

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26750345

研究課題名(和文) 低酸素環境下での間欠的な機械的圧迫は動脈硬化を予防、改善するか

研究課題名(英文) Effects of intermittent mechanical compression in hypoxia on arterial stiffness

研究代表者

西脇 雅人(NISHIWAKI, Masato)

大阪工業大学・工学部・講師

研究者番号：10635345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、急性(一過性)ならびに慢性の(定期的な)低酸素環境下での片脚への機械的圧迫が実験脚と対照脚の動脈ステイフネスに与える影響について検討することであった。その結果、一過性の研究から、軽度な低酸素環境下での片脚機械的圧迫は、少なくとも、通常環境で同様の機械的圧迫を行うのと同程度か、若干、大きな動脈ステイフネスの低下を引き起こす可能性が示された。しかし、介入研究の結果から、4週間、定期的に機械的圧迫を実施すると、実験脚の動脈ステイフネスが低下するものの、その低下率は、常酸素と低酸素の条件で統計的に差は認められず、低酸素の相加作用は認められないことが示された。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to examine the effects of acute or chronic one-legged mechanical compression in mild hypoxia on arterial stiffness in the experimental and the control legs. Our results from acute experiment imply that mechanical compression in mid hypoxia reduces arterial stiffness only in the experimental leg and that the reduction in arterial stiffness is significantly greater in hypoxia than in normoxia. Our results from the intervention study also indicate that regular mechanical compression in normoxic and hypoxic groups reduces arterial stiffness only in the experimental leg, but not in the control leg. However, our data mean that the reduction in arterial stiffness after regular mechanical compression do not differ between both groups.

研究分野：運動生理学

キーワード：動脈硬化 生活習慣病 低酸素環境 模擬運動

1. 研究開始当初の背景

科学技術の高度な発達に伴い、身体活動の不足が指摘されるようになり、我が国では、脳卒中や心臓病など心血管疾患を呈する者が急増している。動脈壁の硬化度を示す動脈スティフネスは、心血管疾患の死亡や発症と強く関連する指標である。したがって、心血管疾患を予防するためには、動脈スティフネスを低値（動脈壁が柔らかい状態）に保ち続けることが、非常に重要であると考えられている。

一般に、定期的な有酸素性運動の実施は、動脈スティフネスを低下させることが明らかとなっている。また、低酸素環境（酸素が希薄な環境）への曝露は、血管拡張作用などが増大する。そこで、研究代表者らは、軽度の有酸素性運動と低酸素曝露の複合作用に着目し、低酸素環境下で有酸素性運動を行うと、通常環境で運動を行う場合と比較し、動脈スティフネスがより効果的に改善することを見出した。しかし、低酸素トレーニングによって動脈スティフネスがより低下する生理学的な理由については明らかでなく、より詳細な検討が必要なところであった。

軽度な低酸素環境下で片脚運動を行うと、運動を実施した運動脚のみで動脈スティフネスの低下が観察される。このことから、低酸素刺激と運動に伴う局所刺激の複合作用によって、低酸素トレーニングに伴う動脈スティフネスの低下が生じていると考えられる。また、通常環境下において、運動を模擬した一過性のコンプレッション（機械的な圧迫）を実施すると、実験脚でのみ動脈スティフネスの低下が観察される。つまり、これらの事象は、機械的圧迫によって抹消の血流量や血流パターンが変化し、ずり応力が増大したことで動脈スティフネスが低下した可能性を示しており、運動に伴う局所のずり応力刺激の増大が動脈スティフネス低下のトリガーとなっていることをほのめかしている。したがって、申請者は、こうした知見に着目し、低酸素環境下で機械的圧迫を片脚のみに実施し、実験脚（圧迫する脚）と対照脚（圧迫しない脚）の動脈スティフネスの変化を評価すれば、低酸素トレーニングが動脈スティフネスを改善させる際の1つの主要な“トリガー因子”が、低酸素刺激とずり応力刺激の複合作用であるか、否か、を明らかにすることができると考えた。

2. 研究の目的

上述の研究背景と研究仮説から、本研究では、以下の2点について検討した。

(1) 一過性の刺激に対する応答

一過性の低酸素環境下での片脚への機械的圧迫が実験脚と対照脚の動脈スティフネスに与える影響について明らかにし、動脈硬化改善を引き起こすトリガー因子について検討する。

(2) 定期的な刺激に対する応答

(1)で検証された結果に基づき、定期的に低酸素環境下での間欠的な機械的圧迫を行い、動脈スティフネス改善に対するその有効性を確認する。

3. 研究の方法

(1) 目的(1)に対する検討

参加者は、8名の非喫煙男性であった。各対象者に対し、1日1回無作為の順序で、4つの条件（常酸素安静条件、低酸素安静条件、常酸素片脚機械的圧迫条件、低酸素片脚機械的圧迫条件）を実施した。常酸素条件では、通常大気を、低酸素条件では、15.5%O₂（海拔2500m程度のレベルに相当）を、それぞれ40分間吸入させた。圧迫が含まれる条件では、後半の20分間、30秒圧迫と5秒脱気のサイクルを連続的に繰り返す外部からの片脚への機械的圧迫を実施した。各条件の前後に、心臓足首血管指数（CAVI）を用いて動脈スティフネスを評価した。

(2) 目的(2)に対する検討

14名の非喫煙若年男性をリクルートし、常酸素群（6名）と低酸素群（8名）に振り分け、それぞれ週3回、4週間の片脚機械的圧迫を実施した。ガス吸入と片脚機械的圧迫の詳細な条件は、目的(1)に対する検討と同様とした。また、動脈スティフネスの評価も上述と同様、介入の前と後（4週間後の介入終了時）に、心臓足首血管指数を用いて行った。

4. 研究成果

(1) 至適実験条件の予備的検討

機械的圧迫（コンプレッション）実験の実施に際し、動脈スティフネスの低下が引き起こり（効果が大きく得られ）、かつ対象者が最も苦痛（痛み）を感じない機械的圧迫の至適加圧サイクル条件についてはじめに検討した。その結果、今回、2つの実験で採用した30秒圧迫と5秒脱気のサイクルを行うと動脈スティフネスの低下が引き起こり、かつ、対象者も苦痛（痛み）に耐え得るものであることが明らかとなった。

(2) 一過性の刺激に対する応答

実験後、常酸素安静と低酸素安静のみの条件では、動脈スティフネスに有意な変化は認められなかった。これに対し、常酸素と低酸素のいずれの環境であっても、片脚機械的圧迫を行った実験脚でのみ動脈スティフネスの低下が認められた。しかし、対照脚の動脈スティフネスに有意な変化は認められなかった。また、機械的圧迫に伴う動脈スティフネスの変化率を比較すると、常酸素の条件に比して、低酸素の条件の方が大きな値を示していた。以上の結果から、軽度な低酸素環境下での片脚への機械的圧迫は、少なくとも、通常環境と同様の機械的圧迫を行うのと同程度か、若

干、大きな動脈スティフネスの低下を引き起こす可能性が示された。

さらに、超音波画像診断装置を用い、常酸素片脚機械的圧迫条件と低酸素片脚機械的圧迫条件時の膝窩動脈血流量の定量化を試みた。現段階では、血流速度波形と動脈径を解析した上での単純比較の結果のみからの知見であるが、機械的圧迫に伴い流入する血流量や血流パターンに両条件で大きな差がない可能性が示唆された。すなわち、これらのデータは、一過性の低酸素環境下での運動や機械的圧迫に伴う動脈スティフネスの特異的な低下には、低酸素刺激に伴う血管拡張応答の増大など、何らかの動脈側の変化が強く関連している可能性を意味するものであった。動脈スティフネスを低下させるための効果的な運動や模擬運動方法を開発するに際し、興味深い知見が得られたといえよう。

(3) 定期的な刺激に対する応答

4週間の介入期間後、常酸素群と低酸素群の実験脚においてのみ有意な動脈スティフネスの低下が観察された。しかし、両群の動脈スティフネス低下の変化率を比較すると、両者の間に有意な差は認められず、どちらの環境で機械的圧迫を実施したとしても動脈スティフネスが低下する程度には差がないことが示された。すなわち、今回の定期的な低酸素と機械的圧迫の実験では、低酸素刺激の相加作用は認められず、一過性の検討で観察されていた好ましい生理応答が、何らかの理由によって消失していたことが示された。

以上の結果から、本研究の結果は、

1. 低酸素環境下での片脚への機械的圧迫は、一過性に実験脚の動脈スティフネスのみを低下させるが、対照脚には有意な変化をもたらさないこと
2. 一過性の機械的圧迫に伴う動脈スティフネスの低下は、通常環境で行う場合に比して、低酸素環境下で行う場合には、同等か、若干、大きな効果が得られる可能性があること
3. 低酸素と機械的圧迫に伴う血流量やずり応力の変化の複合的な刺激が、一過性の特異的な動脈スティフネスの低下を引き起こすトリガー因子の1つである可能性
4. 定期的な片脚への機械的圧迫は、実験脚のみ動脈スティフネスを低下させること
5. 定期的な機械的圧迫に伴う動脈スティフネスの低下に、常酸素条件と低酸素条件で有意な差はなく、低酸素の相加作用が認められないことを、それぞれ示唆するものであった。

今後、若年者のみならず、中高齢者に対する詳細な検討を重ねつつ、本研究の知見を用いた動脈スティフネス予防・改善のための効果的な模擬運動方法への応用が期待されるとこ

ろである。

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 29 件)

- ① Nishiwaki M., Fujibayashi M., Nanayama C., Ogawa N., Itakura I., Matsumoto N. Habitually increasing physical activity in daily life during 8-week intervention reduces arterial stiffness in older women: a community-based pilot study. *J Sports Med Phys Fitness* in press, 2018. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.07238-3. (査読有)
- ② 西脇雅人, 松本直幸. ポケモン GO のプレイが日常歩数に及ぼす影響—日本人男子大学生を対象とした後ろ向き観察研究—. *体力科学* 67(3): 237-243, 2018. DOI:10.7600/jspfsm.67.237 (査読有)
- ③ Nishiwaki M., Kora N., Matsumoto N. Ingesting a small amount of beer reduces arterial stiffness in healthy humans. *Physiol Rep.* 5(15): e13381, 2017. DOI: 10.14814/phy2.13381. (査読有)
- ④ Hamada Y., Miyaji A., Hayashi Y., Matsumoto N., Nishiwaki M. Hayash N. Body composition and figure relate to eating speed assessed both by subjective and objective manners. *J Nutr Sci Vitaminol* 63(3): 174-179, 2017. DOI: 10.3177/jnsv.63.174. (査読有)
- ⑤ Kurobe K., Nakao S., Nishiwaki M., Matsumoto N. Combined effect of coffee ingestion and repeated bouts of low-intensity exercise on fat oxidation. *Clin Physiol Funct Imaging* 37: 148-154, 2017. DOI: 10.1111/cpf.12279. (査読有)
- ⑥ Nishiwaki M., Takahara K., Matsumoto N. Arterial stiffness in young adult swimmers. *Eur J Appl Physiol* 117(1): 131-138, 2017. DOI: 10.1007/s00421-016-3505-9. (査読有)
- ⑦ Nishiwaki M., Nakashima N., Ikegami Y., Kawakami R., Kurobe K., Matsumoto N. A pilot lifestyle intervention study: effects of an intervention using an activity monitor and Twitter on physical activity and body composition. *J Sports Med Phys Fitness* 57(4): 402-410, 2017. DOI: 10.23736/S0022-4707.16.06208-3. (査読有)
- ⑧ Nishiwaki M., Kawakami R., Saito K., Tamaki H., Ogita F. The effects of exercise training under mild hypoxic conditions on body composition and circulating adiponectin in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging* 36: 468-475, 2016.

- DOI: 10.1111/cpf.12252. doi:
10.1111/cpf.12252. (査読有)
- ⑨ Nishiwaki M., Yonemura H., Kurobe K., Matsumoto N. Four weeks of regular static stretching reduces arterial stiffness in middle-aged men. SpringerPlus 4: 555, 2015. DOI: 10.1186/s40064-015-1337-4. (査読有)
- ⑩ Nishiwaki M. and Matsumoto N. Physical activity and lifestyle intervention. J Phys Fitness Sports Med, 4(2): 187-195, 2015. DOI: 10.7600/jpfsm.4.187. (査読有)
- ⑪ Kurobe K., Huang Z., Nishiwaki M., Yamamoto M., Kanehisa H., Ogita F. Effects of resistance training under hypoxic conditions on muscle hypertrophy and strength. Clin Physiol Funct Imaging 35: 197-202, 2015. DOI: 10.1111/cpf.12147. (査読有)
- ⑫ Nishiwaki M. Effects of mild intermittent hypoxic training on arterial stiffness. Adv. Exerc. Sports Physiol. 20(3): 57-60, 2014. (査読有)
- ⑬ Nishiwaki M., Kuriyama A., Ikegami Y., Nakashima N., Matsumoto N. A pilot crossover study: Effects of an intervention using an activity monitor with computerized game functions on physical activity and body composition. J Physiol Anthropol 33:35, 2014. DOI: 10.1186/1880-6805-33-35. (査読有)
- ⑭ Nishiwaki M., Kurobe K., Kiuchi A., Nakamura T., Matsumoto N. Sex differences in flexibility-arterial stiffness relationship and its application for diagnosis of arterial stiffening: A cross-sectional observational study. PLoS One 9(11): e113646, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0113646. (査読有)
- ⑮ Ogita F, Nishiwaki M., Kurobe K, Zhong H, Tamaki H, Yotani K, Saito K. Effects of intermittent hypobaric hypoxic exercise for four weeks on cardiovascular responses. Adaptive Medicine 6(3): 124-130, 2014. DOI: 10.4247/AM.2014.ABE085. (査読有)
- ⑯ 西脇雅人, 木内敦詞, 中村友浩. インターネット依存と歩数の関係 -男子大学1年生を対象とした横断研究-. 体力科学 63(5): 445-453, 2014. DOI: 10.7600/jspfsm.63.445. (査読有)
- 影響. 第72回日本体力医学会, 2017.
- ③ 村上諒, 橋本翔太, 中野佑梨, 山口誉紘, 松本直幸, 西脇雅人. 低酸素環境下での機械的圧迫は動脈ステイフネスを予防・改善するか. 第72回日本体力医学会, 2017.
- ④ 橋本翔太, 村上諒, 中野佑梨, 山口誉紘, 松本直幸, 西脇雅人. 定期的な低酸素環境への身体曝露のみの実施が糖代謝に及ぼす影響. 第72回日本体力医学会, 2017.
- ⑤ 西脇雅人, 村上諒, 中野佑梨, 山口誉紘, 橋本翔太, 松本直幸. 身体活動レベルの違いが若年者の動脈ステイフネスの変化に及ぼす影響 -縦断観察研究-. 第72回日本体力医学会, 2017.
- ⑥ 黄忠, 黒部一道, 西脇雅人, 有光琢磨. 低酸素環境における複合トレーニングが筋力・間欠的運動能力に及ぼす影響. 第71回日本体力医学会, 2016.
- ⑦ 西脇雅人, 香良直輝, 松本直幸. 一過性の少量のビール摂取が動脈ステイフネスに与える影響. 第71回日本体力医学会, 2016.
- ⑧ 西脇雅人, 黄忠, 萩原正大, 中原海晴, 高原慶祐, 松本直幸. 一過性の低酸素刺激は体の柔軟性を高めるか. 日本トレーニング科学会, 2015.
- ⑨ 中原海晴, 高原慶祐, 松本直幸, 西脇雅人. 低酸素曝露と低酸素環境下でのストレッチが動脈ステイフネスと体の柔軟性に与える影響. 日本トレーニング科学会, 2015.
- ⑩ 西脇雅人, 藤林真美, 七山知佳, 小川宣子, 板倉勲子, 上村八尋, 松本直幸. 介入期間中の「プラス10」の実施が高齢者の動脈ステイフネスに与える影響. 第70回日本体力医学会, 2015.
- ⑪ 西脇雅人, 米村春香, 黒部一道, 松本直幸. 4週間の定期的な静的ストレッチトレーニングは中年男性の動脈ステイフネスを低下させるか. 第69回日本体力医学会, 2014.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西脇雅人 (NISHIWAKI Masato)
大阪工業大学・工学部・講師
研究者番号: 10635345

以上

[学会発表] (計 34件)

- ① 中村友浩, 西脇雅人. 筋や動脈の生理機能評価と新規健康増進方法の開発. イノベーションストリーム KANSAI 2018, 2018.
- ② 黒部一道, 黄忠, 大城英稔, 有光琢磨, 西脇雅人. 低酸素環境における複合トレーニングが内分泌と筋パフォーマンスに及ぼす