

地域在住高齢者の全身持久力と 血圧との関連：健康増進施設における複合的 トレーニング実践者を対象とした縦断研究

Effects of cardiorespiratory fitness on blood pressure in
community-dwelling older adults: A longitudinal study of combined
training practitioners in a health promotion facility

齋藤義信*1,2,3, 田中あゆみ*4, 平田昂大*3,5, 小熊祐子*3,5

キー・ワード：peak oxygen uptake, hypertension, health promotion facilities
最高酸素摂取量, 高血圧, 健康増進施設

〔要旨〕（目的）健康増進施設で複合的トレーニングを実践する高齢者の全身持久力と血圧との関連を縦断的に検討すること。

（方法）対象は、藤沢市保健医療センターで複合的トレーニングを実践する高齢者 585 人（男性 244 人：平均年齢 71.0（標準偏差 6.8）歳，女性 341 人：67.8（7.3）歳）であった。2017 年から 2021 年の 5 時点のうち、2 時点以上取得可能であったメディカルチェックデータを用いた。統計解析は線形混合効果モデルを用い、1 時点あたりの血圧値の変化を推定した。収縮期血圧、拡張期血圧、脈圧を従属変数、全身持久力（最高酸素摂取量）を独立変数、年齢、肥満有無、喫煙有無を調整変数としたモデル 1、モデル 1 に降圧剤服用有無を加えたモデル 2 による分析を性別に実施した。

（結果）取得したメディカルチェックの回数は、2 回が最も多かった（男性 42.6%，女性 51.6%）。最高酸素摂取量の増加が収縮期血圧の低下に影響することが示された（モデル 1：男女，モデル 2：女性のみ）。拡張期血圧では関連を認めなかった。脈圧では両モデルにおいて男女ともに有意な関連が認められ、モデル 2 においては、最高酸素摂取量が 1 mL/kg/min 増加することによって男性 0.27 mmHg，女性 0.45 mmHg の脈圧低下が認められた。

（結語）地域在住高齢者において、全身持久力の増加が収縮期血圧と脈圧の低下に影響することが示された。

緒 言

循環器疾患の主要な危険因子である高血圧は、世界中で重要な公衆衛生上の課題になっている¹⁾。例えば、米国成人における高血圧有病者数（130/

80 mmHg 以上）は 1 億 1,990 万人（48.1%）で、そのうちの 9,290 万人がコントロール不良であることが報告されている²⁾。日本においては、2019 年国民健康・栄養調査で収縮期血圧 140 mmHg 以上の高血圧を有する日本人成人は、男性 29.9%，女性 24.9% であり、この 10 年間で男女とも有意な減少が認められた³⁾。しかしながら、2022 年国民生活基礎調査によれば、高血圧は通院者率が最も高い傷病となっており⁴⁾、高血圧治療ガイドライン 2019 においても日本における高血圧有病者数（140/90 mmHg 以上）は約 4,300 万人と推計されている。さらに、高血圧有病者のうち、血圧を適切にコン

*1 日本体育大学スポーツマネジメント学部

*2 日本体育大学大学院体育学研究所

*3 慶應義塾大学スポーツ医学研究センター

*4 公益財団法人藤沢市保健医療財団

*5 慶應義塾大学大学院健康マネジメント研究科

Corresponding author：小熊祐子（yoguma@keio.jp）

トロールできている人は1,200万人(27%)、高血圧であることを認識していない人は1,400万人(33%)と推計されている⁵⁾。このように、高血圧はコントロール不良者が多く、適切な予防と治療が重要である。

世界保健機関の身体活動・座位行動ガイドラインにおける公衆衛生上の推奨事項は、中強度の有酸素性の身体活動を少なくとも150~300分、または高強度の有酸素性の身体活動を少なくとも週に75~150分行うか、これらの組み合わせによる同等の量を行うこととされている。さらに筋力向上活動を週2日以上実施することも推奨されている⁶⁾。これらの推奨事項は成人・高齢者とも同等である。日本では2024年1月に「健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023」が発表された⁷⁾。成人における推奨量は3メッツ以上の強度の身体活動を23メッツ・時/週、高齢者は15メッツ・時/週であり、日本人の現状値なども考慮して設定された。本ガイドでは、高血圧を含む慢性疾患を有する人の身体活動のポイントが示されており、慢性疾患を有する人であっても、身体活動を制限する状態でなければ、基本的には、一般成人・高齢者の推奨事項が活用できると記載されている。またこれらのガイドラインでは、量反応関係があることが示されており、現状よりも少しでも体を動かすことを推奨している。例えば高血圧有病者では、週に約12メッツ・時以上の余暇身体活動(中高強度)によって男性で16%、女性で22%心血管疾患による死亡率を減少することが示されている。さらに、週に約18メッツ・時以上では男性で27%、女性で24%心血管疾患による死亡率を減少させる量反応関係が認められている⁸⁾。

日本人成人男性6,653人を対象に、「健康づくりのための身体活動基準2013」で設定された全身持久力の基準達成と高血圧発症との関連を検討した研究では、追跡開始時に基準を達成していたグループは、達成していなかったグループと比較して、21%高血圧の発症リスクが低いことが示された。さらに、追跡開始以前の6年間の測定における基準達成回数(0~7回)が多いほど(3回以上)、高血圧の発症リスクが低下(28~38%)した⁹⁾。スウェーデンにおける成人91,728人を対象とした大規模研究では、全身持久力の3%以上の増加は、高血圧発症リスクを11%低下することが報告された¹⁰⁾。このように、身体活動と全身持久力を増や

すことと基準を満たすことは高血圧の予防・改善に有効である。

高血圧の予防・改善に対する有酸素運動・筋力向上活動やそれらの組み合わせによる運動療法の効果も多くの先行研究によって明らかにされている¹¹⁾。「健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023」では、高齢者の運動について有酸素運動・筋力トレーニング・バランス運動・柔軟運動など多要素な運動(マルチコンポーネント運動)を週3日以上実施することを推奨している⁷⁾。マルチコンポーネント運動は、高齢者の転倒、転倒関連の負傷、骨粗鬆症のリスク低下と関連することが示され、厚生労働大臣認定健康増進施設での標準的運動プログラムにも組み込まれている¹²⁾。そして、実際に多くの健康増進施設においてマルチコンポーネント運動を含む複合的トレーニングが実施されてきた。しかしながら、これまで蓄積されてきたエビデンスの多くは主に統制された環境で実施された研究に基づいており、実社会における研究から得られたエビデンスは少なく、縦断研究が求められている¹³⁾。また、高齢者の血圧に対する全身持久力の影響に関して、健康増進施設の現場で得られたデータをもとにした縦断研究は我々が知る限り見当たらない。

そこで本研究は、健康増進施設で複合的トレーニング(マルチコンポーネント運動)を実践する高齢者の全身持久力と血圧との関連を縦断的に検討することを目的とした。

対象および方法

1. 研究デザインと対象者

本研究は、2017年1月から2021年12月の期間に、公益財団法人藤沢市保健医療財団が運営する藤沢市保健医療センターの健康づくりトレーニング事業¹⁴⁾に参加した高齢者を対象とした後ろ向きコホート研究である。同センターは藤沢市における健康づくりの中核的な実践機関であり、健康づくりトレーニング事業は、18歳以上の藤沢市民を対象に、市の委託事業として1994年から実施している。なお、本研究の開始年である2017年の参加者のうち、65歳以上の高齢者は72.5%であった。

この事業の参加にあたり、対象者は近隣の医療機関などにおいて各自で健康診断を受けた。その後、藤沢市保健医療センターで体力測定および運動負荷試験を含むメディカルチェックを受けた。

そして事業に継続参加する場合には、健康診断とメディカルチェックを原則1年に1回受けた。本研究では、2017年、2018年、2019年、2020年、2021年の5時点のうち、2時点以上のメディカルチェックデータが取得可能であったトレーニング継続実施者585人（男性244人、女性341人）を対象とした。

データは、個人情報を除いた匿名加工情報として同センターより提供された。本研究は、慶應義塾大学スポーツ医学研究センター研究倫理審査委員会の承認を得て（承認番号2022-06）、実施した。

2. 複合的トレーニングプログラム

複合的トレーニングプログラムは、メディカルチェックによるリスク層別と体力測定結果、運動習慣などをもとにした個別プログラムである。プログラムは、藤沢市保健医療センターに勤務する日本医師会認定健康スポーツ医の運動処方に基づき、健康運動指導士が実際の負荷設定を担っている。トレーニングは、同センター内のトレーニングルームにて実施され、健康運動指導士を含む運動指導者が2～3名配置されている。有酸素運動は、運動負荷試験の結果から得られた40～60% heart rate reserveの強度で最大3種目（自転車エルゴメーター、トレッドミル、ローイングエルゴメーター）、合計約40分処方した。レジスタンス運動は、トレーニングマシンを用い、20 repetition maximum程度の負荷で最大12種目（上肢2種目、体幹5種目、下肢5種目）、10～15回を1～2セット実施している。その他にコンディショニング運動（特定部位のストレッチングや自重トレーニング）、バランス運動（片足立ち、平行棒、バランスディスクなど）、ウォームアップ・クールダウン時のストレッチングで構成されている。運動強度は、自覚的運動強度（楽である～ややきつい）も確認して決定している。1回の合計トレーニング時間は60～90分であり、健康運動指導士が5回ごとに種類、強度、量などの確認と調整を行っている。

同センターは、厚生労働大臣認定の運動型健康増進施設（2018年10月認定）ならびに厚生労働省指定の指定運動療法施設（2024年3月指定）である。健康増進施設は、厚生労働省が1988年に国民の健康づくりを推進する上で一定の基準（設備、健康運動指導士などの指導者、プログラムなど）を満たしたスポーツクラブやフィットネスクラブを

認定し、その普及を図るため「運動型健康増進施設認定規程」を策定して大臣認定をするものである。指定運動療法施設は、健康増進施設のうち、一定の条件（提携医療機関担当医が日本医師会認定健康スポーツ医（以下、健康スポーツ医）であることや料金体系の設定など）を満たすことで指定運動療法施設として指定を受け、利用料金を医療費控除の対象とすることができる。

なおトレーニングプログラムは、健康増進施設の認定前後で変更はなかった。

3. 評価項目

同センターで実施したメディカルチェックの結果から、性別、年齢、血圧値（収縮期血圧・拡張期血圧）、脈圧（収縮期血圧と拡張期血圧の差）、Body Mass Index (BMI)、最高酸素摂取量、喫煙の有無、降圧剤服薬の有無を取得した。

本研究では、収縮期血圧、拡張期血圧、脈圧を従属変数とした。独立変数は、複合的トレーニングによって増加が期待される全身持久力の指標である最高酸素摂取量とした。血圧は、看護師が診察室外で自動血圧計（HBP-9020, オムロンヘルスケア）により、安静座位で1回測定した。最高酸素摂取量は、運動負荷試験の結果から推定した。運動負荷試験は、自転車エルゴメーター（STB-2400, コンビ）を用いて、健康スポーツ医の立ち合いのもと、ランプ負荷法（15watt 開始+15watt/分）で実施した。対象者には、これ以上こげないというところまで自転車をこいでもらうよう指示した。運動負荷中は心拍数、血圧、心電図（STU-2100, 日本光電）および自覚的運動強度を測定し、対象者の安全保持に努めた¹⁵⁾。年齢、体重および運動負荷時の最高仕事率（watt）からStorerらの式を用いて最高酸素摂取量を推定し、分析の際は体重当たりの値（mL/kg/min）を用いた¹⁶⁾。

4. 統計解析

男女間の測定項目における平均値の差の検定には対応のないt検定を用い、肥満（BMI 25.0以上）有無、喫煙有無、降圧剤服薬有無の割合の検定にはカイ二乗検定を用いた。

血圧値と最高酸素摂取量との縦断的関連を検討するために、最尤法による線形混合効果モデルを用いた。メディカルチェックの5時点（レベル1）と個人（レベル2）が入れ子構造にある階層性を持つデータとして扱い、レベル1の固定効果を求めることで、1時点あたりの血圧値の変化（非標準化

表 1 ベースラインにおける対象者の特徴

	男性 (n = 244)	女性 (n = 341)	P 値
年齢, 歳	71.0 (6.8)	67.8 (7.3)	<0.001
収縮期血圧, mmHg	133.3 (16.7)	131.3 (19.3)	0.183
拡張期血圧, mmHg	74.3 (11.0)	72.5 (11.4)	0.055
脈圧, mmHg	59.0 (11.9)	58.8 (13.3)	0.828
高血圧者, n (%)	150 (61.5)	179 (52.6)	0.035
BMI, kg/m ²	23.3 (2.5)	22.4 (2.9)	<0.001
肥満者, n (%)	55 (22.5)	51 (15.0)	0.020
最高酸素摂取量, mL/kg/min	25.6 (5.6)	22.9 (3.8)	<0.001
喫煙者, n (%)	13 (5.3)	13 (3.8)	0.385
降圧剤服用者, n (%)	118 (48.4)	131 (38.5)	0.018

平均値 (標準偏差)

対応のない t 検定, χ^2 検定

高血圧者: メディカルチェック時の血圧 (収縮期血圧 140mmHg 以上, 拡張期血圧 90mmHg 以上), または降圧剤服用のいずれかに該当する者

BMI: Body Mass Index, 肥満者: BMI 25.0 以上

係数とその 95% 信頼区間) を推定した。分析は、収縮期血圧, 拡張期血圧, 脈圧を従属変数, 最高酸素摂取量を独立変数, 年齢, 肥満有無, 喫煙有無を調整変数としたモデル 1, モデル 1 に降圧剤服用有無を加えたモデル 2 を性別ごとに実施した。降圧剤の服用は, 血圧を適切にコントロールする上で重要であるため, 2 つのモデルを設定した。なお調整変数は, 同センター利用者における健康関連体力と心血管危険因子との関係を検討した研究結果¹⁵⁾ およびベースライン時点の相関分析をもとに決定した。

全ての解析には IBM SPSS Statistics ver. 27 (IBM Japan Inc., Tokyo, Japan) を用い, 統計学的有意水準は 5% とした。

結 果

1. 対象者の特性

対象者 585 人 (男性 244 人, 女性 341 人) におけるベースライン時の属性で有意な男女差を認めた項目は, 年齢, BMI, BMI 25.0 以上の肥満者割合, 最高酸素摂取量, 降圧剤服用者割合であり, すべて女性よりも男性が高値を示した (表 1)。

メディカルチェックの回数は, 2 回が男性 104 人 (42.6%), 女性 176 人 (51.6%), 3 回が男性 62 人 (25.4%), 女性 92 人 (27.0%), 4 回が男性 67 人 (27.5%), 女性 59 人 (17.3%), 5 回が男性 11 人 (4.5%), 女性 14 人 (4.1%) であった。年間トレーニング回数の中央値 (四分位数) は, 男性 32.0 (17.0, 41.0) 回, 女性 32.0 (19.0, 41.0) 回であり,

性別による違いはなかった。

なお, 本研究の対象期間中に 19 件の有害事象が発生した。主な有害事象は転倒関連 9 件で, 心血管イベントは報告されなかった。簡単な治療や処置を要したインシデントレベル 3 の有害事象は 6 件報告された。インシデントレベル 3 の有害事象の内訳は, 転倒関連 3 件, 創傷 2 件, 打撲 1 件であった。転倒関連の有害事象では, 転倒時に打撲, 出血が生じていた。いずれもプログラムを中止し, アイシングや止血の対応を実施した。

2. 縦断分析

線形混合効果モデルによる分析の結果を表 2-1~表 4-2 に示した。収縮期血圧では, 最高酸素摂取量の増加が血圧の低下に影響することが示された (表 2-1, 2-2)。モデル 1 (調整変数: 年齢, 肥満有無, 喫煙有無) では, 1 時点あたり, 最高酸素摂取量が 1mL/kg/min 増加することによって男性 0.26mmHg, 女性 0.45mmHg の有意な収縮期血圧低下が認められた。モデル 2 (調整変数: モデル 1 + 降圧剤服用有無) においては, 女性のみで有意な関連が認められた。拡張期血圧では男女ともに有意な関連は認めなかった (表 3-1, 3-2)。脈圧では, 両モデルにおいて男女ともに最高酸素摂取量の増加が脈圧の低下に影響することが示された (表 4-1, 4-2)。モデル 2 においては, 1 時点あたり, 最高酸素摂取量が 1mL/kg/min 増加することによって男性 0.27mmHg, 女性 0.45mmHg の有意な脈圧低下が認められた。

表 2-1 全身持久力と収縮期血圧の縦断的関連（男性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	138.80	9.22	120.68, 156.92	<0.001	140.77	9.24	122.62, 158.92	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	-0.26	0.13	-0.51, -0.01	0.038	-0.24	0.13	-0.49, 0.01	0.060
年齢 (歳)	-0.03	0.10	-0.23, 0.18	0.807	-0.04	0.10	-0.24, 0.17	0.730
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-5.79	1.48	-8.69, -2.89	<0.001	-5.44	1.48	-8.35, -2.54	<0.001
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	6.65	3.56	-0.33, 13.63	0.062	6.18	3.54	-0.78, 13.14	0.082
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-3.17	1.26	-5.65, -0.69	0.012

線形混合効果モデル

表 2-2 全身持久力と収縮期血圧の縦断的関連（女性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	128.20	8.26	111.98, 144.41	<0.001	132.24	8.14	116.26, 148.21	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	-0.45	0.14	-0.72, -0.17	0.001	-0.35	0.14	-0.63, -0.08	0.011
年齢 (歳)	0.20	0.10	0.01, 0.39	0.035	0.16	0.09	-0.02, 0.34	0.088
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-7.10	1.58	-10.20, -4.00	<0.001	-6.62	1.57	-9.70, -3.54	<0.001
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	5.63	3.33	-0.91, 12.17	0.091	5.24	3.30	-1.24, 11.72	0.113
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-5.42	1.21	-7.79, -3.05	<0.001

線形混合効果モデル

考 察

本研究は、神奈川県藤沢市の健康増進施設である藤沢市保健医療センターの健康づくりトレーニング事業に参加した高齢者 585 人を対象に、全身持久力と血圧の縦断的関連を性別に検討した。その結果、男女ともに最高酸素摂取量の増加が収縮期血圧と脈圧の低下に影響することが示された。拡張期血圧では、男女ともに関連は認められなかった。

各国の身体活動ガイドラインにおいて、全身持久力を高めることや基準を達成することが高血圧を含む循環器疾患の予防・改善に効果があることが明らかになっている^{6,7)}。本研究ではガイドラインで示されるエビデンスと同様の結果が得られ、

健康増進施設の現場で収集された貴重なデータによってエビデンスを蓄積することができたと考えられる。

本研究において最高酸素摂取量と拡張期血圧の関連が認められなかったことは、加齢による拡張期血圧の低下が影響している可能性が示唆された。最高酸素摂取量の増加と収縮期血圧・脈圧低下との有意な関連が認められたことは、これまでに明らかにされてきたメカニズムと合致するものと考えられた。すなわち、「左心室内腔拡大や骨格筋毛細血管密度増加といった形態的適応に加え、自律神経活動や動脈スティフネスの改善、心拍数や末梢血管抵抗の低下といった機能的適応が誘発され、全身の血圧が正常に維持される⁷⁾」というものである。

表 3-1 全身持久力と拡張期血圧の縦断的関連（男性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準 化係数	標準 誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準 化係数	標準 誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	85.53	6.25	73.25, 97.81	<0.001	85.61	6.27	73.28, 97.93	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	0.03	0.08	-0.13, 0.19	0.711	0.03	0.08	-0.13, 0.19	0.703
年齢（歳）	-0.17	0.07	-0.31, -0.03	0.018	-0.17	0.07	-0.31, -0.03	0.018
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-4.19	0.96	-6.06, -2.31	<0.001	-4.17	0.96	-6.06, -2.29	<0.001
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	2.88	2.27	-1.57, 7.33	0.204	2.86	2.27	-1.59, 7.31	0.207
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-0.12	0.82	-1.73, 1.45	0.880

線形混合効果モデル

表 3-2 全身持久力と拡張期血圧の縦断的関連（女性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準 化係数	標準 誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準 化係数	標準 誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	73.07	5.25	62.75, 83.38	<0.001	75.95	5.17	65.79, 86.12	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	0.04	0.09	-0.13, 0.22	0.618	0.11	0.09	-0.07, 0.28	0.233
年齢（歳）	0.07	0.06	-0.05, 0.19	0.243	0.04	0.06	-0.08, 0.16	0.497
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-3.74	1.02	-5.75, -1.73	<0.001	-3.39	1.01	-5.38, -1.40	0.001
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	-3.41	2.16	-7.64, 0.82	0.114	-3.68	2.13	-7.86, 0.50	0.085
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-3.82	0.78	-5.35, -2.29	<0.001

線形混合効果モデル

全身持久力の循環器疾患発症や死亡リスクへの影響を検討したコホート研究は数多く報告されている^{17,18)}。近年の研究では、スウェーデン人男女 91,728 人を対象とした大規模コホート研究において、2 回の検査間での全身持久力が大幅に増加したグループ（年間変化率 3% 以上）は、維持したグループと比較して高血圧発症リスクが 11% 低下した。逆に、全身持久力の減少が小さいグループ（-1.0～-2.9%）と大きいグループ（-3% 以上）では、高血圧発症リスクがそれぞれ 21% と 25% 高くなった¹⁰⁾。本研究では、高血圧の予防・改善の観点から発症の有無にかかわらず、全身持久力の血圧への影響を検討した。分析モデルは、心血管危険因子である年齢、肥満有無、喫煙有無を調整したモデル 1 と、モデル 1 に加えて降圧剤服用有無

を調整したモデル 2 を用いた。その結果、降圧剤の服薬を調整しても全身持久力が収縮期血圧と脈圧の低下に影響を及ぼすことを明らかにした。男性の収縮期血圧において、降圧剤の影響を考慮したモデル 2 では、この観察期間における全身持久力と収縮期血圧との関連は認められなかった。メディカルチェックの受診によって降圧剤の服用を開始したり、種類や量を変更したりする例も認められるため、血圧に関わる詳細なデータ収集とともに観察期間を増やした検討が必要である。心血管疾患や脳卒中の危険因子である脈圧においては、降圧剤服薬による血圧コントロールの有無にかかわらず、男女ともに有意な関連が認められ、1 時点あたり、最高酸素摂取量が 1mL/kg/min 増加することによって男性 0.27mmHg、女性 0.45

表 4-1 全身持久力と脈圧の縦断的関連（男性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	53.23	6.52	40.41, 66.04	<0.001	55.10	6.52	42.29, 67.92	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	-0.30	0.09	-0.48, -0.12	0.001	-0.27	0.09	-0.45, -0.10	0.002
年齢 (歳)	0.15	0.07	0.01, 0.29	0.040	0.14	0.07	-0.00, 0.28	0.054
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-1.84	1.06	-3.92, 0.24	0.082	-1.50	1.06	-3.57, 0.58	0.157
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	3.93	2.56	-1.08, 8.95	0.124	3.46	2.54	-1.53, 8.44	0.174
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-3.01	0.90	-4.78, -1.24	0.001

線形混合効果モデル

表 4-2 全身持久力と脈圧の縦断的関連（女性）

項目	モデル 1				モデル 2			
	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値	非標準化係数	標準誤差	95% 信頼区間	P 値
切片	54.91	5.67	43.78, 66.04	<0.001	56.24	5.67	45.10, 67.38	<0.001
最高酸素摂取量 (mL/kg/min)	-0.48	0.10	-0.68, -0.29	<0.001	-0.45	0.10	-0.65, -0.25	<0.001
年齢 (歳)	0.13	0.06	0.01, 0.26	0.041	0.12	0.06	-0.01, 0.24	0.066
BMI 25.0 未満 (参照: BMI 25.0 以上)	-3.46	1.13	-5.68, -1.24	0.002	-3.27	1.13	-5.49, -1.04	0.004
喫煙なし (参照: 喫煙あり)	9.21	2.38	4.53, 13.89	<0.001	9.05	2.38	4.38, 13.72	<0.001
降圧剤服用なし (参照: 服用あり)	—	—	—	—	-1.81	0.87	-3.51, -0.10	0.038

線形混合効果モデル

mmHg の低下を示した(表 4-1, 4-2). これらの結果は, 実践現場の運動処方における目標設定などで活用できる可能性がある. 血圧値の高低や治療の有無によって, 運動療法の効果が異なることが示されている¹¹⁾. データは示していないが, 本研究におけるベースライン時点で高血圧であった者とそうでない者の層別解析の結果は, 高血圧者の方が強い関連を示した. しかしながら, 対象者数が十分でないと考えられるため, 今後は対象者を増やした分析が求められる.

また健康日本 21 (第三次) の血圧における目標では, 収縮期血圧の平均値をベースライン値から 5mmHg の低下とした (降圧剤使用者含む)¹⁹⁾. その中で, 生活習慣分野の目標の達成によってベースラインの収縮期血圧値が何 mmHg 低下するか

を推計しており, 運動・身体活動による集団全体の降圧効果は 1.75mmHg と設定した. しかしながらこの推計では, 少人数の介入研究によるエビデンスが多いことが課題として示されている. 本研究のような集団を対象とした観察研究のエビデンスを蓄積することによって, 健康日本 21 などのポピュレーションアプローチへの活用も期待される.

本研究で強調すべき点は, 実践の現場で得られた縦断データを用いた点である. 本研究では, 自転車エルゴメーターを用いて全身持久力を推定した結果を用いた. 一般的な運動施設では, 設備費や人件費などの課題から全身持久力を測定することは容易ではない. しかし, 実社会のデータを活用した研究は重要であり, そのエビデンスに基づ

いた実践に活用することができる。また全身持久力の測定や健康状態の確認は、安全管理の観点からも重要である^{17, 20)}。そのため、特に健康増進施設において全身持久力や体力測定、自覚的運動強度や健康状態の確認が今後継続的に実施されることが期待される。

限界としては、取得したメディカルチェックデータについて、2時点の対象者が多かった(男性42.6%, 女性51.6%) ことにより、血圧値に対する平均への回帰が生じた可能性がある。最尤法による線形混合効果モデルを用いたものの、今後は時点数を増やした研究が求められる。また、血圧の変化に影響を及ぼす他の要因(基礎疾患、詳細な服薬状況、食生活、運動習慣など)を考慮できていないことが挙げられる。対象者は健康増進施設を利用する地域在住高齢者であるため、結果の一般化にも限界がある。

結 語

本研究は、神奈川県藤沢市の健康増進施設である藤沢市保健医療センターにおいて複合的トレーニングを実施する高齢者585人を対象に、全身持久力が血圧に及ぼす影響について、縦断的に検討した。年齢、肥満の有無、喫煙の有無、降圧剤の服用有無を調整した線形混合効果モデルによる分析の結果、男女ともに、全身持久力の増加が収縮期血圧と脈圧の低下に影響することが示された。本研究結果は、実践現場での全身持久力を含むメディカルチェックが有益であることを示すとともに、これらに基づく個別の運動処方やポピュレーションアプローチに活用できる可能性を示した。

謝 辞

本研究は厚生労働科学研究費補助金(循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業)22FA1004の交付を受けた。本研究にご協力いただきました公益財団法人藤沢市保健医療財団の皆様、藤沢市健康づくり課の皆様、研究参加者の皆様に深く感謝申し上げます。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

齋藤義信: Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Methodology, Project administration, Validation, Visualization, Writing-original draft, Writing-review & editing

田中あゆみ: Data curation, Investigation, Resources, Writing-review & editing

平田昂大: Data curation, Writing-review & editing

小熊祐子: Funding acquisition, Project administration, Supervision, Writing-review & editing

文 献

- 1) Mills KT, Stefanescu A, He J. The global epidemiology of hypertension. *Nat Rev Nephrol.* 2020; 16: 223-237 doi: 10.1038/s41581-019-0244-2.
- 2) Centers for Disease Control and Prevention. Estimated Hypertension Prevalence, Treatment, and Control Among U.S. Adults. Available at: <https://millionhearts.hhs.gov/data-reports/hypertension-prevalence.html> [Accessed 29 July, 2024].
- 3) 厚生労働省. 令和元年国民健康・栄養調査報告. 入手先: https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/eiyuu/r1-houkoku_00002.html [参照日 2024年7月24日].
- 4) 厚生労働省. 2022(令和4)年 国民生活基礎調査の概況. 入手先: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa22/index.html> [参照日 2024年7月24日].
- 5) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン2019作成委員会. 高血圧治療ガイドライン2019. 東京: ライフサイエンス出版; 2019.
- 6) World Health Organization. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/336656> [Accessed 29 July, 2024].
- 7) 厚生労働省. 健康づくりのための身体活動・運動ガイド2023. 入手先: <https://www.mhlw.go.jp/content/001194020.pdf> [参照日 2024年7月24日].
- 8) Hu G, Jousilahti P, Antikainen R, et al. Occupational, commuting, and leisure-time physical activity in relation to cardiovascular mortality among finnish subjects with hypertension. *Am J Hypertens.* 2007; 20: 1242-1250 doi: 10.1016/j.amjhyper.2007.07.015.
- 9) Momma H, Sawada SS, Sloan RA, et al. Frequency of achieving a 'fit' cardiorespiratory fitness level and hypertension: a cohort study. *J Hypertens.* 2019; 37: 820-826 doi: 10.1097/HJH.0000000000001935.
- 10) Holmlund T, Ekblom B, Borjesson M, et al. Associa-

- tion between change in cardiorespiratory fitness and incident hypertension in Swedish adults. *Eur J Prev Cardiol.* 2021; 28: 1515-1522 doi: 10.1177/2047487320942997.
- 11) Hanssen H, Boardman H, Deiseroth A, et al. Personalized exercise prescription in the prevention and treatment of arterial hypertension: a consensus document from the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) and the ESC Council on Hypertension. *Eur J Prev Cardiol.* 2022; 29: 205-215 doi: 10.1093/eurjpc/zwaa141.
- 12) 厚生労働省. 標準的な運動プログラム(健康増進施設). 高齢者を対象にした運動プログラム. 入手先: <https://www.mhlw.go.jp/content/000656460.pdf> [参照日 2024 年 7 月 24 日].
- 13) Zhai X, Sawada SS, Kurosawa S, et al. Cardiorespiratory fitness and body mass index on metabolic syndrome in middle-aged Japanese adults under national health guidance: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2024; 24: 2050 doi: 10.1186/s12889-024-19544-0.
- 14) 齋藤義信, 小堀悦孝. 自治体における現状 藤沢市保健医療センター プログラムの実際. 臨床スポーツ医学 高齢社会における運動支援実践ガイド. 2005; 22: 357-361.
- 15) 田中あゆみ, 齋藤義信, 小堀悦孝, 他. 日本人男女の健康関連体力と心血管疾患危険因子との関係: 藤沢市在住の成人男女を対象とした横断研究. 体育学研究. 2012; 57: 415-426 doi: 10.5432/jjpehss.11105.
- 16) Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. Accurate prediction of VO₂max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22: 704-712 doi: 10.1249/00005768-199010000-00024.
- 17) Ross R, Blair SN, Arena R, et al. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2016; 134: e653-e699 doi: 10.1161/CIR.0000000000000461.
- 18) Lang JJ, Prince SA, Merucci K, et al. Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: an overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. *Br J Sports Med.* 2024; 58: 556-566 doi: 10.1136/bjsports-2023-107849.
- 19) 厚生労働省. 健康日本 21 (第三次) 推進のための説明資料. 入手先: <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/001158816.pdf> [参照日 2024 年 7 月 24 日].
- 20) 平田昂大, 小熊祐子, 黒瀬聖司, 他. 安全・安心に身体活動・運動を行うために. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2024; 32: 228-231.

(受付: 2024 年 9 月 6 日, 受理: 2024 年 12 月 13 日)

Effects of cardiorespiratory fitness on blood pressure in community-dwelling older adults: A longitudinal study of combined training practitioners in a health promotion facility

Saito, Y.^{*1,2,3}, Tanaka, A.^{*4}, Hirata, A.^{*3,5}, Oguma, Y.^{*3,5}

^{*1} Faculty of Sport Management, Nippon Sport Science University

^{*2} Graduate School of Physical Education, Health and Sport Studies, Nippon Sport Science University

^{*3} Sports Medicine Research Center, Keio University

^{*4} Fujisawa City Health and Medical Foundation

^{*5} Graduate School of Health Management, Keio University

Key words: peak oxygen uptake, hypertension, health promotion facilities

[Abstract] (Purpose) The study aim was to examine the longitudinal association between cardiorespiratory fitness (CRF) and blood pressure in older adults practicing combined exercise training at a health promotion facility. (Methods) Medical checkup data were obtained from 585 individuals (244 men and 341 women) who practiced combined exercise training at Fujisawa City Health and Medical Center at two or more of five time points from 2017 to 2021. A linear mixed-effects model was used for the statistical analysis to estimate the change in blood pressure on CRF (peak oxygen uptake) at each time point. The adjusted variables were age, obesity status, smoking status, and the use of antihypertensive medications. (Results) The most common number of medical examinations was two (42.6% of men and 51.6% of women). An analysis using linear mixed-effects models showed that an increase in CRF was associated with a decrease in systolic blood pressure. No significant association was observed for diastolic blood pressure. Regarding pulse pressure, an increase in CRF of 1mL/kg/min was associated with a decrease in pulse pressure of 0.27mmHg in men and 0.45mmHg in women. (Conclusions) In community-dwelling older adults, an increase in CRF reduced systolic blood pressure and pulse pressure.