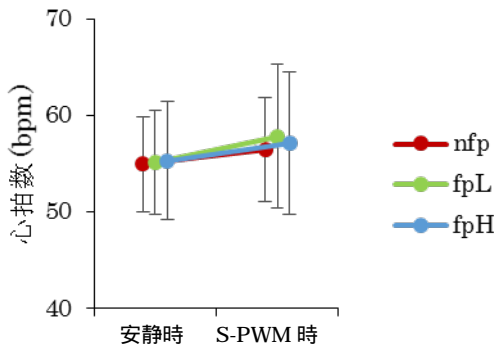


図5 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による心拍数の変化  
略記号は図2を参照。

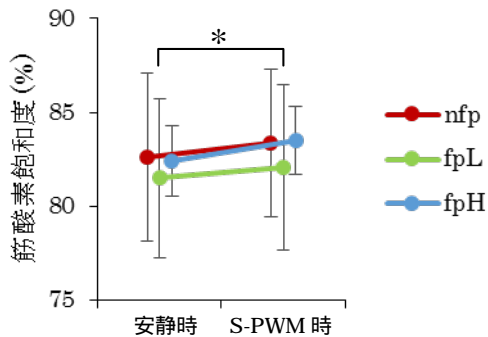


図6 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による大腿直筋部の酸素飽和度の変化  
略記号は図2を参照。\*: 有意差 ( $P < 0.05$ ) を表す。

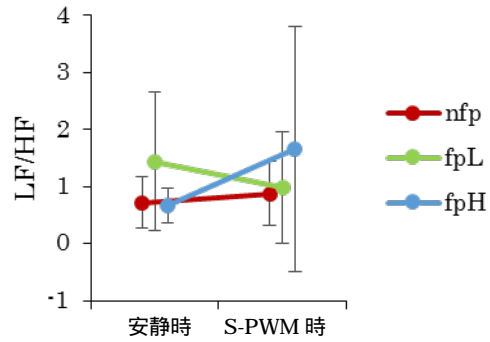


図7 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による交感神経活動指標 (LF/HF) の変化  
略記号は図2を参照。

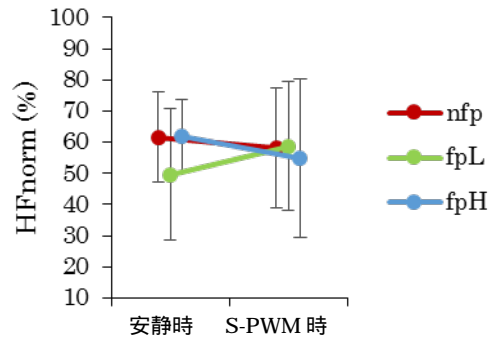


図8 仰臥位他動歩行 (S-PWM) による副交感神経活動指標 (HFnorm) の変化  
略記号は図2を参照。

酸素摂取量、心拍数、LF/HF、HFnorm については、有意な変化は認められなかった。一方、毎分換気量、平均血圧、筋酸素飽和度については、交互作用は認められなかったが、安静時よりも S-PWM 時の値の方が有意に高い値を示した (毎分換気量:  $P < 0.01$ , 平均血圧:  $P < 0.01$ , 筋酸素飽和度:  $P < 0.01$ )。

(2) 以上より、S-PWM における呼吸循環系反応の生起と足底からの圧力の有無との対応関係は認められなかった。すなわち、毎分換気量の増加、平均血圧の上昇、筋酸素飽和度の増加については、足底からの圧力以外の影響が深く関与していることが示唆された。この要因として、股関節の動きに関連した感覚刺激や、他動的な脚動作により生じる筋ポンプ作用など関与している可能性が考えられた。

(3) 本研究では、CPG の駆動において重要な役割を果たす足底からの圧力は、呼吸循環反応の生起と密接に関与するという証拠を得ることができなかった。同様に、本研究では6名の若年被験者を対象として、足底に圧力が無い条件と、体重の約50%の錘を両足に掛けた場合の2通りにおいて、心電図活動と同時に下腿部筋活動の同時計測も行った。モーターノイズの影響により十分な筋活動計測ができなかったが、S-PWM 時に動作と一致し

た筋活動を目視で同定できた者(3名)すなわち、CPG 駆動による筋活動が発現していると想定される者と、筋活動を同定できなかった者(3名)を比較しても、自律神経活動指標には差は認められなかった。

#### (4) 本研究の意義と今後の展望

本研究結果は、下半身麻痺や寝たきりにより立位姿勢をとることができない患者でも、S-PWM により呼吸循環反応が導出されることを示唆している。介護やリハビリテーションの現場に活用できる、有用な知見を得られたと考えられる。

S-PWM において、脚動作と一致したヴァーチャル空間における視覚情報を提示することにより「歩いているようだ」という感覚を得られる(尾方ら 2016)。このような視覚情報をはじめとして、S-PWM の生理学的効果を高めるような方策について検討する必要がある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

尾方寿好、片桐雅貴、鈴木裕利、石井成郎、澤野弘明. ベッド型歩行器具の他動歩行感覚を拡張する没入型歩行感覚提示の印象に関する研究. 『第33回日本認知科学会発表論文』(p.714-p.716) 2016年(査読有り)

[http://www.jcss.gr.jp/meetings/jcss2016/proceedings/pdf/JCSS2016\\_P2-9.pdf](http://www.jcss.gr.jp/meetings/jcss2016/proceedings/pdf/JCSS2016_P2-9.pdf)

Hisayoshi Ogata. Cardiocirculatory responses to human passive walking-like leg movement in the standing posture. 『The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine』Vol.5, No.3 (p.235-p.238) 2016(査読有り)

<http://doi.org/10.7600/jpfsm.5.235>

〔学会発表〕(計1件)

尾方寿好、片桐雅貴、鈴木裕利、石井成郎、澤野弘明. ベッド型歩行器具の他動歩行感覚を拡張する没入型歩行感覚提示の印象に関する研究. 『日本認知科学会第33回大会』 2016年

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

尾方 寿好 (OGATA, Hisayoshi)

中部大学・生命健康科学部・スポーツ保健医療学科・准教授

研究者番号: 80415364