

定期的なグループトレーニングが中高齢者の脈波伝搬速度に及ぼす影響

ミウラ 三浦 ハジメ 哉* タカハシ 高橋 ヨシノリ 良徳^{2*} キタバタケ 北島 ヨシノリ 義典^{3*}

目的 中高齢者を対象に、自治体で主催されるグループトレーニングを考案し、動脈スティフネスの指標である脈波伝搬速度に及ぼす影響について明らかにしようとした。

対象と方法 対象者は86人の女性中高齢者であり、1回90分間のグループトレーニングを週2回、3か月間実施する介入群（45人；69.8±7.2歳）と同期間に運動を実施しない対照群（41人；68.9±7.3歳）とに無作為に分けた。グループトレーニングの内容は主にラバーチューブ、ダンベルを用いた抵抗性運動と椅座位で音楽に合わせてながら下肢中心の有酸素性運動で構成される内容であった。運動介入期間前後に血圧脈波検査装置を用いて、上腕収縮期、拡張期血圧、および上腕一足の脈波伝播速度を計測した。また、起居能力、歩行能力、手腕作業能力、身辺作業能力からなる生活体力テストも実施した。

結果 介入群および対照群の運動介入期間前後の収縮期血圧の変化率は $-3.3 \pm 8.4\%$ と $1.7 \pm 7.9\%$ ($P < 0.01$)、拡張期血圧の変化率は $-4.3 \pm 7.8\%$ と $0.9 \pm 7.7\%$ ($P < 0.01$)、および脈波伝搬速度の変化率は $-8.9 \pm 5.0\%$ と $0.2 \pm 5.4\%$ ($P < 0.001$)であり、両群間に有意な差が認められた。また、起居能力の変化率は $-11.0 \pm 11.4\%$ と $-2.0 \pm 10.7\%$ ($P < 0.001$)、歩行能力の変化率は $-6.8 \pm 10.3\%$ と $-2.6 \pm 10.2\%$ (n.s.)、手腕作業能力の変化率は $-3.5 \pm 13.2\%$ と $-1.6 \pm 7.5\%$ (n.s.)、および身辺作業能力の変化率は $-7.6 \pm 15.2\%$ と $0.0 \pm 12.9\%$ ($P < 0.05$)であり、起居能力および身辺作業能力について、両群間に有意な差が認められた。

結論 我々が考案したグループトレーニングは中高齢者女性の血圧、脈波伝搬速度の改善および起居能力、身辺作業能力といった基本的動作能力の改善に有用であることが示された。

Key words : 脈波伝播速度, 中高齢者, 生活体力, グループトレーニング

1 緒 言

わが国の2006年の全死因に占める死因別死亡の割合は心疾患および脳血管疾患で27.7%であり、悪性新生物による死亡の割合(30.4%)と同等である¹⁾。三輪ら²⁾は、今後さらに人口の年齢構成の高齢化に伴い、循環器疾患の代表である脳血管疾患死亡数が増加していくことを予想している。脳血管疾患は、その後遺症により心身の自立障害および生活の質(QOL)の低下に影響を及ぼすために、中高齢者の心身の自立およびQOLの向上のためにも、動脈機能の低下を予防することは重要である。

動脈は加齢にともない、エラスチンの変性、コラーゲン濃度の増加、血管平滑筋の肥厚などの器

質・構造変化、血管内皮細胞での一酸化窒素(NO)産生能の低下などの機能変化により動脈の伸展性が低下し、収縮期血圧および脈圧が増大する^{3~5)}。このような動脈の伸展性の加齢にともなう変化は、左心室後負荷の増大、左心室肥大などをもたらし、高齢者の循環器疾患のリスクを高めている。これまでに、定期的な持続的運動を実施することで、呼吸循環器系機能の改善のみならず、動脈コンプライアンス、動脈スティフネスといった動脈機能の改善も報告されている^{6~10)}。このように循環器疾患のリスクを減少させる上で、中高齢期における運動の重要性が示されている。

近年、循環器疾患のリスクの軽減、生活習慣病の予防などの観点から、自治体による中高齢者を対象とした健康づくり事業が盛んに実施されている。このような事業では、参加者が多数のために、個人が個々に運動するのではなく、集団で運動するグループトレーニングという形態がとられる場合が多い。しかし、運動プログラム、期間、頻度などは多様であり、短期的なグループトレーニングが中高齢者の

* 徳島大学大学院ソシオアーツアンドサイエンス研究部

²* 財団法人 栃木健康倶楽部

³* 財団法人 明治安田生命厚生事業団体力医学研究所
連絡先：〒770-8502 徳島県徳島市南常三島 1-1
徳島大学大学院ソシオアーツアンドサイエンス研究部
応用生理学研究室 三浦 哉

動脈機能に及ぼす影響については十分に検討されていない。2008年度より、特定健康診査・特定保健指導が開始されたために、健康づくりに関わる運動指導者、保健師らはEvidence Based Healthcare (EBH) に基づき、科学的根拠に基づいた健康維持・増進のための事業を展開する重要性が一段と高まると考えられる。

そこで本研究では、介護予防、ヘルスアップ事業等で実施可能なグループトレーニング形式の運動介入プログラムを考案し、中高齢者の動脈スティフネスの指標である脈波伝搬速度に及ぼす影響について明らかにしようとした。

II 研究方法

1. 対象者

本研究の対象者は、徳島県内の自治体が2006年1月から2007年12月にかけて4期に分けて実施した「介護予防」あるいは「ヘルスアップ」事業に自主的に参加した60歳以上の在宅自立中高齢者193人(男性21人, 女性172人)であった。募集は市, 町の広報誌, 募集用チラシを配布することによって一般市民から自主的に参加を募り, 降圧剤の服用者, 高血圧治療ガイドライン¹⁾によるI度高血圧以上の者(収縮期/拡張期血圧が140 mmHg / 90 mmHg以上), 過去5年間に喫煙歴のある者(毎日, もしくは時々吸っている)の3条件のうち, いずれか1つ以上の項目に該当する98人(男性16人, 女性82人)

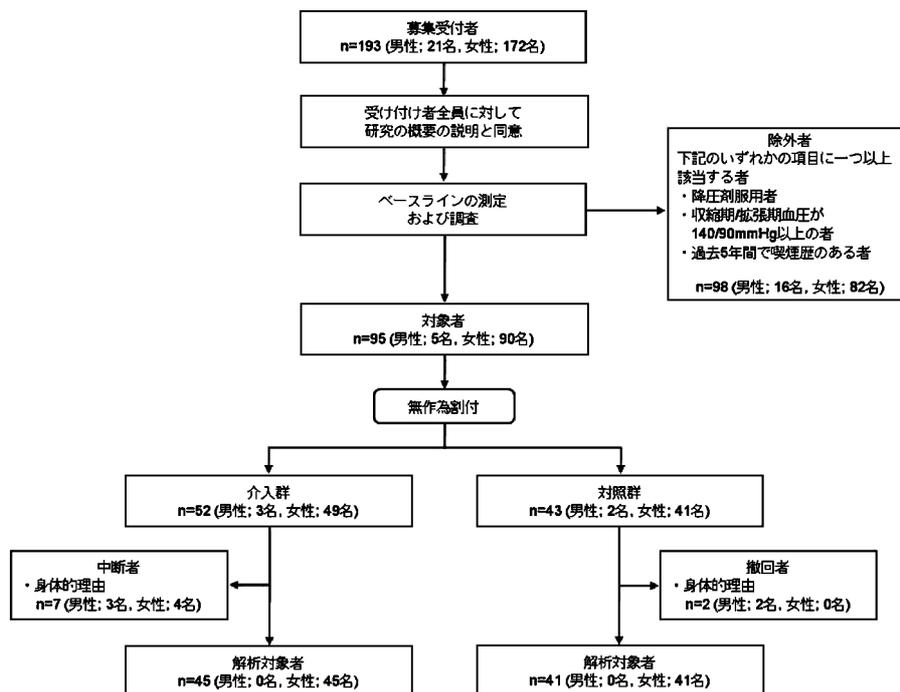
を除外した。また, 募集の際には, 心疾患, 膝・腰などの整形外科疾患の既往, 医師による運動制限のない者という募集条件を文面にて伝えた。その結果, 応募者193人の内, 除外者98人を除く95人が対象者となった。対象者は無作為に介入群(男性3人, 女性49人)および対照群(男性2人, 女性41人)に分けられた。さらに, 運動介入期間中に運動器障害, あるいは疾病により運動を中断した者(男性3人, 女性4人), 疾病により介入期間後の測定を撤回した者(男性2人)を除く, 介入群45人(平均年齢 69.8 ± 7.2 歳)および対照群41人(68.9 ± 7.3 歳)の女性中高齢者が解析対象者となった。募集から運動介入期間終了までのフローチャートは図1に示すとおりである。

本研究は徳島大学総合科学部人間科学分野における研究倫理委員会の承諾を得たものであり, 対象者には事前に文書および口頭にて研究の内容・趣旨, 参加の拒否・撤回・中断などについて説明し, 承諾を得た後に研究を開始した。また, 除外者, 対照群の中高齢者は, 観察期間終了後, 介入群と同様の運動プログラムを実施した。

2. グループトレーニング(集団運動指導)

介入群の対象者は1回当たり90分間の運動プログラムを週に2回の頻度で12週間実施した。本研究で我々が考案した運動プログラムは, ①ストレッチング, ②レクリエーション, ③ラバーチューブ, 軽量ダンベルを用いた抵抗性運動, および④座位での有

図1 対象者の募集から運動介入期間終了までのフローチャート



酸素性運動 (C-Exer: chair based exercise) で構成され、これまでに紹介されている高齢者向けの介護予防のための運動^{12~14)}を参考に考案した。

抵抗性運動に関して、最初の4週間は正しいフォームの獲得に焦点をあて、表1に示したラバーチューブ (強度シンもしくはミディアム)、ダンベル (500もしくは750 g) を用いた運動をそれぞれ6~8種類選択し、1回につき10~15回の反復を1~2セット実施させた。その後、5週目以降は、これらの抵抗性運動をサーキット形式で実施させた。このトレーニングは6~8か所のステーションからなり、各ステーションでラバーチューブあるいはダンベルを用いた抵抗性運動を12~15回、これらをサーキット形式で3~4周繰り返す内容であった。各ステーション間の移動は普通歩行もしくは膝を高く上げる腿上げ歩行とした。なお、サーキット形式のトレーニングの所要時間は30~40分間であった。本形式のトレーニングは全ての対象者が同様に実施したが、運動時に膝、腰等に痛みを感じた対象者に対しては座位姿勢で、また、ラバーチューブ、ダンベルを用いない抵抗なしの状態でも運動するように随時指示した。したがって、介入群の全ての対象者が同じ運動

量にはならなかった。

C-Exerは椅座位姿勢で表1に示した運動を3~4種類選択し、4拍子の音楽のリズムに合わせてながら15~20分間、連続的に繰り返させた。

トレーニング時の運動強度を把握するために10~12週目に心拍メモリ装置 (PE400 Polar社製) を用いて、サーキットトレーニングおよびC-Exer時の心拍数を測定し、年齢から推定した最大心拍数に対する相対値 (%HR_{max}) を算出した。その結果、サーキットトレーニングおよびC-Exer時の心拍数はそれぞれ毎分103.9 ± 7.0拍, 114.3 ± 6.2拍, %HR_{max}はそれぞれ67.3 ± 3.9%, 74.6 ± 5.3%であった。

なお、本研究で実施したグループトレーニングは、地域の公民館、コミュニティーセンターなどのホールを利用し、1回につき10~20人を対象に実施した。運動の指導は、健康運動指導士もしくは保健体育の教員免許取得者が担当し、その他に常時2~3人の看護師、保健師が指導の補助および対象者の血圧測定などの健康管理を担当した。

3. 測定項目

血圧脈波検査装置 (BP-203RPE オムロンコーリン株式会社製) を用いて、上腕収縮期、拡張期血圧、および上腕から足の脈波伝播速度を、介入期間前後に計測した。対象者は食後3時間以上経過した後に、室温が調整された部屋 (23~25°C) にて約20分間の仰臥位安静後に、同姿勢時の心音図、心電図、脈波および四肢血圧の測定を実施した。測定時間は対象者ごとに随時異なったが、介入期間前後ではほぼ同一時間に測定した。

血圧脈波検査装置は動脈の伸展性 (硬化状態) を非侵襲的に測定することが可能である^{15,16)}。両上腕および両足首に血圧測定用のカフを巻き、カフ内の容積脈波から両上腕と両足首の脈波を獲得することができる。これらの上腕および足首の脈波から立ち上がり時間の差 (ΔT) を測定し、身長から求めた大動脈弁口から足首までの長さ (L_a)、大動脈弁口から上腕までの長さ (L_b)、をそれぞれ求め、以下に示す式から $baPWV$ を算出した。

$$\text{脈波伝搬速度} = (L_a - L_b) / \Delta T$$

収縮期血圧、拡張期血圧および脈波伝搬速度の測定は2回繰り返し、2回目の左側の測定値を解析対象とした。また、全ての対象者の足首と上腕の収縮期血圧比は0.9から1.3の正常範囲内であり、円背の症状も認められなかった。測定はすべて同一験者が実施し、測定実施前に成人男性14人を対象に脈波伝搬速度を2日以上の間隔をあけて2回計測したところ、1回目が1511 ± 127 $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、2回目が1516 ±

表1 12週間の運動介入時に実施した主な運動

| 形式 | 運動内容 | 体位 | 使用器具 | 運動量 |
|--------|-------------|-----|------|--------------|
| 抵抗性運動 | フロントレイズ | 立 | ラ/ダ | 10-20回 |
| | ラテラルレイズ | 立 | ラ/ダ | 10-20回 |
| | オーバーヘッドプレス | 立/座 | ラ/ダ | 10-20回 |
| | エルボーフレクション | 立/座 | ラ | 10-20回 |
| | チェストプレス | 立/座 | ラ/ダ | 10-20回 |
| | サイドベンド | 立 | ラ/ダ | 10-20回 |
| | ヒップフレクション | 立 | ラ | 左右交互に計10-16回 |
| | ヒップエクステンション | 立 | ラ | 左右交互に計10-16回 |
| | ニーフレクション | 座 | ラ | 左右交互に計10-16回 |
| | ニーエクステンション | 座 | ラ | 左右交互に計10-16回 |
| | レッグプレス | 座 | ラ | 左右交互に計10-16回 |
| | フロントランジ | 立 | ラ/ダ | 左右交互に計10-16回 |
| | ラテラルランジ | 立 | ラ/ダ | 左右交互に計10-16回 |
| | スクワット | 立 | ラ/ダ | 10-20回 |
| C-Exer | 股関節の屈曲 | 座 | 椅子 | 左右交互に8回 |
| | 股関節の内転・外転 | 座 | 椅子 | 左右同時に4回 |
| | 膝関節の伸展・屈曲 | 座 | 椅子 | 左右交互に8回 |
| | 足関節の底屈・背屈 | 座 | 椅子 | 左右同時に8回 |

C-Exer; chair based exercise, 立; 立位, 座; 座位, ラ; ラバーチューブ, ダ; ダンベル

128 cm·sec⁻¹であり、両測定間の相関係数は0.984 ($P<0.001$)であった。

対象者の日常生活の動作能力を評価するために運動介入前後に起居能力、歩行能力、手腕作業能力、および身辺作業能力で構成される生活体力テスト(財・明治安田厚生事業団体力研究所 考案)^{17,18)}を実施した。起居能力は仰臥位姿勢から立ち上がり、その後、椅子に座って再び立ち上がるという一連の動作をできる限り速く実施し、その所要時間を評価指標とした。歩行能力は10 m 歩行路の2 m 毎に中心線から50 cm 離れて左右2 か所ずつの方向変換点が設置されたジグザグ歩行コースをできる限り速く歩き、その所要時間を評価指標とした。手腕作業能力は手腕作業検査盤を用いて、ボード上に設置されたペグを2本ずつ両手で同時に別の穴へ差し移し、48本全てのペグを移しかえるまでの所要時間を評価指標とした。身辺作業能力は水平横に挙げた指先から対側の肩峰点までの長さに相当するロープの両端を握り、立位でそのロープを片足ずつ踏み越え、その後、背側から頭上を通して再び体の前面に戻すという動作をできるだけ速く3回繰り返す、その所要時間を評価指標とした。

4. 統計処理

本研究の結果はすべて平均値および標準偏差で示した。運動介入期間前の初期値の群間比較は対応のないt検定を用いた。運動介入の効果を検討するために、運動介入前後の各測定項目の変化率[(トレーニング後-トレーニング前)/トレーニング前×100]を算出し、これを従属変数とし、独立変数は介入の有無として、調整変数に年齢を投入した共分散分析を行った。なお、測定項目の変化率が「-」であることは改善方向を意味する。また、危険率は5%未満を有意水準として採用した。

III 研究結果

1. ベースライン

解析対象者について、ベースライン時の身体的特性については表2に示すとおりであり、年齢、身長、体重およびBMIについて両群間に有意な差は

表2 解析対象者の身体的特性

| | 介入群 n=45 | 対照群 n=41 |
|-------------------------|-------------|-------------|
| 年齢(歳) | 69.8±7.2 | 68.9±7.3 |
| 身長(cm) | 151.6±5.4 | 151.4±5.0 |
| 体重(kg) | 54.9±7.2 | 54.2±2.8 |
| BMI(kg/m ²) | 23.3±2.9 | 23.3±2.8 |

値は平均値±標準偏差

認められなかった。

2. 運動介入による血圧、脈波伝搬速度および心拍数の変化

運動介入前後の収縮期血圧、拡張期血圧、脈波伝搬速度および心拍数の変化率については表3に示すとおりである。介入群および対照群の収縮期血圧の変化率はそれぞれ-3.3±8.4%、1.7±7.9%、拡張期血圧の変化率はそれぞれ-4.3±7.8%、0.9±7.7%、脈波伝搬速度の変化率はそれぞれ-8.9±5.0%、0.2±5.4%、心拍数の変化率はそれぞれ-0.4±4.8%、0.2±5.1%であり、収縮期・拡張期血圧および脈波伝搬速度について両群間に有意な差が認められた。

3. 運動介入による生活体力の変化

運動介入前後での生活体力の変化については表4に示すとおりである。介入群および対照群の起居能

表3 運動介入前後の収縮期血圧、拡張期血圧、脈波伝搬速度および心拍数の変化

| | 介入群 n=45 | 対照群 n=41 | |
|--------|--------------------------|--------------|--------------|
| 収縮期血圧 | 前(mmHg) | 123.2±13.6 | 124.5±13.1 |
| | 後(mmHg) | 118.8±14.3 | 126.3±14.0 |
| | 変化率(%) | -3.3±8.4** | 1.7±7.9 |
| 拡張期血圧 | 前(mmHg) | 73.0±9.3 | 72.5±8.9 |
| | 後(mmHg) | 69.6±8.4 | 72.8±8.0 |
| | 変化率(%) | -4.3±7.8** | 0.9±7.7 |
| 脈波伝搬速度 | 前(cm·sec ⁻¹) | 1584.2±194.3 | 1569.1±218.6 |
| | 後(cm·sec ⁻¹) | 1441.4±182.2 | 1569.3±217.8 |
| | 変化率(%) | -8.9±5.0*** | 0.2±5.4 |
| 心拍数 | 前(b·min ⁻¹) | 69.8±6.2 | 68.4±7.5 |
| | 後(b·min ⁻¹) | 69.5±5.6 | 68.4±7.1 |
| | 変化率(%) | -0.4±4.8 | 0.2±5.1 |

値は平均値±標準偏差

** ($P<0.01$), *** ($P<0.001$): コントロール群と有意な差

表4 運動介入前後の生活体力の変化

| | 介入群 n=45 | 対照群 n=41 | |
|--------|-------------|---------------|-----------|
| 起居能力 | 前(秒) | 6.2±2.1 | 6.1±2.1 |
| | 後(秒) | 5.5±1.1 | 6.0±2.1 |
| | 変化率(%) | -11.0±11.4*** | -2.0±10.7 |
| 歩行能力 | 前(秒) | 7.9±1.6 | 7.8±1.8 |
| | 後(秒) | 7.3±1.4 | 7.6±2.1 |
| | 変化率(%) | -6.8±10.3 | -2.6±10.2 |
| 手腕作業能力 | 前(秒) | 33.8±4.7 | 33.3±4.6 |
| | 後(秒) | 32.6±5.8 | 32.7±4.8 |
| | 変化率(%) | -3.5±13.2 | -1.6±7.5 |
| 身辺作業能力 | 前(秒) | 7.7±2.0 | 7.1±1.4 |
| | 後(秒) | 7.0±1.6 | 7.1±1.3 |
| | 変化率(%) | -7.6±15.2* | 0.0±12.9 |

値は平均値±標準偏差

* ($P<0.05$), *** ($P<0.001$): コントロール群と有意な差

力の変化率はそれぞれ $-11.0 \pm 11.4\%$, $-2.0 \pm 10.7\%$, 歩行能力の変化率はそれぞれ $-6.8 \pm 10.3\%$, $-2.6 \pm 10.2\%$, 手腕作業能力の変化率はそれぞれ $-3.5 \pm 13.2\%$, $-1.6 \pm 7.5\%$, 身辺作業能力の変化率はそれぞれ $-7.6 \pm 15.2\%$, $0.0 \pm 12.9\%$ であり, 起居能力および身辺作業能力の変化率について両群間に有意な差が認められた。

IV 考 察

本研究は中高齢女性を対象にして, 介護予防, ヘルスアップ事業などで実施可能なラバーチューブ, 軽量ダンベルを用いたサーキット形式の抵抗性運動および椅座位での有酸素性運動で主に構成される運動プログラムを考案し, その有用性を検討した。その結果, 週2回の頻度で12週間のグループトレーニングを実施することで, 脈波伝搬速度, 収縮期血圧, 拡張期血圧の改善および起居能力および身辺作業能力の改善がそれぞれ認められた。

本研究で得られた重要な所見の一つ目は, 我々が考案した運動プログラムを中高齢者が実施することで, 収縮期血圧, 拡張期血圧および脈波伝搬速度の低下率が対照群と比較して有意に改善した点である(表3)。これまでに1RMの80%強度の抵抗性トレーニングを週に3回の頻度で4週間実施することで, 動脈コンプライアンスの低下, つまり動脈機能の低下が認められている¹⁹⁾が, 10RMの30%の低強度の抵抗性運動をサーキット形式で週に3回の頻度で8週間実施することで, 脈波伝搬速度を改善することが報告されている²⁰⁾。一方, 40~45分間の70~75%HR_{max}の歩行/ジョギングなどの有酸素性運動を週に4~6回の頻度で12週間実施すること⁹⁾で, また, 1RMの80%強度の抵抗性トレーニングに60%HR_{max}強度の30分間の有酸素性運動を加えた複合トレーニングを16週間実施すること²¹⁾で, 動脈機能の改善が報告されている。本研究では最大心拍数の $74.6 \pm 5.3\%$ に相当する有酸素性運動であるC-Exerと軽量ダンベル, ラバーチューブを用いて運動強度が低く設定されたサーキット形式の抵抗性トレーニングで構成される, 中高齢者にとっては安全性の高い運動プログラムを実施した。そのために, 運動時の血圧の上昇が抑えられ, これらを定期的に行うことで, これまでの有酸素性運動トレーニング, 低強度のサーキット形式のトレーニングによる動脈機能の改善と同様の結果が生じたのではないかと考えられる。

定期的なトレーニングによる収縮期血圧, 拡張期血圧および脈波伝搬速度の著しい改善の原因の一つとして, 動脈の機能因子が影響を及ぼす^{22~26)}。

Maedaら²³⁾は, 最大酸素摂取量の70%強度で60分間の自転車こぎ運動を週に3~4回の頻度で8週間トレーニングすることで, 血管収縮物質であるエンドセリン-1濃度の低下および血管拡張物質であるNO濃度の増加を報告している。本研究で実施した運動介入プログラムは, 30~40分間のサーキット形式の抵抗性運動, 15~20分間の椅座位姿勢でのC-Exerで主に構成されている。サーキット形式の抵抗性運動およびC-Exerはいずれも休息を挟まずに連続的に運動しており, 有酸素性運動をシミュレーションしていると推察される。そのために, 運動時では血流量の増加にともなう血管壁への力学的刺激(shear stress)が増加し, 血管内膜を構成する内皮細胞からNOを放出するといった一過性的な変化が週2回の頻度で12週間続き, この点がMaedaらの報告²³⁾と同様に動脈の機能因子の改善に変化をもたらしたのではないかと考えられる。また, 脈波伝搬速度に大きな影響を及ぼす因子として, 血圧, 心拍数などがある²⁷⁾。本研究では対照群と比較して介入群では, 心拍数の変化率には有意な差が認められなかったが, 収縮期血圧, 拡張期血圧の低下率に有意な差が認められた。収縮期血圧, 拡張期血圧, および脈波伝搬速度の介入群の変化率はそれぞれ $-3.3 \pm 8.4\%$, $-4.3 \pm 7.8\%$, $-8.9 \pm 5.0\%$ であり, 運動介入の影響が血圧よりも脈波伝搬速度に及ぼす影響の方が大きいことが推察される。したがって, 血圧の変化は主に運動介入による動脈機能の改善による影響が大きく, 同様の運動プログラムを長期間継続することで, 一層, 血圧の低下をもたらすと考えられる。

一方, 定期的な運動介入による脈波伝搬速度の改善には動脈壁の肥厚などの器質的変化, 交感神経機能活性などの影響も考えられるが, 本研究ではこれらの点については検討していない。したがって, 今後は動脈の機能変化と同時に超音波エコー装置を用いて総頸動脈の内膜中膜厚の計測, 血管平滑筋への自律神経機能などを測定評価することで, 中高齢者の動脈スティフネスが運動介入によって改善するメカニズムを検討する必要がある。

生活体力については, 対照群と比較して介入群では, 起居能力および身辺作業能力の改善率が有意に大きいことが認められた。起居能力は「起きる」, 「立ち上がる」, 「座る」, 「横たわる」といった起居動作に, 歩行能力は「歩く」, 「走る」といった移動動作に, 手腕作業能力は「調理」, 「裁縫」, 「掃除」といった家事動作に, 身辺作業能力は「更衣」, 「入浴」, 「整容」といった身辺動作にそれぞれ関係する能力である¹⁷⁾。これらの項目は日常生活の中での主

要動作であり、自立した生活を過ごす上で、中高齢者にとって重要な要因である。したがって、本研究で実施した運動介入プログラムは、脈波伝搬速度および血圧の改善から脳卒中などの循環器系疾患の予防と同時に、日常生活の自立に関連した動作能力を改善する上でも有効であることが示された。

我々が考案した運動プログラムは、自治体の公民館、コミュニティーセンターなどの室内で実施でき、なおかつ、グループトレーニングのために一度に多くの高齢者に対して指導することが可能である。合計24回実施したトレーニングの対象者の平均出席回数は22.3回と大変高いものであった。これは、ラバーチューブ、ダンベル、椅子などを用いたトレーニングのために単調にならず、また、膝、腰等に痛みを感じた対象者には座位姿勢で運動量（回数、セット数）を減らすなどの個人の状況に応じた運動プログラムを提供したことが原因の一つと考えられる。さらに、レクリエーションでは四肢を用いたコーディネーション運動も加えたことで、楽しみながら運動を実施させたことも影響していると考えられる。12週間という比較的短期間の運動介入ではあったが、収縮期血圧、拡張期血圧および脈波伝搬速度のみならず、自立機能に関連する生活体力も改善したことから、EBHに基づいた自治体主体の循環器疾患の一次予防および介護予防事業として本運動プログラムを応用できると思われる。今後は運動形態、頻度、時間、期間などの運動処方の詳細を検討し、中高齢者向けの運動プログラムを確立する必要があると考えられる。また、運動プログラムを短期間ではなく長期間継続し、運動が習慣化できるように自主クラブの設立、介護予防関係のNPO、総合型地域スポーツクラブなどによる教室の開催といったソフト面の充実も必要である。この点に関して、本研究で対象となった事業では、トレーニング期間終了後、NPOあるいは総合型地域スポーツクラブにて、本プログラムを継続して実施している。

本研究の限界として、運動介入期間が12週間という短期間であったこと、ラバーチューブ、軽量ダンベル、椅子を使用したトレーニングであったために、個々人の運動強度・相対強度を厳密に設定できないという問題があげられる。また、これまでの身体活動量、運動習慣、運動教室以外の身体活動量について客観的な指標で評価していない。したがって、運動介入が動脈機能および生活体力に及ぼした直接的な要因を明らかにするためには、運動強度、日頃の身体活動量などを厳格に設定、調査して検討することは今後の課題である。研究対象者について、本研究では降圧剤の服用、高血圧、喫煙状況を

除外項目としたために、募集受け付け者の49%しか対象者にならず、解析対象者は正常血圧の女性中高齢者のみとなった。動脈硬化指標となる血液・生化学からの検討をしていないために、今後は男性およびI度高血圧症、降圧剤を服用している中高齢者に対しても同様の運動プログラムの効果を、脈波伝搬速度のみではなく血中脂質レベル、NO_xなどの測定を加えて、総合的に検討する必要があると思われる。さらに、対照群に対して運動介入期間後に同様の運動プログラムを実施させたが、その後の動脈機能、生活体力などの測定を実施していないために、今後はクロスオーバー研究のスタイルで実施する必要がある。

V 結 語

週2回の頻度で12週間実施した本運動プログラムは、中高齢者の脈波伝搬速度、血圧および生活体力の指標である起居能力、身辺作業能力を改善した。したがって、本プログラムは中高齢者の循環器疾患の発症に対して予防的な効果と同時に自立機能の低下を抑制する対策として有用であることが示唆された。

本研究の実施にあたり、徳島大学大学院応用生理学研究室のスタッフからの協力をいただき、心より御礼申し上げます。なお、本研究の一部は徳島県徳島市および勝浦郡上勝町との受託研究で実施された。

(受付 2008. 4.15)
採用 2009.11.17)

文 献

- 1) 厚生統計協会, 編. 国民衛生の動向・厚生指標. 東京: 厚生統計協会, 2007; 42-66.
- 2) 三輪のり子, 中村 隆, 成瀬優知, 他. わが国における20世紀の脳血管疾患死亡率の変動要因と今後の動向. 日本公衛誌 2006; 53: 493-503.
- 3) Folkow B, Svanborg A. Physiology of cardiovascular aging. *Physiol Rev* 1993; 73: 725-764.
- 4) Lakatta EG. Age-associated cardiovascular changes in health: impact on cardiovascular disease in older persons. *Heart Fail Rev* 2002; 7: 29-49.
- 5) Seals DR. Habitual exercise and the age-associated decline in large artery compliance. *Exerc Sports Sci Rev* 2002; 31: 68-72.
- 6) Dinunno FA, Tanaka H, Monahan KD, et al. Regular endurance exercise induces expansive arterial remodeling in the trained limbs of healthy men. *J Physiol* 2001; 534: 287-295.
- 7) Monahan K, Tanaka H, Dinunno F, et al. Central arterial compliance is associated with age- and habitual exercise-related differences in cardiovascular baroreflex sensitivity. *Circ* 2001; 104: 1627-1632.

- 8) Tanaka H, DeSouza CA, Seals DR. Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1998; 18: 127-132.
 - 9) Tanaka H, Dinanno FA, Monahan KD, et al. Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circ* 2000; 102: 1270-1275.
 - 10) Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, et al. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circ* 1993; 88: 1456-1462.
 - 11) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会. 高血圧治療ガイドライン2009. 東京: ライフサイエンス出版, 2009; 14-15.
 - 12) 大淵修一. 家族みんなの介護予防運動マニュアル. 東京: 財団法人東京都高齢者研究・福祉振興財団, 2006.
 - 13) 奈良 勲, 藤村昌彦. 虚弱・障害高齢者のための健康体操テキスト. 東京: 医歯薬出版株式会社, 2003.
 - 14) 松田光生, 福永哲夫, 烏帽子田彰, 他. 地域における高齢者の健康づくりハンドブック. 東京: 有限会社ナップ, 2001.
 - 15) Matsui Y, Kario K, Ishikawa J, et al. Reproducibility of arterial stiffness indices (pulse wave velocity and augmentation index) simultaneously assessed by automated pulse wave analysis and their associated risk factors in essential hypertensive patients. *Hypertens Res* 2004; 27: 851-857.
 - 16) 山科 章. 脈波速度測定法. 小澤利男・増田善昭, 編. 脈波速度. 東京: メジカルビュー社, 2002; 26-34.
 - 17) 種田行男, 荒尾 孝, 西嶋洋子, 他. 高齢者の身体的活動能力(生活体力)の測定法の開発. *日本公衛誌* 1996; 43: 196-208.
 - 18) 種田行男. 高齢者の生活体力とその関連要因. *日本運動生理学雑誌* 1997; 4: 141-147.
 - 19) Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, et al. Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: a randomized intervention study. *Circ* 2004; 110: 2858-2863.
 - 20) 三浦 哉, 青木さくら. 低強度のサーキットトレーニングが成人女性の動脈スティフネスに及ぼす影響. *体力科学* 2005; 54: 205-210.
 - 21) Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. Resistance training and arterial compliance: keeping the benefits while minimizing the stiffening. *J Hypertens* 2006; 24: 1753-1759.
 - 22) Delp MD, Laughlin MH. Time course of enhanced endothelium-mediated dilation in aorta of trained rats. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1454-1461.
 - 23) Maeda S, Miyauchi T, Kakiyama T, et al. Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide, in healthy young humans. *Life Sci* 2001; 69: 1005-1016.
 - 24) Moncada S, Palmer RM, Higgs EA. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. *Pharmacol Rev* 1991; 43: 109-142.
 - 25) Sessa WC, Pritchard K, Seyedi N, et al. Chronic exercise in dogs increases coronary vascular nitric oxide production and endothelial cell nitric oxide synthase gene expression. *Circ Res* 1994; 74: 349-353.
 - 26) Tronc F, Wassef M, Esposito B, et al. Role of NO in flow-induced remodeling of the rabbit common carotid artery. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1996; 16: 1256-1262.
 - 27) Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertension* 2001; 37: 1236-1241.
-

Influence of group training on pulse wave velocity in elderly women

Hajime MIURA*, Yoshinori TAKAHASHI^{2*} and Yoshinori KITABATAKE^{3*}

Key words : pulse wave velocity, elderly, functional fitness, group training

Purpose The purpose of this study was to identify the influence of our designed group training on pulse wave velocity in elderly women.

Method Eighty six elderly women were assigned to two groups randomly; an intervention group (69.8 ± 7.2 yrs) and a control group (68.9 ± 7.3 yrs). In the intervention group, subjects participated in 90-min group training twice a week for 12 weeks. Our designed training program included recreational activities, six to eight resistance exercises for circuit training using rubber tubes and light weight dumbbells, and chair-based aerobic exercise. Systolic (SBP) and diastolic blood pressure (DBP) and the brachial-to-ankle pulse-wave velocity (baPWV) were obtained in the supine position. Functional fitness with regard to standing, walking, hand work, and self-care was also measured.

Results Changes in ratios of SBP, DBP and baPWV between before and after the intervention were $-3.3 \pm 8.4\%$, $-4.3 \pm 7.8\%$, and $-8.9 \pm 5.0\%$ for the intervention group, and $1.7 \pm 7.9\%$, $0.9 \pm 7.7\%$, and $0.2 \pm 5.4\%$ for the control group. The differences between the two groups were significant ($P < 0.01$). Change in ratios for standing and self-care also significantly differed ($P < 0.05$).

Conclusion These results suggested that our designed group training for elderly women improves arterial function and functional fitness.

* Institute of Socio-Arts and Sciences, University of Tokushima

^{2*} Institute of Tochigi, Health and Wellness Foundation

^{3*} Physical Fitness Research Institute, Meiji Yasuda Foundation of Health and Welfare