

## 中高年者の動脈硬化進展予防に対する水中運動の効果

川崎晃一<sup>てるかず</sup> (九州大学名誉教授、元九州産業大学教授)

### はじめに

運動が、心脳血管疾患などの生活習慣病のリスクを減少させることは、すでに多くの研究によって証明されている<sup>1,2)</sup>。高血圧に対する運動療法では、最大酸素摂取量の50%程度の有酸素運動が高血圧の治療に有効であることが、日本人の高血圧治療ガイドライン<sup>3)</sup>にも明記されている。高血圧は動脈硬化危険因子の筆頭にあげられているので、動脈硬化進展の予防や改善には、運動がきわめて有効であるといえる。近年米国から、身体活動量の多い女性では加齢による大動脈硬化が少ないこと<sup>4)</sup>、また、ある程度運動を継続していくと、動脈硬化の進行を遅らせるだけでなく改善さえ認められる<sup>5)</sup>という論文が報告された。しかしながら、生活習慣病の予防や治療に対する水中運動の効果を検討した報告はほとんどない<sup>6,7)</sup>。6ヵ月間の水泳と歩行のいずれの運動がより降圧効果が認められるかを観察した介入研究は、正常血圧の中高年女性のみを対象にした研究で、血圧以外の危険因子に対する効果は検討されていない<sup>7)</sup>。

著者らは、水中歩行を中心としたストレッチ運動やスイミングなどを含む水中運動メニューを作成して6ヵ月間継続的に運動を行い、血圧、糖質・脂質代謝、ならびに動脈硬化の指標となる脈波伝播速度 (PWV) や重心動揺性検査を実施して、水中運動がどの程度有効であるかを客観的に検討するため比較対照介入試験を行って報告した<sup>8)</sup>。動脈硬化を臨床的に判定する検査法としては、これまで脂質代謝の測定値やそれらの数値を用いた動脈硬化指数が用いられてきた。しかし最近では、動脈壁の硬度や伸展性を反映するとされるPWVの測定が有用視され、臨床でも広く活用されてきている<sup>9,10)</sup>。本稿では、動脈硬化危険因子に対する水中歩行を主体とした複合運動の効果を簡単に述べるとともに、PWVと動脈硬化危険因子との関連性を検討した成績を報告する。

### 対象と方法

#### 1. 対象

50～70歳の健康な日常生活を営む中高年男女の対象者を公募した。既報<sup>8)</sup>に記した一定の条件を設けて、それに該当する対象者に研究内容を十分に説明して書面です承を得た後に、運動群と対照群に分けて介入試験に参加してもらった。

本研究は、あらかじめ九州産業大学倫理委員会で、研究の意義、対象、方法、予想される学問的・社会的効果、副作用などについて説明し、本委員会の承認を得た。

#### 2. 方法

##### a. 試験期間

水中運動教室 (以後教室と略す) 開始前の4月中旬～5月上旬と、下記のプロトコールを6ヵ月間、週2回開講した同教室終了直前の11月上旬～中旬に、以下に述べる諸検査を繰り返して行った。

##### b. プロトコール

九州産業大学スイミングプールで週2回、午後2時～4時までで休憩をとりながら約2時間、次のメニューを2名のインストラクターの指導のもとで実施した。①血圧・脈拍・体重測定、②ストレッチ体操および自転車エルゴメーター (セノーコードレスバイクV70) (約30分)、③腰痛体操 (10分)、④流水マシン (平均水温30.5度、平均秒速0.9m) を使った水深1.0～1.2mのプール内での水中歩行 (約40分)、⑤水泳指導 (約20分)、⑥終了後の血圧・脈拍・体重測定。

##### c. 検査項目および測定方法

検査項目は、運動群、対照群いずれも教室前後で同一検査者が同一機器を用いて行った。

①体脂肪測定: メディカルチェック時に体脂肪計 (OMRON HBF-300、オムロン社製) を用いて、立

表1 対象者のプロフィール(メディカルチェック時)

喫煙習慣：1日平均5本以上、飲酒習慣：1日平均日本酒で1合以上。

	運動群	対照群
対象者数	35	22
性別(男/女)	11/24	11/11
年齢(歳)	61.5±0.8	62.6±0.9
身長(cm)	158.9±1.4	158.6±1.8
体重(kg)	60.1±1.8	57.1±2.1
体格指数(kg/m <sup>2</sup> )	23.7±0.6	22.7±0.7
体脂肪量(kg)	18.2±1.0	16.1±0.9
収縮期血圧(mmHg)	136.6±3.2	133.9±2.3
拡張期血圧(mmHg)	81.0±1.6	77.8±1.5
脈拍(拍/分)	65.0±1.1	63.5±1.1
喫煙習慣「%」	6/35「17.1」	4/22「18.2」
飲酒習慣「%」	11/35「31.4」	7/22「31.8」
運動教室出席率(%)	92.4	

位で両上腕を前方へ水平に伸展し、3回測定してその平均値を採用した。

- ②血圧・脈圧：2回の異なる条件下で測定した値を比較した。すなわち、[a] 教室前後のメディカルチェック時に、10分以上座位をとらせた後、水銀血圧計を用いて同一検者が右腕で3回測定し、その平均値を採用した。[b] メディカルチェック時に行った血圧脈波検査時の左右上腕臥位血圧平均値を採用した。脈圧(PP)は、収縮期血圧(SBP)と拡張期血圧(DBP)の平均値の差から計算した。
- ③脈拍数：メディカルチェック時の血圧測定後に3回測定し、その平均値を採用した。
- ④運動負荷：Karvonenの式「運動時目標心拍数 = [(220 - 年齢) - 安静時心拍数] × 0.5 + 安静時心拍数」を適用した。自転車エルゴメーターを用いて運動負荷をおこない、最大負荷量の50%で個人の目標心拍数を設定して負荷量を決めた。個人の状態を観察しながら目標心拍数を基準にして、経時的に徐々に負荷量を増加していった。運動量は $\dot{V}O_2\max$ の50%とし、個人に適した運動メニューをインストラクターが作成した。教室期間中は、毎回測定する心拍数を用い、本式から個人の運動強度を決めて漸増していった。運動開始時は無理のない程度の負荷とし、47.7 ± 3.2Wから始めたが、6ヵ月後までには漸増して64.6 ± 1.9Wへ有意に増加させた。運動負荷量の増加率は24.1 ± 3.3%であった。
- ⑤血液生化学検査：教室前後のメディカルチェック時に、12時間以上の空腹状態で採血を行い、CRC検査センターにて自動分析装置を用いて測定した。
- ⑥血圧脈波検査：form PWV/ABI(オムロンコーリン株式会社)を用いてPWVを教室前後のメディカルチェック時に測定した。
- ⑦重心動揺性検査：教室前後のメディカルチェック時に、三角形板の隅3点にロードセルを配置した床反力計を

用いて、静的状態の重心動揺性の検査を行った。教室前後で測定した重心動揺グラフを用いて、閉眼時と開眼時における下記のデータをコンピューターで計算して比較した。測定項目は、①総軌跡長：60秒直立時の足圧中心の総軌跡距離(mm)、②単位時間軌跡長：1秒間の平均軌跡長(mm/秒)、③単位面積軌跡長：総軌跡長/外周面積(mm/mm<sup>2</sup>)、④外周面積：最外周が囲む面積(mm<sup>2</sup>)、⑤矩形面積：最大左右径と最大前後径の積(mm<sup>2</sup>)、の5項目である。

- ⑧PWVと主要検査項目間の相関性：左右上腕-足首間PWVの平均値(baPWV)と動脈硬化危険因子項目(血圧、糖質・脂質代謝)および重心動揺性検査項目の相関関係を、単相関係数を用いて教室前の測定値、ならびに教室前後の変化率(%変化率)で検討した。

#### d. 統計処理

集計は、対象数も少なくまた主として前後の成績の比較であるため、男女一緒に行った。各項目の値は平均値 ± 標準誤差(SEM)で表した。教室前後の諸項目の有意差検定はStat View 4.5日本語版(ヒューリンクス、東京)を用いてpairedまたはunpaired t-検定で行い、p < 0.05をもって有意差ありとした。

## 結果

### 1. 対象者のプロフィール

メディカルチェック時に条件を満足した運動群の対象者は39名であった。約6ヵ月で48回の教室を開講し、前記のプロトコールを実施した。出席率80%未満は対象から除外したため、最終的に運動群は35名(男性11名、女性24名)となった。出席率は男女間で差がなく、平均92.4%であった。また、一定の基準を遵守できた22名(男女各11名)を対照群とした。両群の観察期のプロフィールを表1に示す。

年齢は51~73歳で、運動群と対照群の間で有意差は

なかった。体格など表1に示した項目でも両群間で有意差はなかった。運動群と対照群に、降圧薬服薬者が4名と3名、糖尿病薬、肝臓治療薬は両群ともに各1名いたが、試験期間中は用量を変更しなかったことを主治医に確認した。

## 2. 運動前と6ヵ月後における体格、血圧、脈拍、血圧脈波検査および主な血液生化学検査

運動群ならびに対照群の、教室前・後のメディカルチェック時の体重、体格指数、体脂肪量、血圧、脈拍数、PWVおよび脂質ならびに糖質代謝検査成績を表2に示した。運動群における教室前・後の体重、体格指数、および体脂肪量はいずれも有意に減少した。しかし、対照群ではいずれも有意な変化を認めなかった。

[a] 水銀血圧計と [b] 血圧脈波検査時の異なる条件下で血圧を測定したが、いずれの条件下でも運動群では運動6ヵ月後にSBP、DBPともに有意に下降した。しかし対照群ではいずれの血圧も教室前後で有意差がなかった。脈圧 (PP) は運動群ではSBP、DBPの有意な低下、対照群ではDBPの上昇傾向がみられ、両群とも有意に減少した。

運動群では、教室前後のメディカルチェック時に実施した血圧脈波検査時の四肢血圧は、教室前に比して6ヵ月後にはほとんどすべての部位で有意に下降した。またPPは運動群で有意な減少がみられた。baPWVは6ヵ月後に有意に低下した。しかし対照群ではいずれの項目も教室前・後で有意差はみられなかった。

運動群では、教室前後で総コレステロール (T-CHOL)、LDL-コレステロール (LDL-CHOL)、動脈硬化指数 (AI) [(T-CHOL - HDL-CHOL) / HDL-CHOL比] ならびに空腹時血糖値 (FBS) は有意に低下し、HbA<sub>1c</sub>は低下の傾向を示した。HDL-コレステロール (HDL-CHOL) は増加傾向にあったが有意性はなかった。一方対照群では、LDL-CHOL、FBSが有意に増加した。

## 3. 床反力計を応用した重心動揺性検査

運動群では閉眼時と開眼時検査のいずれの項目も表3に示すように、教室前より6ヵ月後で有意に変化し、重心動揺性の明らかな改善を認めた。しかし対照群では教室前後でほとんど差を認めなかった。

## 4. 脈波伝播速度 (baPWV) と動脈硬化危険因子などの相関性の検討

表4に示すように、baPWVと異なる方法で測定したSBP、DBP、PPの間にはきわめて高い相関性を認めた。また、FBSやHbA<sub>1c</sub>の間にも有意な相関性を認めたが、脂質代謝との間にはまったく相関がなかった。

運動前後の%変化率では、baPWVとSBP (図1A、B)、DBP、PP、T-CHOL (図1C)、LDL-CHOL、FBS (図1D)、HbA<sub>1c</sub>の間には有意な相関性を認めた。しかし、HDL-CHOL、AIの間には相関性はなかった (表4)。

重心動揺性検査とbaPWVの間には、閉眼時外周面積でのみで有意な相関性を認めたものの、他の項目やすべての%変化率との間には相関がなかった (表4)。

## 考察

一般に、最大酸素摂取量50%前後の有酸素運動が生活習慣病の予防や治療のみでなく、中高年者の生活の質の向上に役立つことはこれまで科学的にも十分に証明されてきている。運動の種類としてはウォーキングやジョギング、自転車エルゴメーターなどが推奨され、それらに関する有効性の臨床研究が多いが、水中運動やスイミングに関する研究は非常に少ない。スイミングとウォーキングを長期間実施して降圧効果を比較した研究では、スイミングのほうが劣ると報告されている<sup>7)</sup>。今回著者が実施した運動教室はスイミングだけではなく、水中歩行を主体にしてそのほかの有酸素運動も組み合わせるため、スイミングのみによる運動効果とはいえない。しかし、中高年者に2時間近くもスイミングを継続させ

表2 運動群と対照群の運動教室前および6ヵ月後における体重、体脂肪、血圧、脈圧、心拍数、血圧脈波検査、血液生化学検査の比較

[a]:メディカルチェック時の血圧・脈拍数、[b]:血圧脈波検査時の血圧、  
[c]:(総コレステロール-HDL-コレステロール)/HDL-コレステロール比。  
△:p<0.1、\*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001 (vs. 運動教室前)。

	運動群 (35例)		対照群 (22例)	
	運動教室前	6ヵ月後	運動教室前	6ヵ月後
体重 (kg)	60.1±1.8	59.1±1.7***	57.1±2.1	57.2±2.0
体格指数 (kg/m <sup>2</sup> )	23.7±0.6	23.4±0.5***	22.7±0.7	22.7±0.6
体脂肪量 (kg)	18.2±1.0	17.8±0.9*	16.1±0.9	16.2±0.8
収縮期血圧 (mmHg) [a]	136.6±3.2	127.0±2.7***	133.9±2.3	132.7±2.5
拡張期血圧 (mmHg) [a]	81.0±1.6	77.5±1.3***	77.8±1.5	80.3±1.5
脈圧 (mmHg) [a]	55.6±2.1	49.5±1.8***	56.0±2.5	52.4±2.1**
心拍数 (拍/分) [a]	65.0±1.1	63.2±0.8	63.5±1.1	63.6±1.4
左右上腕収縮期血圧平均値 (mmHg) [b]	136.4±3.5	128.9±2.6**	136.3±3.2	134.4±2.8
左右上腕拡張期血圧平均値 (mmHg) [b]	81.6±2.0	77.7±1.7**	80.1±1.8	80.4±1.8
脈圧 (mmHg) [b]	54.8±1.9	51.2±1.4*	56.2±2.0	54.0±1.7
上腕一足首間脈波伝播速度平均値 (cm/秒)	1,661±50	1,581±40**	1,673±68	1,681±65
総コレステロール (mg/dL)	224.7±6.4	212.4±5.2***	221.5±10.0	227.0±10.5
HDL-コレステロール (mg/dL)	64.9±2.7	66.6±2.9	65.9±4.2	65.5±3.9
中性脂肪 (mg/dL)	104.9±7.9	99.2±7.3	106.2±13.4	94.2±9.7
LDL-コレステロール (mg/dL)	131.8±5.6	124.3±5.3*	123.5±6.3	134.1±8.5**
動脈硬化指数 [c]	2.64±0.17	2.44±0.19*	2.63±0.29	2.72±0.28
空腹時血糖 (mg/dL)	104.1±5.6	96.0±2.7*	88.3±2.1	92.7±2.0**
HbA <sub>1c</sub> (%)	5.7±0.3	5.4±0.1 <sup>△</sup>	5.0±0.2	5.1±0.2

表3 運動群と対照群の運動教室前および6ヵ月後における重心動揺性検査諸項目の比較

運動群 (27例)、対照群 (19例)。\*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001 (vs. 運動教室前)。

	閉眼時			
	運動群		対照群	
	運動教室前	6ヵ月後	運動教室前	6ヵ月後
総軌跡長 (mm)	2,437.6±103.0	2,046.8±76.5***	2,221.9±84.5	2,185.3±90.2
単位時間軌跡長 (mm/秒)	40.6±1.7	34.4±1.5***	37.0±1.4	36.4±1.5
単位面積軌跡長 (mm/mm <sup>2</sup> )	4.9±0.4	4.2±0.4***	3.8±0.3	3.9±0.3
外周面積 (mm <sup>2</sup> )	665.4±58.8	520.8±48.2***	642.9±52.0	638.3±71.7
矩形面積 (mm <sup>2</sup> )	749.2±69.5	570.8±45.3***	717.2±78.4	661.5±81.3

	開眼時			
	運動群		対照群	
	運動教室前	6ヵ月後	運動教室前	6ヵ月後
総軌跡長 (mm)	2,080.1±83.1	1,778.2±70.4***	2,023.1±81.9	1,923.6±86.0*
単位時間軌跡長 (mm/秒)	34.7±1.4	29.9±1.4***	33.7±1.4	32.1±1.4*
単位面積軌跡長 (mm/mm <sup>2</sup> )	6.1±0.4	5.3±0.4*	5.2±0.5	5.4±0.5
外周面積 (mm <sup>2</sup> )	432.0±32.9	340.0±23.2**	454.1±43.7	442.3±41.1
矩形面積 (mm <sup>2</sup> )	456.4±40.0	363.7±38.1**	470.6±39.6	471.3±40.0

表4 脈波伝播速度 (baPWV) と諸変数との相関性 (単相関)

	baPWV		%-baPWV
SBP [a]	0.761***	%-SBP [a]	0.555***
DBP [a]	0.373**	%-DBP [a]	0.370**
PP [a]	0.761***	%-PP [a]	0.356**
SBP [b]	0.796***	%-SBP [b]	0.697***
DBP [b]	0.733***	%-DBP [b]	0.600***
PP [b]	0.648***	%-PP [b]	0.491***
T-CHOL	0.092	%-T-CHOL	0.354**
HDL-CHOL	-0.043	%-HDL-CHOL	0.006
LDL-CHOL	0.028	%-LDL-CHOL	0.292*
AI [c]	0.137	%-AI	0.218
FBS	0.349**	%-FBS	0.477***
HbA <sub>1c</sub>	0.332*	%-HbA <sub>1c</sub>	0.402**
重心動揺性検査			
閉眼時総軌跡長	0.233	%-総軌跡長	0.028
閉眼時外周面積	0.375**	%-外周面積	0.125
開眼時総軌跡長	0.047	%-総軌跡長	0.054
開眼時外周面積	0.111	%-外周面積	0.131

baPWV: 左右上腕一足首間脈波伝播速度平均値、SBP: 収縮期血圧、DBP: 拡張期血圧、PP: 脈圧。  
[a]:メディカルチェック時の血圧、  
[b] 血圧脈波検査時の血圧、[c]: (T-CHOL-HDL-CHOL)/HDL-CHOL比。  
%-:%変化率 (6ヵ月後の検査値/運動教室前の検査値×100)。  
\*:p<0.05、\*\*:p<0.01、\*\*\*:p<0.001。

ることには限界があり、水中運動といくつかの有酸素運動を組み合わせるほうがより実践的であると考えた。なかでも水中歩行は水泳の不得手な中高年者でも手軽に実施できる利点があり、水圧の効果や逆流水による抵抗性などの影響も加わって、運動負荷効果は他の同程度の陸上でのみの運動より大きい<sup>11)</sup>。水中では浮力を受けるため首まで浸かると体重は1/9～1/10まで軽くなるため、脊椎や股関節、膝・足関節などにかかる荷重を軽減することができ、骨・関節疾患や脳血管障害後遺症のリハビリなどにも有用である。また粘性抵抗を利用して運動量を高めることができるので、水中運動は筋力の増強にもつながる<sup>12)</sup>。さらに変化に富んだメニューで単調な運動に陥ることを避けることができる。プールを使用した運動メニューは簡便なエルゴメーターやトレッドミル、あるいはジョギングやウォーキングによる運動などとは異なって設備を必要とするが、現在では多くの自治体の体育館や民間施設などにプールの設備があるので、それらの施設の活用が可能である。

一方、水中トレーニングを長期間実施した後の血圧やそのほかの生体への影響を観察した研究は非常に少ない<sup>6,7)</sup>。Tanakaらは中年高血圧者18例を対象にしたスイミングによる10週間の比較対照研究を行い、終了後のSBPは平均6mmHg ( $p < 0.05$ ) 下降したが、DBPや血漿カテコラミン濃度、前腕の末梢血管抵抗、循環血液量には差がなかったと報告している<sup>6)</sup>。そして、スイミングは肥満や気管支喘息、整形外科的疾患を有する人々にとっては陸上でのトレーニングに変わる有効な降圧効果が得られる方法であると結論している<sup>6)</sup>。スイミングがウォーキングよりも降圧効果が劣るという論文は、正常血圧の中高年女性を対象としたウォーキング群との比較対照研究で、血圧への影響だけを観察した介入研究である<sup>7)</sup>が、対象者の選定に問題があり、この報告からスイミングの降圧効果判定は困難であるとする研究者もいた<sup>13)</sup>。脈圧は、動脈壁の硬さと関連する指標であることより、PP

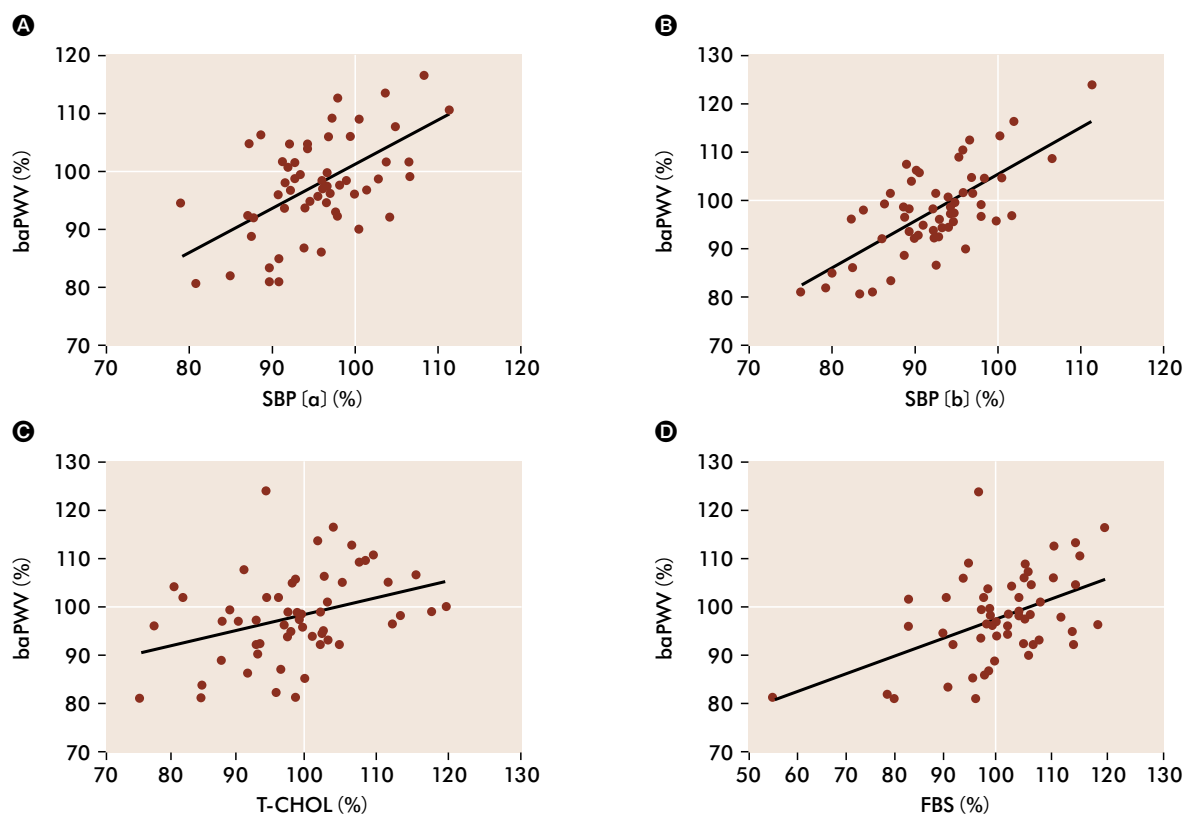
の増大が動脈硬化性疾患の関連リスクであることが広く認識されるようになった<sup>14,15)</sup>。その後、PPの異常に動脈の硬さを反映する指標であるPWVの亢進が、独立した動脈硬化性疾患のリスクであることが明らかになった<sup>9)</sup>。今回の成績では、PPは運動群、対照群のいずれでも有意に減少したが、運動群ではSBPのより著しい低下、対照群ではDBPの上昇傾向がPPの減少に影響したと思われる。

本研究では、動脈硬化性疾患の危険因子である高血圧や血清脂質異常ならびに糖質代謝異常が、運動開始6ヵ月後に有意に改善されており、生活習慣病や最近注目されているメタボリックシンドロームの予防・初期治療に、水中歩行を中心としたプールサイドでの有酸素運動を組み合わせた複合運動がきわめて有効であることが証明された。比較的に高齢者でも参加できて、継続しやすく工夫されたプロトコルに基づいたプールサイドにおけるこのような複合運動の効果を検討して有用性を実証した比較対照介入試験の報告は、著者の調べ得た範囲では見当たらなかった。しかしこのような複合運動では、いかなる運動が動脈硬化危険因子に対してより有用であったかを特定することはできない。

血圧脈波検査装置を用いたbaPWVは6ヵ月間の運動教室後に有意に改善された。PWVは測定部位間の動脈壁の硬化度や伸展性を反映するとされている<sup>9,10)</sup>。今回の対象者は51～73歳の中高年で、血圧も正常高値血圧ないしは高血圧に分類される対象者が多かったので、PWVは同年代の正常血圧者より明らかに大であった<sup>16)</sup>が、6ヵ月後には有意に減少した。PWVはFBSやT-CHOL、AIとも有意な相関があるが、血圧は最も大きな影響因子といわれている<sup>17)</sup>。今回の成績でも、血圧やPPとはきわめて高い相関性を認め、またFBSやHbA<sub>1c</sub>とも有意な相関が認められたが、T-CHOLやAIとの相関は認められなかった。しかし運動前後の%変化率の間には、T-CHOL、LDL-CHOLとも有意な相関を認

図1 収縮期血圧 (SBP)、空腹時血糖 (FBS)、総コレステロール (T-CHOL) の% -変化率と上腕-足首間脈波伝播速度 (baPWV) の% -変化率の相関性

A: メディカルチェック時のSBP [a] vs. baPWV  $y=0.76x+0.26$   $r=0.555$  ( $p<0.001$ )  
 B: 血圧脈波検査時のSBP [b] vs. baPWV  $y=0.80x+0.20$   $r=0.697$  ( $p<0.001$ )  
 C: T-CHOL vs. baPWV  $y=0.34x+0.65$   $r=0.354$  ( $p<0.01$ )  
 D: FBS vs. baPWV  $y=0.39x+0.59$   $r=0.477$  ( $p<0.001$ )



めたことから、PWVは脂質代謝と相関性があると思われる。

これまで水中運動が重心動揺性検査の改善に有用であるという報告は見当たらない。重心動揺性の改善は、転倒防止に役立つと考えられる<sup>18,19)</sup>。PWVと一部の重心動揺性検査との間に相関を認めたが、運動前後の%変化率との間には相関は認められなかった。重心動揺性は、小脳や大脳疾患に由来する協調運動障害や平衡機能障害、前庭迷路障害のみならず筋力低下、関節機能障害などの病変も反映しているが、動脈硬化度と直接関連があるとは考え難い。したがって、重心動揺性諸検査とPWVの間に殆ど直接的な相関性を認めなかったと思われる。

## まとめ

水中歩行運動を主体とする運動教室を6ヵ月間実施し、1回約2時間のトレーニングを週2回行って生活習慣病の改善に対する運動効果を検証した。出席率80%未満を除いた参加者35名(運動群:男性11名、女性24名;平均年齢62歳)を対象に48回実施し、教室開始前と終了後の血圧、糖質・脂質代謝、血圧脈波検査、重心動揺性検査などを実施した。同じ時期に同一検査を対照群22名(男女各11名;63歳)にも行って比較検討した。その結果、

①体重、体格指数、体脂肪量は運動群で有意に減少した。

②異なる条件下で測定した収縮期/拡張期血圧は運動群でいずれも有意に下降した。

③脂質代謝、動脈硬化指数ならびに糖質代謝、PWVは運動群で有意に改善した。

④重心動揺性も運動群で有意に改善し、中高年者の転倒予防に有効であると思われる。

⑤PWVと血圧、脈圧、糖代謝の間には有意な相関関係を認めた。また、運動前後のPWVと諸検査項目の変化率の間にも血圧、糖代謝、脂質代謝の一部で有意な相関関係が認められた。

これらの成績から、長期にわたる水中歩行を主体とする複合運動が血圧、脂質・糖質代謝異常を改善し、動脈硬化の進展予防に有効であるとともに、転倒防止にも有効であることが証明された。

## 謝辞

本研究は、公益信託日本動脈硬化予防研究基金の援助を受けて行われた。また、一部九州産業大学COE研究費と私立学校共済研究資金の援助を受けた。研究の実施に際しては、九産大スイミングクラブならびに健康・スポーツ科学センターのスタッフ、および九産大工学部日垣研究室大学院生諸君のご協力があった。記して謝意を表する。

## 文献

- 1) 荒川規矩男. 高血圧の運動療法概説. 臨床スポーツ医学 2006; 23: 1451-60.
- 2) Kodama S, Tanaka S, Saito K, Shu M, Sone Y, Onitake F, et al. Effect of aerobic exercise training on serum levels of high-density lipoprotein cholesterol A meta-analysis. Arch Intern Med 2007; 167: 999-1008.
- 3) 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2004. 東京: 日本高血圧学会; 2004.
- 4) 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: 127-32.
- 5) Tanaka H, Dinenna FA, Monahan KD, Clevenger CM, DeSouza CA, Seals DR. Aging habitual exercise and dynamic arterial compliance. Circulation 2000; 102: 1270-5.
- 6) Tanaka H, Bassett DR Jr, Howley ET, Thompson DL, Ashraf M, Rawson FL. Swimming training lowers the resting blood pressure in individuals with hypertension. J Hypertens 1997; 15: 651-7.
- 7) Cox KL, Burke V, Beilin LJ, Grove R, Blanksby BA, Puddey IB. Blood pressure rise with swimming vs. walking in older women: The Sedentary Women Exercise Adherence Trial 2 (SWEAT 2). J Hypertens 2006; 24: 307-14.
- 8) 川崎晃一, 村谷博美, 尾添奈緒美, 日垣秀彦, 川崎純也. 中高年者の生活習慣病ならびに転倒の予防・治療に対する水中運動の効果. 臨牀と研究 2007; 84: 402-11.
- 9) Cruickshank K, Riste L, Anderson SG, Wright JS, Dunn G, Gosling RG. Aortic pulse-wave velocity and its relationship to mortality in diabetes and glucose intolerance: an integrated index of vascular function? Circulation 2002; 106: 2085-90.
- 10) Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, Gautier I, Laloux X, Guize L, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. Hypertension 2001; 37: 1236-41.
- 11) 樗木晶子, 長弘千恵. 温熱効果を生かした有用で安全な入浴をめざして. 福岡医誌 2006; 97: 67-75.
- 12) Sukenik S, Flusser D, Abu-Shakra M. The role of spa therapy in various rheumatic diseases. Rheum Dis Clin North Am 1999; 25: 883-97.
- 13) Floras JS, Notarius CF, Harvey PJ. Exercise training- not a class effect: blood pressure more buoyant after swimming than walking. J Hypertens 2006; 24: 269-72.
- 14) Franklin SS, Khan SA, Wong ND, Larson MG, Levy D. Is pulse pressure useful in predicting risk for coronary heart disease? The Framingham heart study. Circulation 1999; 100: 354-60.
- 15) Miyagi T, Muratani H, Kimura Y, Fukiyama K, Kawano Y, Fujii J, et al. Increase in pulse pressure relates to diabetes mellitus and low HDL cholesterol, but not to hyperlipidemia in hypertensive patients aged 50 years or older. Hypertens Res 2002; 25: 335-41.
- 16) Yamashina A, Tomiyama H, Arai T, Koji Y, Yambe M, Motobe H, et al. Nomogram of the relation of brachial-ankle pulse wave velocity with blood pressure. Hypertens Res 2003; 26: 801-6.
- 17) Tomiyama H, Yamashina A, Arai T, Hirose K, Koji Y, Shikamori T, et al. Influences of age and gender on results of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurements—a survey of 12517 subjects. Atherosclerosis 2003; 166: 303-9.
- 18) Overstall PW, Exton-Smith AN, Imms FJ, Johnson AL. Falls in the elderly related to postural imbalance. Br Med J 1977; 1: 261-4.
- 19) Hauer K, Rost B, Rutschle K, Opitz H, Spicht N, Bartsch P, et al. Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. J Am Geriatr Soc 2001; 49: 10-20.