

令和 2 年 9 月 18 日現在

機関番号：21102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17976

研究課題名(和文) 間欠的な空気圧迫による末梢循環の促進効果は腰背部の血流改善にまで波及するか？

研究課題名(英文) "Does the use of intermittent pneumatic compression for promoting peripheral circulation improve lumbar hemodynamics"

研究代表者

漆畑 俊哉 (URUSHIHATA, TOSHIYA)

青森県立保健大学・健康科学部・講師

研究者番号：40610994

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究計画では、下肢の末梢循環を促進させるIPCを解明の糸口として、腰背部の血流変化に注目し、末梢循環と腰部の血流量との関連を明らかにした。また、IPC実施による筋疲労への即時効果について検証した。本研究の結果、1)間欠的空気圧迫装置の周期性は腰背部で導出可能であり、2)腰背部の浅層血流増加は開始5分前後でプラトーに達するのを確認できたが、3)姿勢保持筋の筋疲労を軽減させるような即時効果は見出すことができなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

間欠的空気圧迫装置(Intermittent pneumatic compression; IPC)の使用によって、腰背部ではIPCの加圧・減圧に同期した直接効果による血流変化を引き起こし、IPC終了後も腰背部の血流動態を促進させる可能性が示唆された。これらの結果は血管伸展性の改善は認められないが、IPCの長期使用で腰痛症状の緩和を報告した過去の研究結果を一部支持するものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the changes in blood flow in the lower back area induced by use of intermittent pneumatic compression (IPC) device to improve peripheral circulation in the lower limbs. The objective was to assess the potential effect of IPC on the lumbar blood flow and to clarify the relationship between peripheral circulation and blood flow in the lower back area. We also assessed the immediate effect of IPC on lumbar muscle fatigue. The key results were: 1) the periodicity of the intermittent pneumatic compression device can be derived in the back of the waist; 2) the increase in superficial blood flow in the back of the waist reached a plateau around 5 minutes after the start of IPC; 3) there was no immediate effect of IPC in reducing the fatigue of the lumbar muscles.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：間欠的空気圧迫装置 腰背部 近赤外線分光法 血流動態 筋疲労 周波数解析 腰痛症 加圧

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 1. 研究開始当初の背景

腰痛症は不定愁訴の第1位として位置付けられている症状である一方、その病像は複雑であり、MRI や CT などの画像診断においても決め手は見つからない (Jarvik. JAMA, 2015)。このため、保存的な治療法が全体の約7割を占めている (腰痛診療ガイドライン, 2012)。

間欠的空気圧迫法 (Intermittent pneumatic compression; IPC) は、四肢を体表より空気圧で加圧し、静脈還流量の増加や抗凝固能の活性化を目的とする保存的な治療法である。この治療法は主に術後の静脈血栓を予防する目的や、末梢性の血管障害を改善させる目的で使用されてきた (CLOTStrials collaboration. Lancett Neurol, 2014.; Delis. J Vasc Surg, 2010)。

近年、腰痛症に分類される腰部脊柱管狭窄症では、診断された半数の患者が下肢の血流障害を合併しており (Imagama. Spine, 2011)、血管拡張に作用する薬の服用で、疼痛の軽減の他に歩行能力を改善させる効果が明らかとなっている (Ohtori. Yonsei Med J, 2013.; Matsudaria. Spine, 2009)。腰痛症に関する血流の研究では、筋血流や体表のヘモグロビン濃度などの浅層の血流に焦点を当てた研究が主体であり、温熱刺激や運動療法による改善効果が報告されている (Sakai. Spine, 2008)。従来より血栓予防や下肢の血流改善で使用されてきた IPC であるが、仮に間接的にも腰部の深部血管の流速変化や血管拡張を引き起こすのであれば、腰痛症と腰部の血流動態との関連が明らかとなり、間欠的空気圧迫法が腰痛症者に対する保存的な治療法の一つとなりえる可能性を示唆する。

本研究計画では、下肢の末梢循環を促進させる IPC を解明の糸口として、腰背部の血流変化に注目し、末梢循環と腰部の血流量との関連、間欠的な空気圧迫法による健常者や腰痛症者への介入効果を明らかにする。

## 2. 研究の目的

- (1) 下肢 IPC は、腰部の血流動態を変化させるか否かを観察する。
- (2) 加圧範囲の違いによる IPC 実施中の血流変化について明らかにする。
- (3) 加圧様式の違いによる IPC 実施後の血流変化について比較する。
- (4) 腰部の筋疲労条件を設定し、下肢 IPC と温熱刺激による即時的効果を検証する。

## 3. 研究の方法

### (1) 下肢 IPC 実施時における腰部の酸化還元濃度の波形観察

健常成人の男女10名を対象とした。下肢 IPC は4気室の IPC 装置 (DM-6000, 日東工器株式会社製) を使用し、70-90mmHg の加圧強度で下肢の遠位部より近位部へと漸増加圧する方法を選択した。座角 30°、股関節 30° 外転位での長座位にて5分間の安静後、下肢 IPC を10分間実施した (図1)。腰背部の酸化還元動態は近赤外線分光法測定装置 (OEG-16, スペクトラテック社製) を使用し、腰背部の光射出部と受光部のチャンネル (Channel; Ch) を3cm間隔で長軸方向に配置し、左右4Chずつの計

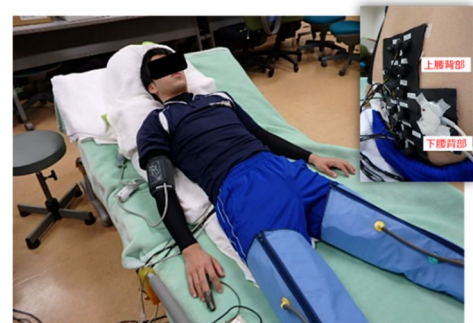


図1. 長座位による酸化還元動態の計測

8Chで酸化ヘモグロビン濃度 (酸化 Hb)、還元ヘモグロビン濃度 (還元 Hb)、総ヘモグロビン濃度 (総 Hb) を連続記録した。開始前にはキャリブレーション処理を行い、開始時点の酸化還元濃度で基線補正を行った。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## (2) 下肢 IPC の加圧範囲の違いによる腰部の酸化還元動態

加圧範囲の比較では、健常成人の男女 20 名を対象に足部から下腿部までの範囲と、足部から大腿部までの範囲の 2 種類を無作為に選択した。加圧強度は 70-90mmHg の漸増加圧する方法で統一した。5 分間の安静後、下肢 IPC を各 5 分間で実施した。IPC の実施肢位および酸化還元動態の導出部位は研究課題(1)と同一とした。各測定は 2 週間以上の期間を経過した後に実施した。



図 2 . 体幹伸展保持課題

## (3) 下肢 IPC の加圧様式による腰部の酸化還元動態

加圧様式の比較では、健常成人 20 名を対象に下肢の遠位部より近位部へと漸増加圧する方法と、下肢全体を同時加圧する方法の 2 種類を無作為に選択した。同時加圧する方法では 4 気室とも 90mmHg の加圧強度を選択した。5 分間の安静後、下肢 IPC を各 10 分間した。IPC の実施肢位および酸化還元動態の導出部位は研究課題(1)と同一とした。下肢への漸増圧迫では、静脈還流量の増加に伴う心拍出量の増加や血圧下降の抑制効果が報告されているため(人見・日本透析医学会雑誌, 2016)、データ計測は酸化還元動態の他、心拍数、血圧、SpO<sub>2</sub>を同時記録した。

## (4) 下肢 IPC とホットパックの実施による体幹筋疲労の回復効果

健常成人 30 名を対象に対照群、下肢 IPC 群、ホットパック群で男女比が等質となるように群分けした。筋疲労課題は腹臥位での体幹伸展保持(Biering-Sorensen test)を採用した(図 2)。安静 2 分後に最大努力で保持困難となるまで行い、休憩を入れながら計 3 試行を実施した。試行間の休憩時間は各 5 分間とし、下肢 IPC 群とホットパック群は 2 試行目と 3 試行目の間に下肢 IPC(LX-H1、ミナト医科学社製)もしくは乾式ホットパック装置(KT-541、OG 技研社製)で各種刺激を 5 分間実施した。筋疲労状態の把握は姿勢保持時間、表面筋活動による%平均 RMS 値と周波数解析による中間周波数の傾きと切片を指標とした。表面筋活動は表面筋電計(Noraxon 社製)を使用し、第 3 腰椎の外側にある胸最長筋上と第 2 仙椎の外側で導出される多裂筋上の筋活動を連続記録した。実験前には 5 秒間の最大随意収縮を行い、平均 RMS 値を算出した。データ解析は周波数 1500Hz にてデータ取得後、全波整流後にバンドパスフィルターでフィルター処理を行い、各試行における%平均 RMS 値を算出した。周波数解析ではハミング窓処理にて 1sec の平均周波数を算出し、回帰式より各試行における傾きと切片を算出した。

## 4 . 研究成果

(1) IPC 実施時における腰部の酸化還元濃度の波形変化を観察した。本研究の IPC は加圧・減圧時間が約 35sec、周期間の休止時間は 5sec である。事前検証の結果、本機器は規定圧までの圧検知により減圧する機構となっており、実質 15-16 回の周期サイクルであった。上記結果を踏まえて安静 5 分後より間欠的空気圧迫を 10 分間で実施した結果、波形変化の大小はみられるものの、IPC の加圧・減圧周期に一致した波形変化がすべての被検者で確認できた(図 3)。一部の被検者では周期サイクルによる増減変化が左右で一致しない例もみられた(図 4)。この点については貼付方法やセンサ圧迫のノイズ混入などを予想したが、本研究では明らかにできなかった。

(2) 加圧範囲の違いによる腰部の酸化還元濃度について、安静時と IPC 終了時の前後比較を実施した。対応のある t 検定の結果、酸化 Hb、還元 Hb、総 Hb では加圧範囲の違いによる有意差はいずれもみられなかった。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

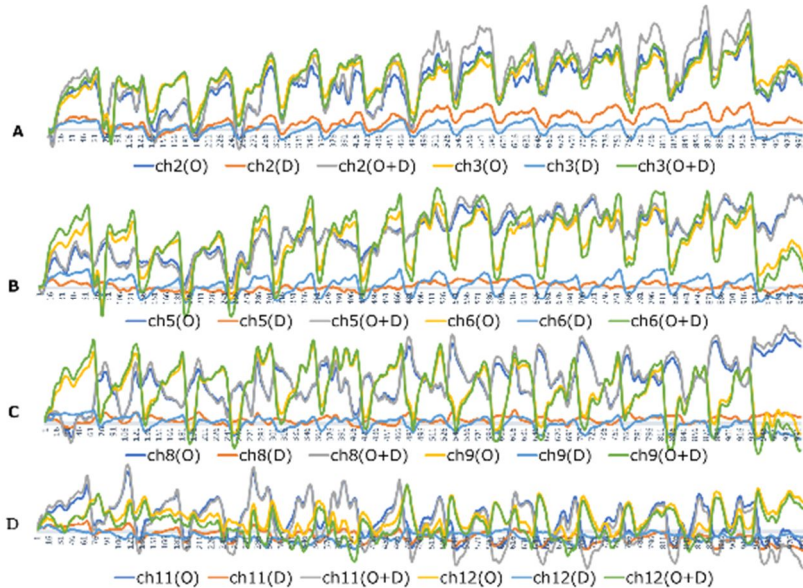


図 3. 下肢 IPC の周期サイクルと酸化 Hb と総 Hb が左右同期している例

A.Ch1/Ch2(第 1-2 腰椎)、 B. Ch3/4(第 2-3 腰椎)、 C. Ch5/6(第 3-4 腰椎)、 D. Ch7/8(第 4-5 腰椎)、 O(酸化 Hb)、 D(還元 Hb)、 OD(総 Hb)

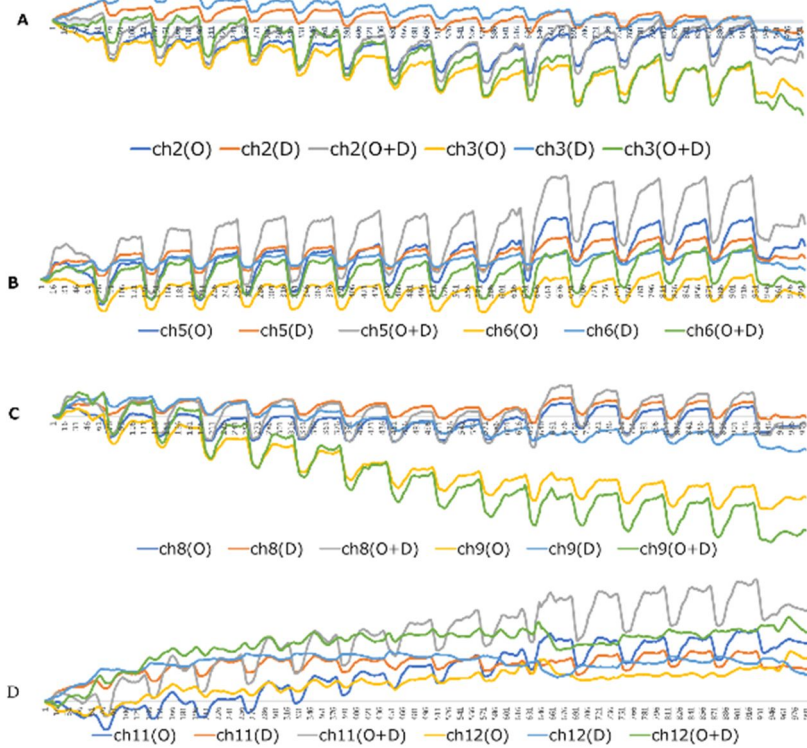


図 4. 周期サイクルは確認されるが左右 Ch で同期しない例

A. Ch1/Ch2(第 1-2 腰椎)、 B. Ch3/4(第 2-3 腰椎)、 C. Ch5/6(第 3-4 腰椎)、 D. Ch7/8(第 4-5 腰椎)、 O(酸化 Hb)、 D(還元 Hb)、 OD(総 Hb)

(3) 加圧様式の違いによる腰部の酸化還元濃度について、安静時、IPC 終了時の酸化還元濃度を比較した。実施後の間接効果を明らかにするために、終了 5 分後、終了 10 分後における酸化還元濃度についても比較した。二元配置分散分析の結果、同時加圧と漸増加圧の IPC は、いずれも IPC 実施による酸化 Hb の有意な増加、還元 Hb の減少が確認できた( $p < 0.05$ , 図 5)。特に第 2-4 腰椎相当の部分では IPC 実施後の変化が顕著であった。加圧様式による交互作用では右側の第 4-5 腰椎部でのみ有意となった( $p = 0.011$ )。手指の酸素飽和濃度、脈拍、血圧では加圧様式の特異性はいずれもみられなかった。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

研究課題(1)(2)(3)より、IPC 実施中の酸化還元動態は漸増的な変化というよりも基線を軸とする周期サイクルであることが判明した。そこで、血流量を反映する 8Ch の総 Hb の平均値を算出し、同時加圧と漸増加圧における周期サイクル毎に時間積分による内積を比較した。同時加圧の周期サイクルは加圧・減圧が約 24sec、休憩時間が 5sec の計 29 秒であり、同一時間内でも刺激回数では両加圧様式で異なる。このため、同時加圧の IPC では漸増加圧の刺激回数に一致させる形で分析した。二元配置分散分析の結果、漸増加圧の IPC では 7-8 周期目(280-320sec)、同時加圧の IPC では 3-4 周期目(87-116sec)となり、加圧様式でプラトーに達する時間は異なっていた(図 6)。

(4) 物理刺激の有無による即時効果を明らかにするために、試行間の姿勢保持時間、筋電図による疲労指標、腰部の酸化還元動態を比較した。二元配置分散分析の結果、体幹保持課題では試行回数による有意な保持時間の減少(1 試行目:  $201 \pm 10$ sec、2 試行目:  $162 \pm 8$ sec、3 試行目:  $152 \pm 7$ sec、 $p < 0.001$ )、左右最長筋と右多裂筋では%平均 RMS 値の有意な増加が確認された( $p < 0.05$ )。平均周波数では左最長筋と右多裂筋の傾き増加( $p < 0.01$ )、左右最長筋の切片の減少を確認した( $p < 0.05$ )。しかしながら、下肢 IPC を含めた物理刺激の有無による有意差はみられなかった。一方、腰部の酸化還元動態では姿勢保持課題の開始による酸化 Hb の減少、還元 Hb と総 Hb の増加は確認されたが、下肢 IPC を含めた物理刺激の有無による有意な特異性はやはり認められなかった。

本研究の結果より、1)間欠的空気圧迫装置の周期性は腰部で導出可能であり、2)腰背部の浅層血流増加は開始 5 分前後でプラトーに達するのを確認できたが、3)姿勢保持筋の筋疲労を軽減させるような即時効果は見出すことができなかった。

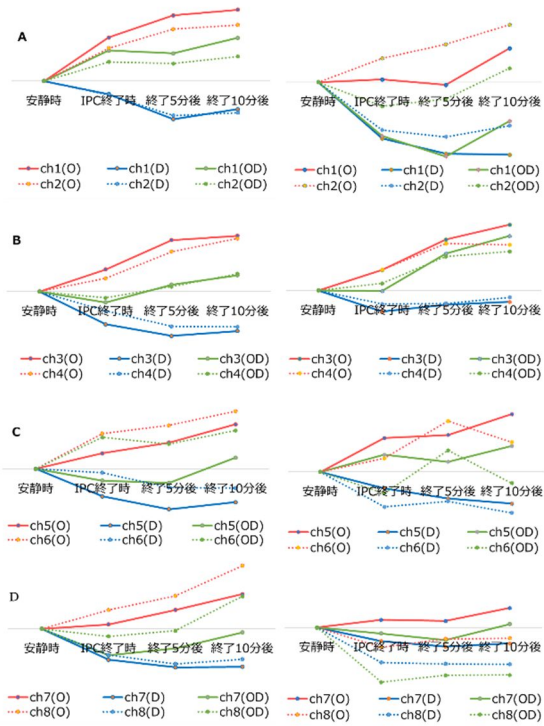


図 5 . 同時加圧と漸増加圧による IPC 実施前後の酸化還元濃度(mM/mm) 左: 同時加圧、右: 漸増加圧、O(酸化 Hb)、D(還元 Hb)、OD(総 Hb)、A . Ch1/Ch2(第 1-2 腰椎)、B. Ch3/4(第 2-3 腰椎)、C. Ch5/6(第 3-4 腰椎)、D. Ch7/8(第 4-5 腰椎)

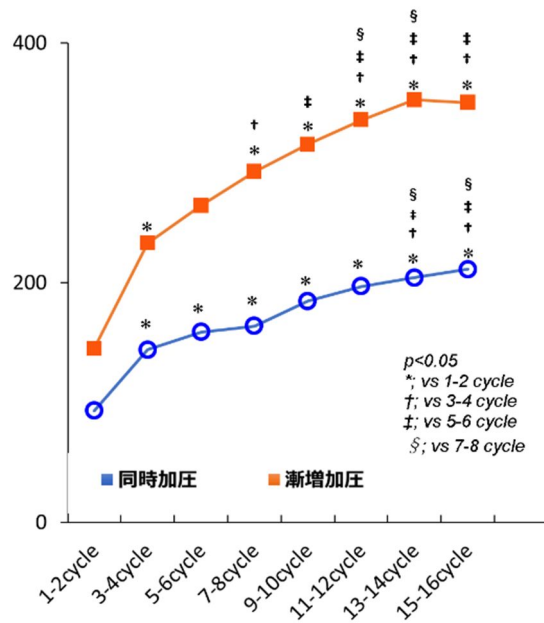


図 6 . 加圧・減圧周期で刺激回数を統制した場合における IPC 加圧様式の内積比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Toshiya URUSHIHATA	4. 巻 6
2. 論文標題 Comparison of lumbar hemodynamics of two intermittent pneumatic compression methods for lower extremities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 461-465
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.7600/jpfsm.7.461">https://doi.org/10.7600/jpfsm.7.461</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 漆畑俊哉、新岡大和
2. 発表標題 間欠的空気圧迫の加圧様式の違いによって腰部部血流動態は異なるか
3. 学会等名 第27回日本物理療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 漆畑俊哉
2. 発表標題 下肢に対する間欠的空気圧迫の加圧順序の違いによる腰部血行動態の比較
3. 学会等名 第73回体力医学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 漆畑俊哉
2. 発表標題 間欠的空気圧迫の実施による腰部部皮膚温および全身生体指標への影響
3. 学会等名 第42回青森県理学療法士学会
4. 発表年 2018年

〔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
研究協力者	新岡 大和  (NIOKA YAMATO)		