

【原著】

5 ヶ月間の中高年健康スポーツ教室における 内臓脂肪減少と上腕 - 足首脈波伝播速度の変化

藤野 雅広¹、山下 裕之²、長尾 光城¹¹ 川崎医療福祉大学 健康体育学科² 川崎医療福祉大学大学院 健康科学専攻

(受付：平成 23 年 3 月 28 日)

(受理：平成 23 年 4 月 15 日)

要 旨

動脈硬化の評価である脈波伝播速度 (brachial-ankle Pulse Wave Velocity:baPWV) は、内臓脂肪量と関連性があり重要視されている。しかしながら、簡便な計測による内臓脂肪量との報告は少ない。そこで、本研究では baPWV と腹部超音波法による内臓脂肪径 (Visceral Fat Distance:VFD) を用いて、中高年健康スポーツ教室参加前後の変化について検討した。

対象者は、本学で実施した教室の参加者 40 歳代から 70 歳代の男性 11 名 (66.6 ± 9.2 歳)、女性 36 名 (62.6 ± 6.7 歳) であった。運動介入を 5 ヶ月間実施し、前後の身体計測、血圧測定、血液生化学検査、baPWV および VFD の測定を行った。

教室参加により体重、ウエスト周囲径、BMI、収縮期血圧、総コレステロール、中性脂肪、血糖、遊離脂肪酸に有意な低下を認め、HDL コレステロールは有意に増加した。左右の baPWV および VFD は有意に改善した。

中高齢者は身体活動量を増加することで改善が認められた。

キーワード：中高年健康スポーツ教室、腹部超音波法、内臓脂肪径、上腕 - 足首脈波伝播速度

1. 緒言

近年、欧米化した食事と身体活動量の減少を背景に 60 歳以上の肥満者が増加している。肥満は心血管疾患や脳血管疾患などの合併症を引き起こす可能性が高く、若年期の肥満者は、中年期までに血管病変で死亡する率が高くなることから、肥満は重要な問題であるとされる¹⁾。特に、近年注目されているメタボリックシンドロームは、血糖や血圧、コレステロール値などの動脈硬化症の危険因子が複数ある状態で、内臓脂肪蓄積との関連性が指摘されている^{2, 3)}。内臓脂肪蓄積によって過剰な遊離脂肪酸や TNF- α などのサイトカインが門脈を介して肝臓へと流入し、筋肉や肝臓へ脂肪が蓄積されることで、インスリン抵抗性が増加するとされている³⁾。また、アディポネクチンの低下により高血圧症、

糖尿病、高脂血症が発症し動脈硬化が起こりやすいとされている⁴⁾。

動脈硬化の指標である脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity: PWV) の値は、高血圧や糖尿病、心血管疾患などが原因で上昇するとされている⁵⁾。腹部 CT により測定した高齢者の内臓脂肪面積と PWV を用いた動脈スティフネスには、年齢や血圧に相関関係があり、内臓脂肪量の増加は動脈硬化と関係がある⁶⁾ことが報告されている。このことから内臓脂肪蓄積と動脈硬化は密接な関係があるといえる。腹部 CT による内臓脂肪面積がもっとも信頼性の高い評価とされているが、CT 装置が必要であるという制約がある。

Suzuki ら⁷⁾は、超音波断層により腹壁脂肪指数を算出する手法を考案し、肝臓前面にあた

る腹膜前脂肪厚と皮下脂肪厚比が、内臓脂肪面積と皮下脂肪面積比と高い相関関係があることを報告している。このことから、CT 検査による内臓脂肪計測に代用できる可能性を示している。齋藤ら⁸⁾は、鈴木らの手法を用いて、腹壁脂肪指数を算出し、内臓脂肪の減少とともに、インスリン抵抗性や上腕-足首脈波伝播速度 (brachial-ankle Pulse Wave Velocity: baPWV) の改善が認められたことを報告している。

千葉ら⁹⁾は Stolk らの方法^{10, 11)}により内臓脂肪径 (Visceral Fat Distance: VFD) を求め、心血管疾患危険因子との関連性について検討し、VFD 増加に伴い血圧や血糖、血中脂質は高値を示しリスクの集積数も増加することを報告している。血圧、中性脂肪、血糖、HDL コレステロール (HDL-Cholesterol: HDL-C)、空腹時インスリン値の 5 項目のうち 2 項目以上を心血管疾患危険因子集積群として VFD の基準値は男性で 5.7 cm、女性で 4.8 cm⁹⁾と報告している。近年では、腹部超音波法を用いた内臓脂肪を評価する様々な簡便法が検討されてきている⁹⁻¹³⁾。

本研究では、日常診療で簡便に得ることが可能である心血管疾患危険因子と関連性のある VFD と baPWV を用いて、中高年健康スポーツ教室 (以下、教室) 介入による中高齢者の内臓脂肪径の変化および動脈スティフネスの変化について検討した。

2. 方法

(1) 対象

対象者は、川崎医療福祉大学主催の教室参加者である。

教室の内容は本大学倫理委員会の承認を得た上で、全ての教室参加者に対して、ヘルシンキ宣言の趣旨に沿って事前に調査内容を十分に説明し、途中で辞退できることも理解の上で同意を得た。

教室対象は市広報誌により募集を行い抽選により選出された 40 歳代から 70 歳代の中高齢者参加者 47 名 (63.6 ± 7.4 歳)、男性 11 名 (66.6 ± 9.2 歳)、女性 36 名 (62.6 ± 6.7 歳) を解析の対象者とした。

(2) 中高年健康スポーツ教室

教室は 5 ヶ月間実施した。開催頻度は、月 2 回とし、1 回当たり 90 分間のプログラムを提供した。教室では、ウォーミングアップとして柔軟体操を 15 分間行い、その後 60 分間は主運動とした。最後の 15 分間はクールダウンとして柔軟体操を行った。主運動の内容としては、ウォーキングやステップ運動などの有酸素運動を中心とした。この他に、自重負荷とした腹筋、腕立て伏せ、スクワットなどのレジスタンストレーニングを実施した。

教室外でも運動継続を促すために、自宅でも簡単に行える体操の指導を行った。さらに日常生活の歩数を自己記入用紙に記載してもらうことで身体活動量の増加の意識づけ指導を実施した。

(3) 身体的特徴

- a) 身長は身長計を用いて 0.1 cm 単位で測定した。体重は体重計 (タニタ社製) を用いて 0.1 kg 単位で測定した。Body Mass Index (BMI) は、体重 (kg) を身長 (m) の 2 乗で除すことで求めた。ウエスト周囲径 (臍位) は非伸縮性のメジャーを用いて 0.1 cm 単位で測定した。
- b) 血圧は水銀血圧計を用いて、収縮期血圧と拡張期血圧を椅座位にて 10 分間の安静時後に測定した。高値を示す場合は、さらに数分間の安静時後に 2 回目の測定を行い、低い値を採用した。

(4) 身体活動量

教室参加による検査項目改善のために、参加前後の活動量 (歩数) 記録が必要となる。また期間中に教室が実施されない日に、自宅での自重を負荷としたレジスタンストレーニングや柔軟体操が行えるように資料を配布し、日常の活動記録を記録表に 5 ヶ月間記入するように指示した。

(5) 血液生化学検査

血液生化学検査は、教室の参加前後で行った。食事や飲酒などによる影響を少なくするため

に、測定前日の 21 時から翌朝の採血時までを絶食とした。

検査項目は、総コレステロール (Total-Cholesterol: T-C)、HDL コレステロール (HDL-Cholesterol: HDL-C)、LDL コレステロール (LDL-Cholesterol: LDL-C)、中性脂肪 (Triglyceride: TG)、空腹時血糖、遊離脂肪酸 (Non-Esterified Fatty Acid: NEFA) を測定した。

(6) 上腕 - 足首脈波伝播速度

formPWV/ABI (日本コーリン社製) を用いて、血圧、上腕 - 足首脈波伝播速度 (Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity: baPWV) を動脈ステッフネスの指標とし測定した¹⁴⁾。baPWV は 2 点にて脈波を検出し、2 点間の距離と脈波の計測時間の差で算出される。動脈硬化が進行することで血管壁が肥厚し、硬く、狭くなった血管ほど baPWV の値が大きくなる。安静な状態を保った後に、体育館の一室を利用して測定を行った。

(7) 腹部超音波法

内臓脂肪計測は、超音波装置エコーカメラ (SSD-1200CV: アロカ社製) と Linear Probes (7.5MHz: アロカ社製) を使用し Stolk らの方法^{10, 11)}で行った。仰臥位で、呼気終末位に画像を固定し、腹膜から椎体前面までの距離 3 点を計測し平均値を VFD とした^{9,11)}。

(8) 統計処理

数値は平均値 ± 標準偏差で示した。教室参加前後の平均値の比較には対応のある t 検定を用いた。統計分析には SPSS12.0 を用い危険率 5% をもって有意とした。

3. 結果

(1) 身体的特徴および血液生化学検査

教室参加前後の身体的特徴の変化 (表 1)、血液生化学検査項目 (表 2) を示す。体重、ウエスト周囲径、BMI、収縮期血圧は有意 (順に

表 1 健康教室参加前後の身体的特徴

	参加前	参加後	
身長 (cm)	156.4 ± 7.70	156.6 ± 7.20	
体重 (kg)	57.7 ± 8.20	56.7 ± 8.10	***
ウエスト (cm)	80.2 ± 8.50	79.1 ± 7.80	***
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 3.00	23.0 ± 3.00	***
身体活動量	8190.0 ± 3353.7	9526.1 ± 3427.7	**
収縮期血圧 (mmHg)	135.7 ± 18.5	127.5 ± 16.9	**
拡張期血圧 (mmHg)	76.3 ± 11.5	75.8 ± 10.8	

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

表 2 健康教室参加前後の血液生化学検査

	参加前	参加後	
T-C (mg/dl)	243.4 ± 37.9	233.9 ± 34.8	**
HDL-C (mg/dl)	68.4 ± 14.2	70.4 ± 14.8	*
LDL-C (mg/dl)	143.6 ± 29.2	149.1 ± 32.3	
TG (mg/dl)	121.2 ± 60.6	94.7 ± 35.5	***
血糖 (mg/dl)	96.2 ± 17.5	91.9 ± 14.5	**
NEFA (mEq/l)	0.7 ± 0.20	0.6 ± 0.20	**

* p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

p<0.001, p<0.001, p<0.001, p<0.01) に減少し、身体活動量は有意 (p<0.01) に増加した。

血液生化学検査については、T-C、TG、血糖および NEFA は有意 (順に p<0.01, p<0.001, p<0.01, p<0.01) に低下し、HDL-C は有意 (p<0.05) に増加した。

(2) 上腕 - 足首脈波伝播速度

右側の baPWV は、1760.6 ± 312.6cm/sec から 1617.2 ± 251.9 cm/sec (p<0.05) に、左側の baPWV でも 1734.0 ± 297.4cm/sec から 1585.8 ± 237.9cm/sec (p<0.01) へと教室参加前後で有意な低下が認められた (図 1)。

(3) 内臓脂肪径

腹部超音波法による教室の参加者全体の VFD は、4.0 ± 1.3cm から 3.2 ± 0.9cm と有意な (p<0.001) 減少を示した。性別による内臓脂肪径の減少では、男性で 4.2 ± 1.3cm から 3.4 ± 1.1cm (p<0.01) に、女性でも 3.7 ± 1.3cm から 3.3 ± 2.0cm へと有意な減少を示した (p<0.05) (図 2)。

4. 考察

(1) 身体的特徴および血液検査所見

教室参加後の体重は有意に減少し、身体活動量は有意な増加を示した。

血中 TG や HDL-C に関しても有意な改善が認められた。HDL-C は有酸素運動によって増加することから、教室による運動介入の効果が顕著に現れているといえる。このことから、体重減少は身体活動量の増加による脂肪燃焼が影響しているのではないかと考えられる。また、血糖や NEFA においても有意な減少が確認された。腹部の脂肪組織では、脂質の分解が活発であることから、肝臓へ流入する NEFA の増加がみられる。この増加は高血糖、高インスリン血症、高中性脂肪を引き起こすとされている¹⁵⁾。したがって、今回の NEFA の低下は、内臓脂肪の減少に関与している可能性が考えられる。

このことから、体重減少から推測される脂肪減少が、血液生化学検査の改善に関与しているものと推測される。

(2) 上腕 - 足首脈波伝播速度

動脈の弾性や、非侵襲的な動脈硬化の評価指標として広く用いられている baPWV は、測定が簡便で、再現性が高いことが報告^{14, 16)}されており、心血管系疾患のリスクを的確に予測するマーカーとして、近年注目を集めている¹⁶⁾。また、肥満による血圧・血糖値の上昇や血中脂質異常の集積から判断されるメタボリックシンドロームとの関連性が報告され、TG の改

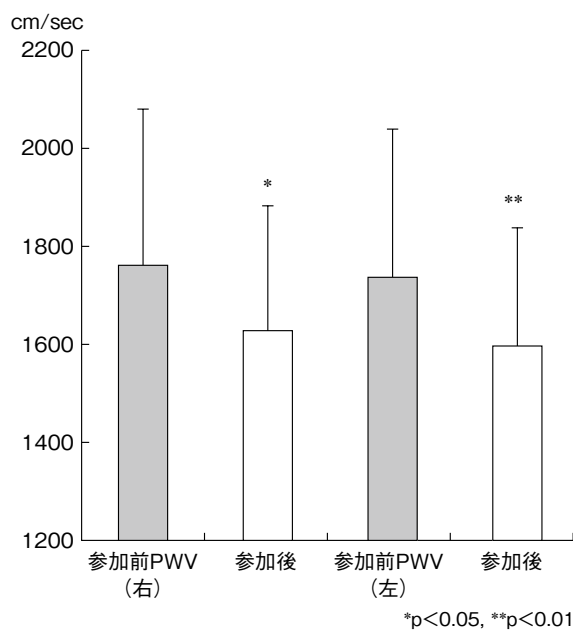


図1 教室参加前後 baPWV

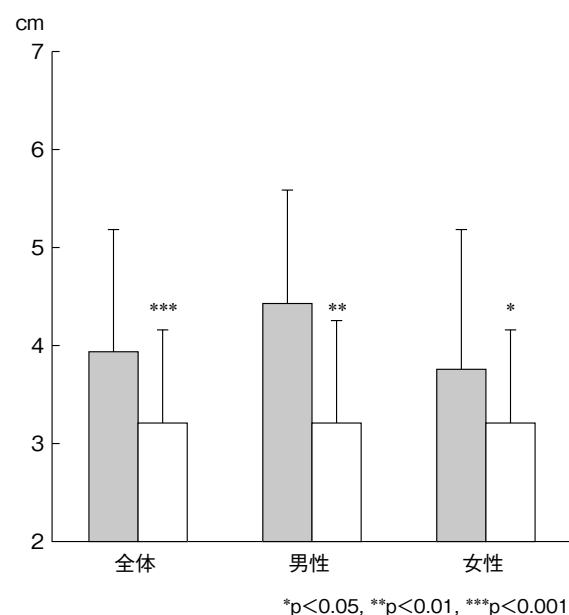


図2 教室参加前後 VFD

善との間には関連性があることが報告されている¹⁷⁻²⁰⁾。

加齢により動脈の血管壁におけるスティフネスは増大する。これは動脈壁の内膜肥厚、中膜の弾性板減少、間質成分の増加など、器質的因子の加齢による変化の影響が大きいとされている⁸⁾。しかしながら動脈スティフネスは器質的因子だけでなく、機能的な因子にもよっても影響を受け¹⁵⁾、動脈スティフネスの増大を促進させると考えられる。また有酸素性運動は、動脈スティフネスの増加を抑制することが報告されている²¹⁾。本研究においても同様の結果が得られた。しかしながら、短期間の運動で、動脈壁が改善する可能性は少ないと考えられる。そのため今回の baPWV の低下は、機能的因子の変化が関係していることが推測される。

運動の継続は迷走神経の亢進や^{8, 22)}、交感神経活動の抑制に²³⁾、関与することが報告されている⁸⁾。このことから、教室への参加による運動実践が、自律神経活動へ影響を与えていると考えた。また、日常生活において運動習慣のない中高齢者が、トレーニングを開始することで、比較的短期間で動脈スティフネスが低下することが示された。

(3) 内臓脂肪径

教室参加後の腹部超音波法による VFD は、教室参加前後で有意に減少した。また男女別においても有意な減少を示した。VFD やウエスト周囲径の増加は内臓脂肪型肥満による心血管疾患危険因子を増加する¹²⁾ ことから VFD は内臓脂肪蓄積の評価として有用なだけでなく、心血管疾患危険因子の評価にも有用であることが報告されている¹²⁾。このことから、メタボリックシンドロームの危険因子を有している対象者において、運動や食事による介入効果を評価する場合に有用な指標であるものと考えられる。

5. 結論

本大学で 5 ヶ月間実施した教室は、中高齢者の身体活動量を増加促進させることにより、血液生化学検査項目や内臓脂肪径、baPWV の改善

が認められた。

今後は、教室の介入による変化だけでなく日常生活における身体活動量の変化調査することで、教室による介入の影響をより詳細に検討していく必要がある。

謝 辞

本研究は、平成 22 年度 川崎医療福祉大学 医療福祉研究助成金を受けて実施したものの一部であり、謝意を表します。

また、研究に協力頂いた川崎医療福祉大学 長尾憲樹教授、松枝秀二教授、宮川 健教授、快くご協力いただいた関係者の方々に深謝いたします。

文 献

- 1) 中野博司、岡崎恭次、他：高齢者における肥満。日本臨床 **61(6)**: 880-885 2003
- 2) 旭川秀樹、徳永勝人：内臓脂肪型肥満と内臓脂肪症候群。日本臨床 **61(6)**: 431-435 2003
- 3) メタボリックシンドローム診断基準検討委員会：メタボリックシンドロームの定義と診断基準。日本内科学会誌 **94(4)**: 188-203 2005
- 4) Matsuzawa Y, Funahashi T, et.al.: Adiponectin and metabolic syndrome. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology **24(1)**: 29-33 2004
- 5) 山口武典 監修、横田千晶 編集：メタボリックシンドローム－脳・心血管イベントを防ぐための最新の知見とエビデンス－。診断と医療社 東京 2006
- 6) Sutton-Tyrrell K, Newman A, et.al.: Aortic stiffness is associated with visceral adiposity in older adults enrolled in the study of health, aging, and body composition. Hypertension **38(3)**: 429-433 2001
- 7) Suzuki R, Watanabe S, et.al.: Abdominal wall fat index, estimated by ultrasonography, for assessment of the ratio of visceral fat to subcutaneous fat in the abdomen. The American Journal of Medicine **95**: 309-314

- 1993
- 8) 齋藤和人、川西正志、他：有酸素運動教室の介入は中高年の内臓脂肪蓄積および動脈ステッフネスを改善する。生涯スポーツ学研究 **5(1)**: 19-24 2007
 - 9) 千葉 雄、齊藤重幸、他：心血管疾患危険因子からみた腹部超音波法による内臓脂肪量評価の試み－端野・壮瞥町研究－。肥満研究 **12(2)**: 142-146 2006
 - 10) Stolk RP, Wink O, et.al.: Validity and reproducibility of ultrasonography for the measurement of intra-abdominal adipose tissue. *International Journal of Obesity* **25(9)**: 1346-1351 2001
 - 11) Stolk RP, Meijer R, et.al.: Ultrasound measurements of intraabdominal fat estimate the metabolic syndrome better than do measurements of waist circumference. *The American Journal of Clinical Nutrition* **77(4)**: 857-860 2003
 - 12) Kim SK, Kim H, et.al.: Visceral fat thickness measured by ultrasonography can estimate not only visceral obesity but also metabolic diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition* **79(4)**: 593-599 2004
 - 13) Ribeiro-Filho FF, Faria AN, et.al.: Ultrasonography for the evaluation of visceral fat and cardiovascular risk. *Hypertension* **38(3 Pt2)**: 713-717 2001
 - 14) Yamashina A, Tomiyama H, et.al.: Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertension Research* **25(3)**: 359-364 2002
 - 15) Frayn KN: Visceral fat and insulin resistance-causative or correlative? *British Journal of Nutrition* **83(1)**: S71-S77 2000
 - 16) 北村尚浩、川西正志、他：定期的な身体活動が内臓脂肪蓄積、動脈ステッフネス改善に及ぼす影響。第 23 回健康医科学研究助成論文集: 44-50 2008
 - 17) 宗像正徳 編集：PWV を知る PWV を診る。中山書店 東京 2006
 - 18) Tsubakimoto A, Saito I, et.al.: Impact of metabolic syndrome on brachial-ankle pulse wave velocity in Japanese. *Hypertension Research* **29(1)**: 29-374 2006
 - 19) Tomiyama H, Takazawa K, et.al.: Do Eicosapentaenoic acid supplements attenuate age-related increases in arterial stiffness in patients with dyslipidemia? : A Preliminary Study. *Hypertension Research* **28(8)**: 651-655 2005
 - 20) Yokoyama H, Kawasaki M, et.al.: Effects of fluvastatin on the carotid arterial media as assessed by integrated backscatter ultrasound compared with pulsu-wave velocity. *Journal of The American College of Cardiology* **46(11)**: 2031-2037 2005
 - 21) Tanaka H, Dinunno FA, et.al.: Aging habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation* **102**: 1270-1275 2000
 - 22) Scheuer J and Tipton CM: Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology* **39**: 221-251 1977
 - 23) Goldsmith RL, Bigger JT Jr, et.al.: Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. *The American College of Cardiology* **20(3)**: 552-558 1992

対応責任著者：藤野雅広
川崎医療福祉大学 健康体育学科
岡山県倉敷市松島 288 (〒 701-0193)
e-mail : masahirofujino@hotmail.co.jp

The effect of five months' exercise program on the visceral fat and the brachial-ankle pulse wave velocity in middle-age and elderly

Masahiro FUJINO¹, Yamashita HIROYUKI², Mitsushiro NAGAO¹

¹Department of Health and Sports Science Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

²Doctoral Program in Health Science, Graduate School of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

Summary

A parameter of arteriosclerosis, the brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV), is associated with the visceral fat level. This relationship is emphasized. However, few studies have examined this parameter with respect to the visceral fat level measured using a simple procedure. In this study, we investigated changes in the visceral fat distance (VFD) determined employing abdominal ultrasonography and baPWV before and after participation in an exercise program for the middle-aged to elderly.

The subjects consisted of 11 males (66.6 ± 9.2 years) and 36 females (62.6 ± 6.7 years), aged 40 to 79 years, who participated in the program held at our university. Exercise intervention was performed for 5 months. Physical measurement, blood pressure measurement, blood biochemistry, and baPWV/VFD measurement were conducted before and after intervention.

Participation in the program significantly decreased the body weight, waist circumference, BMI, systolic blood pressure, and levels of total cholesterol, neutral fat, blood sugar, and free fatty acids. The HDL cholesterol level significantly increased. The baPWV for the left and right sides and VFD significantly improved.

In the middle-aged to elderly subjects, an improvement was achieved by increasing the physical activity level.

(Med Biol **155**: 325-331 2011)

Key words: exercise program, ultrasonography, Visceral Fat Distance, brachial-ankle pulse wave velocity

Correspondence author: Masahiro FUJINO

Department of Health and Sports Science Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare, 577, Matsushima kurashiki-city, Okayama 701-0192, JAPAN.

Tel: 086-462-1111

Fax: 086-463-3508

Email: masahirofujino@hotmail.co.jp

