

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：34406

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K22830

研究課題名(和文) ストレッチで中心動脈を柔らかくできるか -実施方法の新規開発と作用機序の検討-

研究課題名(英文) Effects of direct trunk stretching on central arterial stiffness.

研究代表者

西脇 雅人(Nishiwaki, Masato)

大阪工業大学・工学部・准教授

研究者番号：10635345

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中や心臓病の予防のため、中心動脈スティフネスを低値(柔らかい状態)に保つことは、極めて重要である。本研究によって、(1)バランスボールを用いた定期的な全身性のストレッチは、中年男性の全身性の動脈スティフネスを低下させること、(2)バランスボールを用いた体幹ストレッチ運動は、中心動脈スティフネスを低下させること、(3)若年者に対する頸部へのストレッチ運動は、頸動脈の動脈壁組織弾性を顕著に変化させないこと、が明らかとなった。したがって、体幹ストレッチ運動によって中心動脈スティフネスを低下させることができること、その生理機序に、動脈壁の組織弾性変化は大きく関与してはいない可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国では、脳卒中や心臓病など心血管疾患は、死因の1/3、寝たきり原因の1/4を占め、対策が急務課題である。本研究の成果は、心血管疾患の予防や改善に対し、極めて重要となる中心動脈スティフネスが、比較的誰でも手軽に実施可能なストレッチングによって低下する可能性を見出した点は、強い社会的意義を有している。また、ストレッチに伴う中心動脈スティフネスの変化に対し、動脈壁の組織弾性の変化は大きく関与していない可能性が示された点は、動脈変化に関する生理学的機序を解明する上で、重要な示唆を与えるものであり、学術的に意義深い成果である。

研究成果の概要(英文)：To prevent cardiovascular diseases, the prevention and treatment of central arterial stiffness are of paramount importance, regardless of age. Our results indicate that (1) supervised training using an exercise ball reduces systemic arterial stiffness parameters, (2) direct trunk stretching using an exercise ball reduces central arterial stiffness, and (3) direct stretching to carotid artery did not reduce tissue elasticity of arterial wall in young subjects. Therefore, our findings suggest that direct trunk stretching would reduce central arterial stiffness and that tissue elasticity of arterial wall does not have strong effects on the reductions in central arterial stiffness.

研究分野：応用健康科学・運動生理学

キーワード：動脈スティフネス 動脈コンプライアンス 中心動脈 ストレッチ バランスボール 脈波伝播速度  
心臓足首血管指数 エラストグラフィー

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

我が国では、脳卒中や心臓病など心血管疾患は、死因の 1/3、寝たきり原因の 1/4 を占め、対策は急務課題である。大動脈や頸動脈等の中心動脈は、心血管疾患の発症や死亡と強く関連する。中心動脈は、全身の他の部位の動脈よりも、特に運動・身体活動習慣の影響を強く受けやすく、中心動脈を柔らかい状態（動脈スティフネスを低値）に保つことは、極めて重要である。

近年、先行研究<sup>1)</sup>や研究代表者らの研究<sup>2,3)</sup>によって、体が硬い者は動脈も硬いこと、定期的なストレッチが全身の動脈スティフネスを低下させること、が明らかとなってきた。一方、従来のストレッチ運動のみでは、心血管疾患予防に最も重要な中心動脈スティフネス増大を予防・改善できないと考えられてきた。しかし、研究代表者は、従来の実験に用いられる標準的なストレッチ方法では、頸動脈から大腿動脈までの中心動脈の範囲自体を伸展・屈曲・回旋させる機会が少なく、ストレッチの実施部位と中心動脈など評価部位が不一致であり、ストレッチ運動が中心動脈を変化させるか、否か、明らかにするためには、ストレッチ実施部位と動脈評価部位を対応させて検討していく必要があると考えられたが、こうした検討や議論は見落とされてきていた。

研究代表者は、特に、中心動脈の範囲をストレッチする手法として、バランスボールを用いたストレッチや頸部の局所ストレッチに注目し、従来、実施・検討が困難だった体幹ストレッチが中心動脈スティフネスに与える影響を的確かつ効果的に検討できるよう工夫した。また、中心動脈がストレッチで変化するとすれば、ストレッチに伴う伸展刺激のどのような要因が動脈を柔らかくするトリガー刺激となっているか、明らかにするための新規の方法を考案していくことも必要であると考えられた。

### 2. 研究の目的

上述の研究背景から、本研究では、中心動脈を柔らかくする新規ストレッチング方法の開発とその作用機序を明らかにすることを目的に、以下の 3 点について検討した。

- (1) バランスボールを用いた定期的なストレッチが部位別の動脈スティフネスに及ぼす影響
- (2) バランスボールを用いた一過性の体幹ストレッチが中心動脈スティフネスに及ぼす影響
- (3) ストレッチ運動が中心動脈における動脈壁組織弾性に与える影響

### 3. 研究の方法

#### (1)目的(1)に対する検討

日常的な運動習慣がない健康な中年男性 15 名 (52 ± 3 歳) を介入群 (8 名) と対照群 (7 名) に分け、介入群には 4 週間のストレッチングを中心とした 8-9 種類程度の全身性のバランスボール運動を 1 回 30 分程度実施した。対照群は、研究期間の間、運動や身体活動の習慣を意図的に変化させないよう指示されていた。実験前後に握力、長座体前屈、血圧脈波検査装置 (VS-1500AE/AN, Fukuda Denshi 社製) を用い、血圧・部位別の動脈スティフネス (心臓足首血管指数、心臓-足首脈波伝播速度、心臓-上腕脈波伝播速度、上腕-足首脈波伝播速度) を評価した。

#### (2)目的(2)に対する検討

日常的な運動習慣がない健康な若年男性 12 名 (21 ± 1 歳) に対し、30 分間の体幹ストレッチ条件と座位安静条件の 2 条件を別日に無作為の順で行った。運動条件ではバランスボールを用い、体幹の屈曲・伸展・側屈・回旋を伴う 30 秒のストレッチ運動を 30 秒の休息を挟みながら行った。なお、このストレッチは、各ストレッチング動作において、検者が最大可動域まで補助をする受動的な様式で行われた。各条件の前後に頸動脈-大腿動脈間の脈波伝播速度と超音波エコー (FC1, Fujifilm 社製) と中心血圧計 (Arteriograph, TensioMed 社製) を組み合わせて計測する頸動脈コンプライアンスを評価した。

#### (3)目的(3)に対する検討

日常的な運動習慣がない健康な若年成人男女 17 名 (23 ± 5 歳) を対象とし、15 分間の座位安静をとる対照条件とストレッチ条件の 2 条件を別日に無作為の順で行った。ストレッチ条件は頸部の屈曲・伸展などを伴う各 30 秒間の静的なストレッチとした。各条件の前後に超音波シェアウェーブ・エラストグラフィー (Aixplorer, SuperSonic Imagine 社製) を用い、総頸動脈における動脈壁組織弾性を評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) バランスボールを用いた定期的なストレッチが部位別の動脈スティフネスに及ぼす影響

両群の握力に有意な変化は認められなかった。対照群では、実験期間の前後に有意な変化は認められなかったが、介入群では実験期間後、長座体前屈が有意に増大し ( $P < 0.05$ )、心臓足首血管指数 ( $P < 0.01$ ) と心臓-足首脈波伝播速度 ( $P < 0.05$ ) に有意な低下が認められた。介入群の上腕-足首脈波伝播速度が低下する傾向が観察されたものの、心臓-上腕脈波伝播速度に有意な変化は認められなかった。

これらの結果から、バランスボールを用いた定期的な全身性のストレッチは、中年男性の体の柔軟性を向上させ、心臓足首血管指数や心臓-足首脈波伝播速度など全身の動脈スティフネスの指標を有意に低下させることが示された。しかしながら、大動脈などの中心動脈の範囲を部分的に含む指標である心臓-上腕脈波伝播速度に有意な変化は認められず、ストレッチ運動で中心動脈スティフネスを改善させるためには、中心動脈スティフネスの範囲をより直接にストレッチングする必要があると考えられた。

##### (2) バランスボールを用いた一過性の体幹ストレッチが中心動脈スティフネスに及ぼす影響

座位安静の対照条件では、全ての指標に有意な変化は認められなかった。一方、バランスボールを用いた体幹ストレッチ条件では、頸動脈-大腿動脈の脈波伝播速度の有意な低下 ( $P < 0.01$ )、頸動脈コンプライアンスの有意な増大 ( $P < 0.01$ ) が認められた。

さらに、本実験の知見を強化するための補足実験として、30分の下肢(大腿部)への一過性のストレッチ運動のみでは頸動脈-大腿動脈の脈波伝播速度の有意な変化が生じないことを本実験と同一の参加者の集団および異なる参加者の集団で、それぞれ確認した。また、本実験で採用したバランスボールを用いた受動的な体幹ストレッチ運動では、座位や立位の安静状態とおおよそ同等の筋活動であり、有酸素性運動やレジスタンス運動のように強い筋収縮を伴うものではない運動様式であることも9箇所表面筋電図を記録することで確認した。

したがって、こうした本研究の結果から、バランスボールを用いた体幹ストレッチ運動は、中心動脈スティフネスを低下させることを初めて見出した。こうした知見から、バランスボールを用いた体幹部の受動的なストレッチ運動が、中心動脈に対してより直接的な伸展刺激を与え、その結果、中心動脈の動脈壁伸展性を高めている可能性があると考えられた。

##### (3) ストレッチ運動が中心動脈における動脈壁組織弾性に与える影響

(2)で得られたストレッチに伴う中心動脈スティフネスの変化に、動脈壁の組織弾性の程度が関連している可能性を想定し、生理機序の解明に迫るための実験を行った。座位安静の対照条件では、全ての指標に有意な変化は認められなかった。一方、頸部ストレッチ条件では、開始前のbaselineに対し、頸動脈の動脈壁組織弾性の低下傾向が観察されたものの、有意な差は認められなかった。

これらの結果から、若年者に対する頸部へのストレッチ運動では、ストレッチに伴う直接的な伸展刺激が与えられた場合であっても、頸動脈の動脈壁組織弾性を顕著に変化させることはなく、(2)で得られるような中心動脈スティフネスの低下は、動脈壁の構造的な変化よりも、血流の変化などに伴う機能的な変化の方が貢献している可能性が推察された。

以上の(1)~(3)の検討から、体幹ストレッチ運動は、中心動脈スティフネスを低下させることが明らかとなったが、その生理機序に、動脈壁の組織弾性の変化は大きく関与していない可能性が示唆された。今後、対象者の年代などを変え、より詳細な追加検討を重ね、生理機序を明らかにしつつ、定期的な介入効果を検証していくことが重要であると考えられた。

#### <引用文献>

- 1) Yamamoto K, Kawano H, Gando Y, Iemitsu M, Murakami H, Sanada K, Tanimoto M, Ohmori Y, Higuchi M, Tabata I and Miyachi M. 2009. Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 297: H1314-1318.
- 2) Nishiwaki M, Kurobe K, Kiuchi A, Nakamura T and Matsumoto N. 2014. Sex Differences in Flexibility-Arterial Stiffness Relationship and Its Application for Diagnosis of Arterial Stiffening: A Cross-Sectional Observational Study. *PLoS One*, 9: e113646.
- 3) Nishiwaki M, Yonemura H, Kurobe K and Matsumoto N. 2015. Four weeks of regular static stretching reduces arterial stiffness in middle-aged men. *SpringerPlus*, 4: 555.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Ikebe H., Takiuchi S., Oi N., Takayanagi Y., Makino A., Itoh M., Matsumoto N., Ishido M., Nakamura T., Nishiwaki M.	4. 巻 122
2. 論文標題 Effects of trunk stretching using an exercise ball on central arterial stiffness and carotid arterial compliance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 1205-1216
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00421-022-04912-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikebe H., Cho N., Matsumoto N., Ishido M., Nakamura T., Nishiwaki M.	4. 巻 34
2. 論文標題 Regular exercise ball training reduces arterial stiffness in sedentary middle-aged males	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J Phys Ther Sci	6. 最初と最後の頁 386-392
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.34.386	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 -

1. 著者名 小田啓之, 西脇雅人, 黒部一道, 黄忠, 荻田太	4. 巻 34
2. 論文標題 短期間超最大強度での持続的運動トレーニングによるエネルギー供給能力の改善が30秒・1分で疲労困憊に至る超最大運動時の代謝応答と運動持続時間に及ぼす影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Oda H., Fujibayashi M., Matsumoto N., Nishiwaki M.	4. 巻 13
2. 論文標題 Acute effects of low-intensity electrical stimulation on segmental arterial stiffness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Front Physiol	6. 最初と最後の頁 828670
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2022.828670	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 -

1. 著者名 Kume D., Nishiwaki M., Takahara R., Hotta N.	4. 巻 122
2. 論文標題 The effectiveness of bench step exercise for ameliorating acute mental stress-induced arterial stiffening	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-022-04962-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林咲波, 七山知佳, 小川宣子, 松本直幸, 西脇雅人	4. 巻 69
2. 論文標題 継続的な緑茶の摂取が若年者の体脂肪と動脈スティフネスに及ぼす影響 - 無作為割り付け介入試験 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 体力科学	6. 最初と最後の頁 249-259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jspfsm.69.249	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 -

1. 著者名 Kume D., Nishiwaki M., Hotta N., Endoh H.	4. 巻 120
2. 論文標題 Impact of acute mental stress on segmental arterial stiffness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 2247-2257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-020-04448-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nishiwaki M., Yamaguchi T., Nishida R., Matsumoto N.	4. 巻 11
2. 論文標題 Dose of alcohol from beer required for acute reduction in arterial stiffness	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front Physiol.	6. 最初と最後の頁 1033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.01033	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 -

1. 著者名 Ogawa N., Nanayama Tanaka C., Ishido M., Nakamura T., Nishiwaki M.	4. 巻 11
2. 論文標題 Poor walking speed is associated with higher segment-specific arterial stiffness in older adult Japanese community dwellers: a cross-sectional study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front Physiol.	6. 最初と最後の頁 587215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.587215	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 -

1. 著者名 Nanayama Tanaka C., Higa H., Ogawa N., Ishido M., Nakamura T., Nishiwaki M.	4. 巻 11
2. 論文標題 Negative mood states are related to the characteristics of facial expression drawing: A cross-sectional study.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Front Psychol.	6. 最初と最後の頁 576683
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2020.576683	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 -

1. 著者名 Kume D., Nishiwaki M., Hotta N., Endoh H.	4. 巻 121
2. 論文標題 Acute mental stress-caused arterial stiffening can be counteracted by brief aerobic exercise.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Eur J Appl Physiol	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-021-04618-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小田啓之, 七山 (田中) 知佳, 石道峰典, 中村友浩, 西脇雅人	4. 巻 18
2. 論文標題 大学初年次男子学生の気分状態と生活習慣の関係	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 大学体育スポーツ学研究	6. 最初と最後の頁 075-083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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16件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 久米大祐, 西脇雅人, 堀田典生, 遠藤洋志
2. 発表標題 一過性の精神ストレスに伴う動脈スティフネス上昇に対する短時間の有酸素性運動の中和効果
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田啓之, 藤林真美, 松本直幸, 西脇雅人
2. 発表標題 一過性の骨格筋電気刺激が動脈スティフネスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 池辺晴美, 長奈菜美, 松本直幸, 石道峰典, 中村友浩, 西脇雅人
2. 発表標題 中年男性への定期的なバランスボールエクササイズが心臓-足首間脈波伝播速度に与える影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西脇雅人, 小田啓之, 尾井直矢, 久米大祐
2. 発表標題 1本歯サンダルを着用して行う運動が足底表面温度および内側縦アーチ高に与える影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朝田成重, 山下侑子, 川原幸一, 西脇雅人
2. 発表標題 一過性の天然蜂蜜Xの摂取が動脈スティフネスに与える影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾井直矢, 高柳侑真, 池辺晴美, 久米大祐, 松本直幸, 西脇雅人
2. 発表標題 有酸素運動とストレッチの複合運動の実施順序が動脈スティフネスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小田啓之, 西脇雅人, 黒部一道, 黄忠, 荻田太
2. 発表標題 短期間超最大強度での持続的運動トレーニングが30秒・1分運動時の代謝応答とパフォーマンスに及ぼす影響
3. 学会等名 日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Oi N., Takayanagi Y., Ikebe H., Kume D., Matsumoto N., Nishiwaki M.
2. 発表標題 Combined effects of acute aerobic exercise before and after stretching on brachial artery flow-mediated dilation
3. 学会等名 ACSM (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 西脇雅人
2. 発表標題 介入研究の知見による動脈スティフネスに対するストレッチングの有用性
3. 学会等名 日本体力医学会大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nishiwaki and Matsumoto
2. 発表標題 Continuous Physical Activity Modulates Arterial Stiffening In Young People: A Prospective Longitudinal Observational Study
3. 学会等名 ACSM 2020（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久米大祐, 西脇雅人, 堀田典生, 遠藤洋志
2. 発表標題 一過性の精神ストレス後の足首血圧の変化
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 七山（田中）知佳, 比嘉勇人, 小川宣子, 石道峰典, 中村友浩, 西脇雅人
2. 発表標題 ネガティブ感情の程度と表情描画における目の特徴との関連性に関する検討
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西脇雅人, 小川宣子, 七山知佳, 池辺晴美, 松本直幸
2. 発表標題 日本人地域在住高齢者の血圧, 動脈スティフネス, および体力の特性
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本直幸, 吉永結衣, 入部祐郁, 西脇雅人
2. 発表標題 事前の短時間中強度運動が反応抑制および作業記憶課題に及ぼす影響
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池辺晴美, 瀧内渉太, 小川宣子, 七山知佳, 松本直幸, 石道峰典, 中村友浩, 西脇雅人
2. 発表標題 一過性の体幹ストレッチ運動は中心動脈スティフネスを低下させるか
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川宣子, 七山知佳, 池辺晴美, 石道峰典, 中村友浩, 西脇雅人
2. 発表標題 地域在住高齢者における外出行動の客観的評価と地域特性に関する検討
3. 学会等名 日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究業績の公開

<https://www.oit.ac.jp/japanese/academic/eng/dept/human/ken-tai/>

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
---------	---------