

令和 6 年 5 月 24 日現在

機関番号：32411

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11591

研究課題名（和文）体力測定データを用いた疾病予防のための新規予防法開発に向けた疫学研究

研究課題名（英文）Epidemiological research for the development of new preventive methods for disease prevention using physical fitness data

研究代表者

丸藤 祐子（Gando, Yuko）

駿河台大学・スポーツ科学部・准教授

研究者番号：60613932

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）：柔軟性と生活習慣病リスクとの関連を調査することを目的とした。性・年代別に立位体前屈の測定値から、柔軟性が「低い群」、「やや低い群」、「やや高い群」、「高い群」に群分けされた。高血圧発症の有無を目的変数とし、年齢、BMI、性別、運動習慣、喫煙習慣、飲酒習慣を説明変数として、Cox比例ハザードモデルを用いて分析した。柔軟性が高いほど、高血圧発症リスクが低く、最も低い群と比較すると、最も高い群では17%高血圧発症リスクが低かった。文献レビューの結果、柔軟性の測定方法や定義などについては課題が残されていた。柔軟性が向上すると動脈ステイフネスや高血圧は改善するのかについて、検討がさらなる必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

全身持久力・筋力・柔軟性は体力の主要な構成要素である。全身持久力や筋力は、健康関連体力として重要視され、これまでに多くの先行研究によって疾病発症との関連が報告されている。一方で、柔軟性については、全身持久力や筋力といった体力ほど重要視されてこなかった。高齢化や疾病構造の変化が加速する日本においては、大きなエネルギー消費を必要としない体力も、日常生活を営むために必要な生活体力として、今後より推奨すべき体力であると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the relationship between flexibility and risk of lifestyle-related diseases. Based on the measured values of standing forward bending by sex and age, the subjects were grouped into "lowest," "lower," "higher," and "highest" flexibility groups. The higher the flexibility, the lower the risk of developing hypertension, and the highest group had a 17% lower risk of developing hypertension when compared to the lowest group. A literature review was conducted to investigate the relationship between arterial stiffness and risk of developing hypertension through stretching, an exercise that contributes to increased flexibility, but issues remain regarding the measurement and definition of flexibility. Further studies are needed to determine whether increased flexibility improves arterial stiffness and hypertension.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：体力 疾病予防 柔軟性

### 1. 研究開始当初の背景

全身持久力・筋力・柔軟性・平衡性は体力の主要な構成要素である。全身持久力や筋力は、健康関連体力として重要視され、これまでに多くの先行研究によって疾病発症との関連が報告されている。一方で、柔軟性や平衡性といった、必ずしも大きなエネルギー消費を必要としない体力については、全身持久力や筋力ほど重要視されてこなかったが、柔軟性や平衡性も日常生活を営むために必要な体力（生活体力）として、高齢化や疾病構造の変化（「がん・循環器疾患」）に加えて、「認知症、うつ、フレイル」の対策に取り組む必要性）が加速する日本においては、今後より推奨すべき体力であると考えられる。しかしながら、これら生活体力と健康リスクとの関連を示すエビデンスはほとんど無い。

### 2. 研究の目的

国内で得られた体力測定の結果を用いて、柔軟性と生活習慣病発症リスクとの関連を調査することを目的とした。具体的には、国内で大規模に実施されている体力測定と健康診断のデータを用いて、柔軟性と高血圧発症の関係をコホート研究によって明らかにすることを目的とした。

さらに、コホート研究から明らかとなった体力である「柔軟性」に焦点を当て、柔軟性の向上に資する運動であるストレッチングにより動脈スティフネスや高血圧発症リスクとの関係を調査した文献レビューを実施した。

### 3. 研究の方法

国内で人間ドックを受診した22972人の体力側データと健康診断データを利用して分析を行った。柔軟性の評価は、立位体前屈計で測定された値を用いた。対象者は、性・年代別に立位体前屈の測定値から、柔軟性が「低い群」、「やや低い群」、「やや高い群」、「高い群」に群分けされた。高血圧については、収縮期血圧 $\geq 140$ mm Hg、拡張期血圧 $\geq 90$ mm Hg、過去に診断された高血圧の自己報告歴、高血圧の薬物療法歴があった場合に高血圧と判定した。高血圧発症の有無を目的変数とし、年齢、BMI、性別、運動習慣、喫煙習慣、飲酒習慣を説明変数として、Cox 比例ハザードモデルを用いて分析した。

### 4. 研究成果

#### (1) 対象者の特徴

対象者の特徴（平均値 $\pm$ 標準偏差）は、年齢：49 $\pm$ 8歳、BMI：22 $\pm$ 2kg/m<sup>2</sup>、収縮期血圧：114 $\pm$ 11 mmHg、拡張期血圧：73 $\pm$ 8 mmHg、運動習慣有：34%、喫煙者：36%、飲酒習慣有：71%であった。

#### (2) 柔軟性別の高血圧発症率の関係

表1に柔軟性（「低い群」、「やや低い群」、「やや高い群」、「高い群」）と高血圧発症率の関係を示した。年齢調整モデルにおいて、柔軟性別の高血圧発症リスクは、柔軟性が高い群で発症リスクが低く、最も低い群と比較すると、最も高い群では、19%高血圧発症リスクが低かった。同様に、多変量調整モデルにおいても、柔軟性が高いほど、高血圧発症リスクが低く、最も低い群と比較すると、最も高い群では17%高血圧発症リスクが低かった。

年齢（ $P = 0.53$ ）、BMI（ $P = 0.16$ ）、性別（ $P = .77$ ）、飲酒習慣（ $P = 0.42$ ）の各変数との交互作用は認められなかった。

表1. 柔軟性と高血圧発症率の関係

柔軟性	人年	発症者数	年齢調整モデル ハザード比 (95%信頼区間)	多変量調整モデル ハザード比 (95%信頼区間)
低い	24886	1091	1.00	1.00
やや低い	26123	1102	0.97 (0.89-1.05)	0.96 (0.88-1.04)
やや高い	25341	1091	0.97 (0.90-1.06)	0.94 (0.87-1.03)
高い	26598	951	0.81 (0.74-0.88)	0.83 (0.76-0.91)

#### (3) 感度分析

立位体前屈の測定において、肥満状態が前屈動作に影響を与える可能性がある。そのため、BMIが25未満の人のみを対象とした感度分析を行った。その結果、最も低い群と比較して、ハザード比および95%信頼区間は、やや低い群で0.94（0.85~1.04）、高い群で0.94（0.85~1.04）、やや高い群で0.82（0.74~0.91）であり、柔軟性と高血圧発症リスクの関係が変化することはなかった。

#### (4) 柔軟性と動脈ステイフネスに関する文献レビュー

横断研究において、長座体前屈で評価した柔軟性は、全身持久力と独立して、baPWV および cfPWV と負の関連を示すことが報告されている(Yamamoto, 2009)。柔軟性と動脈ステイフネスの関係の性差を調査した研究では、男性と高齢女性において、柔軟性と動脈ステイフネスの間に関係があることを報告している(Nishiwaki, 2014)。縦断観察研究において、柔軟性と cfPWV 上昇に関連がみられている(Gando, 2017)。柔軟性と動脈ステイフネスの加齢変化は似ており、一般的に、加齢に伴う動脈壁の硬化は中年期以降に加速する。同様に、柔軟性の低下も中年期以降に加速することが約 6,000 人を対象とした調査で示唆されている(Medeiros, 2013)。性差の特徴について、女性は男性よりも柔軟性が高く、動脈ステイフネスは低い。柔軟性は筋、腱、靭帯、関節包などの構造的な要因で規定されるだけでなく、神経作用のような機能的要因によっても決定される。同様に、動脈ステイフネスも構造的と機能的要因によって決定される。これらのことから、柔軟性と動脈ステイフネスが関連している可能性はある。

柔軟性を改善させるための運動は、ストレッチングやヨガである。いくつかの研究で、ストレッチングやヨガが動脈ステイフネスへ及ぼす影響について調査している。全身のストレッチング(約 40 分間)を実施し、一過性の動脈ステイフネスへの応答を調査した研究(Yamato, 2016)では、faPWV と baPWV は 30 分後で最も低下し、60 分後では実施前の値に返ることが観察された。一方で、cfPWV は有意な変化は観察されなかった。この研究グループではさらに、片脚をストレッチさせたときの PWV の応答を調査した(Yamato, 2017)。ストレッチさせた脚の faPWV は低下が観察されたが、ストレッチさせていない脚の faPWV は変化しなかった。cfPWV の変化も観察されなかった。これらのことから、ストレッチングは一過的に動脈ステイフネスの低下を引き起こし、局所的なメカニカルストレスが影響しているかもしれないことを示唆している。

習慣的なストレッチングによる動脈ステイフネスへの影響を調査した研究では、健康な中年男性を対象にして、1 回約 30 分で週 5 日のストレッチングを 4 週間実施した結果、baPWV が低下したことが報告されている(Nishiwaki, 2015)。健康な閉経前女性を対象にして 1 回約 15 分で毎日ストレッチングを 24 週間実施した介入研究では、baPWV が低下している。この研究では、介入後に 24 週間の detraining period を設定し、baPWV がもとの値に戻ったことも示されている(Shinno, 2017)。肥満閉経後女性を対象にした研究では、1 回約 50 分で週 3 回のストレッチングを 8 週間実施した介入研究において、PWV に変化はなかったが、SBP、DBP、augmentation index が低下したことが確認されている(Wong, 2014)。この研究において、vascular sympathetic activity のマーカーとされる low-frequency component of SBP も低下したことから、ストレッチングが vasomotor tone の交感神経調節を改善し、血圧や augmentation index の低下を引き起こしたのかもしれないとしている。コントロール群としてストレッチングをさせた介入研究もあり、動脈ステイフネスが改善したもの(Cortez-Cooper, 2008)と変化しなかった(Williams, 2013) (Kearney, 2014)結果になっている。

柔軟性と動脈ステイフネスや高血圧発症との間に因果関係があるのかどうかを判断するためには、関連の可逆性(柔軟性が向上すると動脈ステイフネスや高血圧は改善するのか)や生物学的妥当性(柔軟性と動脈ステイフネスの関連を支持する機序が存在するのか)を検討する必要がある。柔軟性の測定方法や定義などについては課題が残されていると言える。

#### <引用文献>

1. Yamamoto K, Kawano H, Gando Y et al. Poor trunk flexibility is associated with arterial stiffening. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2009;297:H1314-8.
2. 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* 2014;9:e113646.
3. Gando Y, Murakami H, Yamamoto K et al. Greater Progression of Age-Related Aortic Stiffening in Adults with Poor Trunk Flexibility: A 5-Year Longitudinal Study. *Front Physiol* 2017;8:454.
4. Medeiros HB, de Araujo DS, de Araujo CG. Age-related mobility loss is joint-specific: an analysis from 6,000 Flexitest results. *Age (Dordr)* 2013;35:2399-407.
5. Yamato Y, Hasegawa N, Sato K, Hamaoka T, Ogoh S, Iemitsu M. Acute Effect of Static Stretching Exercise on Arterial Stiffness in Healthy Young Adults. *Am J Phys Med Rehabil* 2016;95:764-70.
6. Yamato Y, Hasegawa N, Fujie S, Ogoh S, Iemitsu M. Acute effect of stretching one leg on regional arterial stiffness in young men. *Eur J Appl Physiol* 2017;117:1227-1232.
7. Nishiwaki M, Yonemura H, Kurobe K, Matsumoto N. Four weeks of regular static stretching reduces arterial stiffness in middle-aged men. *Springerplus* 2015;4:555.
8. Shinno H, Kurose S, Yamanaka Y et al. Evaluation of a static stretching intervention on vascular endothelial function and arterial stiffness. *Eur J Sport Sci* 2017;17:586-592.
9. Wong A, Figueroa A. Eight weeks of stretching training reduces aortic wave reflection magnitude and blood pressure in obese postmenopausal women. *J Hum Hypertens* 2014;28:246-50.
10. Cortez-Cooper MY, Anton MM, Devan AE, Neidre DB, Cook JN, Tanaka H. The effects of strength training on central arterial compliance in middle-aged and older adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008;15:149-55.
11. Williams AD, Ahuja KD, Almond JB, Robertson IK, Ball MJ. Progressive resistance training might improve vascular function in older women but not in older men. *J Sci Med Sport* 2013;16:76-81.
12. Kearney TM, Murphy MH, Davison GW, O'Kane MJ, Gallagher AM. Accumulated brisk walking reduces arterial stiffness in overweight adults: evidence from a randomized control trial. *J Am Soc Hypertens* 2014;8:117-26.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Gando Yuko, Sawada Susumu S., Momma Haruki, Kawakami Ryoko, Miyachi Motohiko, Lee I Min, Blair Steven N., Tashiro Minoru, Horikawa Chika, Matsubayashi Yasuhiro, Yamada Takaho, Fujihara Kazuya, Kato Kiminori, Sone Hirohito	4. 巻 31
2. 論文標題 Body flexibility and incident hypertension: The Niigata wellness study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports	6. 最初と最後の頁 702 ~ 709
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.13867	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 該当する
1. 著者名 Kawakami Ryoko, Gando Yuko, Kato Kiminori, Sawada Susumu S., Momma Haruki, Miyachi Motohiko, Lee I-Min, Blair Steven N., Tashiro Minoru, Horikawa Chika, Matsubayashi Yasuhiro, Yamada Takaho, Fujihara Kazuya, Sone Hirohito	4. 巻 17
2. 論文標題 A Prospective Cohort Study of Muscular and Performance Fitness and Incident Glaucoma: The Niigata Wellness Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Activity and Health	6. 最初と最後の頁 1171 ~ 1178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1123/jpah.2019-0660	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 該当する
1. 著者名 Kawakami Ryoko, Sawada Susumu S., Kato Kiminori, Gando Yuko, Momma Haruki, Oike Hideaki, Miyachi Motohiko, Lee I-Min, Blair Steven N., Tashiro Minoru, Horikawa Chika, Matsubayashi Yasuhiro, Yamada Takaho, Fujihara Kazuya, Sone Hirohito	4. 巻 134
2. 論文標題 A Prospective Cohort Study of Muscular and Performance Fitness and Risk of Hearing Loss: The Niigata Wellness Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The American Journal of Medicine	6. 最初と最後の頁 235 ~ 242. e4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amjmed.2020.06.021	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 該当する
1. 著者名 Miyamoto Rumi, Sawada Susumu S., Gando Yuko, Matsushita Munehiro, Kawakami Ryoko, Muranaga Shingo, Osawa Yumiko, Ishii Kaori, Oka Koichiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Stand-up test overestimates the decline of locomotor function in taller people: a cross-sectional analysis of data from the Kameda Health Study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 175 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.31.175	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 Miyamoto Rumi, Sawada Susumu S., Gando Yuko, Matsushita Munehiro, Kawakami Ryoko, Muranaga Shingo, Osawa Yumiko, Ishii Kaori, Oka Koichiro	4. 巻 32
2. 論文標題 Simple-measured leg muscle strength and the prevalence of diabetes among Japanese males: a cross-sectional analysis of data from the Kameda health study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.32.1	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 Momma Haruki, Sawada Susumu S., Kato Kiminori, Gando Yuko, Kawakami Ryoko, Miyachi Motohiko, Huang Cong, Nagatomi Ryoichi, Tashiro Minoru, Ishizawa Masahiro, Kodama Satoru, Iwanaga Midori, Fujihara Kazuya, Sone Hirohito	4. 巻 29
2. 論文標題 Physical Fitness Tests and Type 2 Diabetes Among Japanese: A Longitudinal Study From the Niigata Wellness Study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Epidemiology	6. 最初と最後の頁 139~146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2188/jea.JE20170280	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5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 丸藤祐子
2. 発表標題 からの柔軟性と動脈スティフネス・高血圧発症リスクとの関係
3. 学会等名 第77回日本体力医学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 丸藤祐子
2. 発表標題 体力と生活習慣病発症リスクとの関係：疫学研究の紹介とメカニズム解明の重要性
3. 学会等名 第99回日本生理学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kawakami, R, Sawada, S Susumu, Kato, K, Gando, Y, Momma, H, Oike, H, Miyachi, M, Lee, IM, Blair, N Steve, Tashiro, M and Sone, H
2. 発表標題 A Prospective Cohort Study of Physical Fitness And Incident Hearing Loss: The Niigata Wellness Study
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 67th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川上諒子, 澤田亨, 加藤公則, 丸藤祐子, 門間陽樹, 大池秀明, 宮地元彦, 田代稔, 曾根博仁
2. 発表標題 体力と難聴罹患の関係：前向きコホート研究
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kawakami R, Sawada SS, Gando Y, Momma H, Tashiro M, Lee IM, Blair SN, Miyachi M, Higuchi M, Kato K, Sone H
2. 発表標題 A Prospective Cohort Study of Physical Fitness and Incident Glaucoma: The Niigata Wellness Study.
3. 学会等名 American College of Sports Medicine 66th Annual Meeting. (国際学会)
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----

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