

# 水中運動が中年ならびに高齢者の体力づくりに 及ぼす効果—予報—

川崎 晃一・村谷 博美・尾添 奈緒美\*・實藤 美帆・盛 恵美\*  
日垣 秀彦\*\*・田中 利枝\*\*・内山 敏典\*\*\*・柳井 修

## I 緒言

動脈硬化は、病理学的には加齢とともに進行する血管の退行性病変であって、その予防・治療の目的は、高脂血症や高血圧、糖尿病などの生活習慣病の予防や治療を行い、動脈硬化病変がそれ以上進行することを出来るだけ阻止することであり、改善することはないと考えられてきた。しかし、最近米国から、身体活動量の多い女性では加齢による大動脈硬化が認められないこと<sup>1)</sup>、さらに、動脈硬化はある程度運動を継続していくと、進行を遅らせるだけでなく改善さえ認められる成績を得た<sup>2)</sup>という論文が報告された。これが事実だとすれば、生活習慣病の進行を出来るだけ阻止するという消極的健康増進から、エビデンスに基づいた積極的な健康増進を具体的に示すことができ、指導者も指導を受ける対象者も希望をもって精進することができる。運動（有酸素運動）が高血圧の治療に有効なことはこれまでの多くの報告が証明してお

り<sup>3-5)</sup>、日本人の高血圧治療ガイドライン<sup>6)</sup>にも明記されている。高血圧は動脈硬化促進因子の筆頭に挙げられているので、運動が動脈硬化の進展予防や改善に有効であるといえる。

九州産業大学スイミングクラブはプールその他のトレーニング施設を完備している。最近開発され、多くの医療施設で活用されていて、著者らも既に報告している動脈硬化度判定に適した血圧脈波検査装置<sup>7,8)</sup>も設置している。また本学工学部で開発した床反力計を応用した重心動揺性検査装置もあり、他の研究機関ではまだ行われていない諸種検査を本学では包括的に実施することが可能である。

そこで、健康・スポーツ科学センターでは九産大スイミングクラブおよび工学部との共同研究で、プールを活用した水中での全身運動を中心に、ストレッチ運動、筋力トレーニングなどを含む運動メニューを継続的に行い、動脈硬化の進展阻止さらには改善がどの程度まで可能か、またスイミングなどによる長期間の運動がどの程度血圧、臨床検査成績や動脈硬化の改善、あるいは転倒防止などの体力向上に有益であるかを客観的に検討すること

\* 九産大スイミングクラブ  
\*\* 九州産業大学工学部  
\*\*\* 九州産業大学経済学部

を目的に、まず予備的研究として本研究を行った。

## II 対象と方法

### 1. 対象

50～70歳の中高年男女18名（高脂血症、軽症高血圧症、糖尿病などを含む）を対象にした。各個人からWritten Informed Consentを得た後に介入試験に参加してもらい、スイミング教室開始前（教室前）と、スイミング教室終了直前（教室後）に分けて下記に述べる検査を行った。対象者を選択するにあたっては、

- (1) 脳・心・腎などに重篤な疾患がないこと
- (2) できれば定期的に通院しなければならないような疾患がないこと
- (3) 確実に週2回運動をする時間的余裕があること
- (4) 試験期間の間に長期旅行をしないこと
- (5) 既に何らかの運動を継続的に実行していないこと
- (6) 前向きの姿勢でこの研究に参加する意志が旺盛であること

などを条件として、対象者を選択した。

また、現在医療機関で治療を受けている対象者は、文書で主治医の許可をもらった。介入試験への影響を最小限にするため、慢性疾患で投薬中の場合はできる限り処方の変更を避けてもらうようお願いした。また、変更せざるを得ない場合は、その旨対象者を介して変更内容を通知してもらった。

### 2. 方法

#### 1) 介入試験期間および回数

平成14年6月18日から12月5日まで火曜、木曜の週2回教室を開講した。全回数は46回であった。

#### 2) プロトコール

スイミング教室開始前の2週間で、対象者の健康状態を検査（メディカルチェック）して、対象者を選択した。その後、九州産業大学スイミングクラブを使って午後2時15分から4時までの1時間45分間、下記のメニューを実施した：①血圧・脈拍、体重測定（5分）、②ストレッチ体操・自転車エルゴメーター（セノーコードレスバイクV70）（30分）、③腰痛体操（10分）、④流水マシン（秒速0.5～1.2m、平均0.9m）を使った水中歩行（約40分）、⑤泳法指導（約20分）。いずれも2名のインストラクターの指導のもとで行った。運動量は $\dot{V}O_{2max}$ の50%程度とし、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。運動期間中は、毎回血圧・心拍数を測定し、心拍数から個人の運動強度を決めた。

#### 3) 検査項目および測定方法

身長、MRI以外の下記の項目は、スイミング教室前後で、同一検者が同一機器を用いて、同一方法で行った。

(1) 体重・体脂肪測定：教室前後で体重を測定した。体脂肪はOMRON HBF-300を用いて、立位で両上腕を前方へ水平に伸展し、およそ10秒間隔で3回測定し、その平均値を採

用した。

(2) 血圧：教室前後のメディカルチェック時に水銀血圧計を用いて、5分以上安静後椅座位で同一検者が3回測定し、その平均値を採用した。さらにスイミング教室中には運動前に全自動血圧計 (BP203RV3: 日本コーリン社製またはTM-2510: A&D社製) を用いて測定した。各被験者は常に同じ測定機器を使用して測定を行った。スイミング教室開始日から3回までと終了直前3回の血圧の平均値を、教室前後の測定値として採用した。

(3) 心拍数：教室前後のメディカルチェック時、血圧測定のとに3回測定し、その平均値を採用した。スイミング教室中は運動前後で測定した。血圧と同様スイミング教室開始日から3回までと終了直前3回の心拍数の平均値を教室前後の測定値として採用した。

(4) 運動負荷量：Karvonenの式 {運動時目標心拍数 = [(220 - 年齢) - 安静時心拍数] X 0.5 + 安静時心拍数} を適用し、自転車エルゴメーターを用いて運動負荷を行い、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。

(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時間の空腹状態で、肝・腎機能、脂質値、血糖値、HbA1cなどを測定、CRC検査センターにて自動分析装置を用いて測定した。

(6) 検尿および1日食塩・カリウム摂取量の推定：メディカルチェック時に一般検尿の

他に、その一部からNa・K・Ca・Mg・Crを測定し、著者らが開発した方法<sup>9-11)</sup>で食塩ならびにカリウム(K)の一日摂取量を推定し、カルシウム(Ca)/マグネシウム(Mg)比を算出した。

(7) 心電図 (全自動12誘導、フクダ電子KK)：教室前後のメディカルチェック時に検査した。

(8) 血圧脈波検査装置「ABI-form」(日本コーリンKK ATカンパニー) による脈波伝播速度 (PWV)、上下肢動脈圧比 (ABI) 測定：教室前後のメディカルチェック時に同一検者が同一手技で測定した。

(9) 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工学部スタッフ自作の床反力計を用いて、同一検者が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、および閉眼データ/開眼データの比 (ロンベルグ率) をコンピューターで計算して比較した。閉眼および開眼時データの例を図1に示した。

- 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)
- ③ 単位面積軌跡長：60秒の総軌跡長/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面積 (mm<sup>2</sup>)

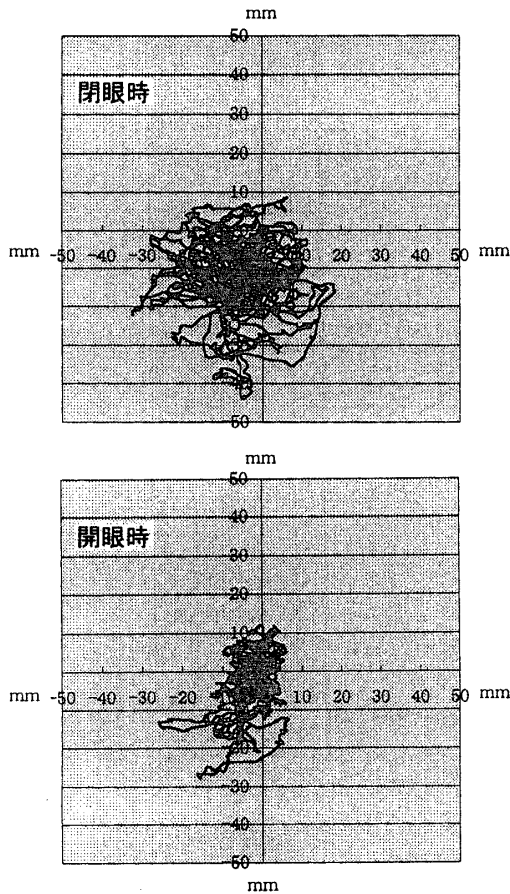


図1 閉眼・開眼時の重心動揺性検査結果  
閉眼時(上図)に比して、開眼時(下図)は重心動揺の範囲(外周面積、矩形面積)や軌跡の長さ(総軌跡長、単位軌跡長)が短縮し、単位面積当りの軌跡長が密(大)となっている。

(10) 教室終了後に、対象者の心身の変化や今回の試みについての感想を記載してもらった。

#### 4) 統計処理

各項目の値は平均値±標準偏差で表した。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、対応あるt-検定で行い、 $p < 0.05$ をもって有意差あり、 $p < 0.1$ をもって有意差の傾向ありとした。

### III 結果

#### 1. 最終の対象者数

募集期間が短かったこともあって、参加志望者は18名(男性6名、女性12名)であった。メディカルチェックで不適格と判断した志望者を除いて、14名でプロトコルを開始した。しかしその中の1名は4ヶ月で脱落したため、最終的には13名(男性4名、女性9名)となった。彼らの観察期のプロフィールを表1に示す。年齢制限を行う予定であったが、身体的に特に著しい異常を認めなかったため参加者の熱意により高齢者も採用し、50歳から74歳までを対象者とした。年齢は男女で差があった。また肥満指数(BMI)では差がなかったが、体脂肪率で有意に女性が大であった。

対象者の中には、降圧薬5名、糖尿病薬2名、肝臓薬1名の服薬者(重複服用者あり)がいたが、用量を変更せずに服用を続けてもらうことができた。

約6ヶ月足らずで46回の教室を開講した。出席率は76~100%、平均 $91.3 \pm 7.5\%$ で、男女間で出席率に差はなかった。以後の集計は対象数も少なく、また前後の成績の比較であるため男女一緒に行った。

表1 対象者のプロフィール

	男性(4名)	女性(9名)	計(13名)
年齢(歳)	66.5 ± 7.0	58.8 ± 3.9*	61.2 ± 6.0
身長(cm)	169.4 ± 1.8	163.5 ± 6.1***	158.4 ± 9.2
体重(kg)	66.4 ± 1.8	55.6 ± 9.9△	58.9 ± 9.7
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	23.2 ± 0.9	23.5 ± 3.8	23.4 ± 3.1
体脂肪率(%)	24.2 ± 4.0	32.0 ± 6.4*	29.6 ± 6.7
収縮期血圧[1](mmHg)	146.2 ± 7.9	127.6 ± 22.0	133.3 ± 20.5
拡張期血圧[1](mmHg)	85.0 ± 5.0	77.9 ± 9.1	80.1 ± 8.6
脈拍[1](拍/分)	67.2 ± 5.9	63.3 ± 2.8	64.5 ± 4.2
収縮期血圧[2](mmHg)	140.2 ± 12.4	127.1 ± 14.3	131.2 ± 14.6
拡張期血圧[2](mmHg)	86.7 ± 6.5	78.0 ± 10.7	80.7 ± 10.2
脈拍[2](拍/分)	73.0 ± 5.1	77.0 ± 7.7	75.8 ± 7.0
参加回数(全46回)(出席率:%)	41.5(90.2)	42.2(91.8)	42.0(91.3)

[1] メディカルチェック時の平均値

[2] 教室開始3回の平均値

△ $p < 0.1$ , \* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$  (vs.男性)

## 2. 体重、体脂肪率、血圧、心拍数、および運動負荷量

教室前と教室後（約6ヶ月後）の体重、体脂肪率、血圧、心拍数、運動負荷量、および体重、体脂肪率、心拍数、運動負荷量の増加率を表2に示した。

表2 スイミング教室前後における体重、体脂肪率並びに血圧、心拍数の変化（男女13名）

	スイミング教室前	スイミング教室後
メディカルチェック時の測定値		
体重 (kg)	58.9 ± 9.7	58.0 ± 9.5*
体脂肪率 (%)	29.6 ± 6.7	29.9 ± 5.9
収縮期血圧 (mmHg)	133.3 ± 20.5	128.3 ± 14.9△
拡張期血圧 (mmHg)	80.1 ± 8.6	78.0 ± 7.6
心拍数 (拍/分)	64.5 ± 4.2	62.2 ± 2.4
スイミング教室での測定値※		
運動前の体重 (kg)	58.6 ± 9.6	58.1 ± 9.4
運動後の体重 (kg)	58.2 ± 9.6\$	57.5 ± 9.3△\$
収縮期血圧 (mmHg)	131.2 ± 14.6	123.2 ± 15.4*
拡張期血圧 (mmHg)	80.7 ± 10.2	77.1 ± 10.6
運動前の心拍数 (拍/分)	75.8 ± 7.0#	73.9 ± 7.9#
運動後の心拍数 (拍/分)	107.8 ± 15.6\$	107.0 ± 9.2\$
運動前後の心拍数増加率 (%)	42.5 ± 18.6	45.6 ± 13.6
運動負荷量 (W)	47.3 ± 10.5	63.8 ± 14.8***
運動負荷量増加率 (%)	100.0	136.2 ± 22.6***

※教室開始後3回及び終了前3回の平均値をスイミング教室前・後とした。

△p<0.1, \*p<0.05, \*\*\*p<0.001 (vs.スイミング教室前)

#p<0.001 (vs.メディカルチェック時の心拍数)

\$p<0.001 (vs.運動前)

教室前後のメディカルチェック時に測定した体重は58.9±9.7 kgおよび58.0±9.5 kg、体脂肪率は29.6±6.7%および29.9±5.9%で、体重は有意に減少した。スイミング教室で比較した運動前後の体重にも有意差があり、運動後で減少した（表2）。

教室前メディカルチェック時の収縮期ならびに拡張期血圧は平均133.3±20.5/80.1±8.6mmHg、教室後（約6ヶ月後）は平均128.3±14.9/78.0±7.6mmHgで収縮期血圧は下降する傾向が見られたが有意ではなかった（表2）。また、運動前3回の平均収縮期/拡張期血圧値は教室開始後131.2±14.6/

80.7±10.2mmHg、終了直前（約6ヶ月後）123.2±15.4/77.1±10.6mmHgで、収縮期血圧の下降は有意であった（表2）。

教室前後のメディカルチェック時と運動前の心拍数をそれぞれ比較すると、教室前と教室後のいずれの時期でも運動前の安静時心拍数が有意に多かった。しかし、教室前後では終了時に減少する傾向がみられたものの差はなかった（表2）。

運動開始時は無理のない程度の負荷とし、40~75W（平均：47.3±10.5W）から始めたが、数ヶ月後は50~105W（平均：63.8±14.8W）まで負荷を増加した。その増加率は136.2±22.6%であった（表2）。

## 3. 血液・尿生化学検査

血液生化学検査項目の変動をみると、表3に示すようにスイミング教室前と教室後では、血清Na、KとMg濃度以外は有意な差が認められなかった。しかし、空腹時血糖値、HbA1c、中性脂肪、LDL-コレステロールは低下する傾向が、HDL-コレステロールは増加する傾向がみられたが、いずれも有意差はなかった。

著者らが開発した方法で推定した食塩とカリウム摂取量<sup>9-11)</sup>の平均値は、教室前が12.8±3.7 g/日 (217.6±62.6mEq/日) と2.1±0.9 g/日 (53.7±15.8mEq/日)、教室後はそれぞれ13.2±3.0 g/日 (226.4±51.3mEq/日) と2.1±0.4 g/日 (53.6±9.6mEq/日)で、少なくとも教室前後で食塩とカリウム摂取量に差は認められなかった。尿中Ca/Mg比にも前後で有意差はなかった（前:2.60±1.14;

後：2.97±1.17)。

表3 スイミング教室前後における血液生化学検査成績 (男女13名)

	スイミング教室前	スイミング教室後
総蛋白 (g/dl)	6.9 ± 0.4	7.1 ± 0.4△
尿素窒素 (mg/dl)	15.7 ± 2.9	14.7 ± 4.2
クレアチニン (mg/dl)	0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.2
尿酸 (mg/dl)	5.3 ± 1.3	5.3 ± 1.3
血清Na (mEq/l)	141.4 ± 1.9	140.2 ± 1.3*
血清K (mEq/l)	4.0 ± 0.2	4.7 ± 0.4***
血清Ca (mg/dl)	9.1 ± 0.4	9.2 ± 0.3
血清Mg (mg/dl)	2.5 ± 0.2	2.3 ± 0.1*
空腹時血糖値 (mg/dl)	103.0 ± 18.9	95.7 ± 12.9△
HbA1c (%)	5.6 ± 1.2	5.2 ± 0.5
総コレステロール (mg/dl)	203.3 ± 31.3	209.8 ± 28.3
中性脂肪 (mg/dl)	97.9 ± 44.5	88.2 ± 33.0
HDL-コレステロール (mg/dl)	67.5 ± 11.0	72.4 ± 12.8
LDL-コレステロール (mg/dl)	113.2 ± 26.2	111.4 ± 27.4
CPK (IU/l)	114.4 ± 59.0	135.5 ± 82.5
LDH (IU/l)	379.2 ± 46.7	382.3 ± 59.0

△p<0.1, \*p<0.05, \*\*\*p<0.001 (vs.スイミング教室前)

表4 スイミング教室前後における動脈脈波伝播速度、ABIの比較 (男女13名)

	スイミング教室前	スイミング教室後
右上腕最高血圧 (mmHg)	134.5 ± 18.8	128.6 ± 15.9△
右上腕最低血圧 (mmHg)	81.7 ± 10.5	79.2 ± 9.9
左上腕最高血圧 (mmHg)	132.9 ± 17.8	128.2 ± 14.8
左上腕最低血圧 (mmHg)	80.2 ± 10.5	78.3 ± 9.3
右足首最高血圧 (mmHg)	150.1 ± 20.6	154.0 ± 21.3
右足首最低血圧 (mmHg)	79.5 ± 10.3	78.9 ± 12.0
左足首最高血圧 (mmHg)	153.9 ± 24.9	151.6 ± 23.6
左足首最低血圧 (mmHg)	78.8 ± 10.9	78.8 ± 10.6
右-baPWV	1,674.7 ± 321.0	1,632.0 ± 244.0
左-baPWV	1,672.8 ± 311.4	1,654.8 ± 237.0
平均-baPWV	1,673.7 ± 314.2	1,643.4 ± 239.6
右-ABI	1.11 ± 0.09	1.18 ± 0.07**
左-ABI	1.14 ± 0.07	1.16 ± 0.07△
平均-ABI	1.13 ± 0.07	1.17 ± 0.06**

△p<0.1, \*\*p<0.01 (vs.スイミング教室前)

#### 4. 血圧脈波検査装置「ABI-form」

スイミング教室前と教室後のメディカルチェック時に実施した血圧脈波検査装置を用いた検査項目の変化を表4に示した。スイミング教室前後で有意差または有意な傾向が認められたのはABIのみであった。ABIが増加傾向を示したのは、上肢の血圧低下または下肢への血流増加による血圧上昇が示唆されるが、今回の脈波検査の結果から結論を出すことはできず、ここでは結果を示すのみに止める。

#### 5. 床反力計を応用した重心動揺性検査

スイミング教室前と教室後の結果を表5に示した。また図1は、某対象者の教室前における閉眼、開眼時の重心動揺性検査の結果を示したものである。教室前後の重心の動揺性を5項目で検討したが、閉眼時と開眼時のいずれも表5に示すように、教室前より教室後で有意または有意の傾向をもって改善された項目が多かった。すなわち、動揺性を示す総軌跡長、単位時間軌跡長が教室後の検査で前より有意に短縮され、外周面積、矩形面積も有意ではないが縮小する傾向が認められた。それ故にロンベルグ率 (閉眼データ/開眼

表5 スイミング教室前後における重心動揺性検査の比較 (男女13名)

	スイミング教室前			スイミング教室後		
	閉眼	開眼	ロンベルグ率	閉眼	開眼	ロンベルグ率
総軌跡長 (m)	2,646.8 ± 642.1	2,250.8 ± 502.8#	1.19 ± 0.22	2,065.5 ± 527.8***	1,803.1 ± 480.0***##	1.16 ± 0.16
単位時間軌跡長 (mm/秒)	44.1 ± 10.7	37.5 ± 8.4#	1.19 ± 0.22	35.1 ± 10.7***	30.4 ± 10.1***#	1.18 ± 0.25
単位面積軌跡長 (mm <sup>2</sup> /mm)	4.8 ± 2.3	6.3 ± 2.1#	0.80 ± 0.38	5.0 ± 2.3	6.0 ± 2.8▲	0.87 ± 0.26
外周面積 (mm <sup>2</sup> )	662.2 ± 345.9	394.3 ± 156.9#	1.79 ± 0.83	506.9 ± 309.3*	360.8 ± 154.0#	1.38 ± 0.36△
矩形面積 (mm <sup>2</sup> )	693.8 ± 461.7	386.9 ± 208.7#	2.08 ± 1.48	480.7 ± 265.8△	393.5 ± 146.3	1.30 ± 0.74△

△p<0.1, \*p<0.05, \*\*\*p<0.001 (vs.スイミング教室前)

▲p<0.1, #p<0.05, ##p<0.01 (vs.閉眼)

ロンベルグ率 (閉眼/開眼)

データの比)は、小さくなる傾向がみられたものの、有意差はなかった。単位面積軌跡長は単位面積当たりの軌跡の長さで、今回の対象者ではこの値の平均が開眼時で大きく、ロンベルグ率が唯一1.0より小さな値を示した。

#### 6. その他

教室前に検査したMRIでは、とくに異常は認められず、年齢相当の変化のみで全員「異常なし」と判定された。

アンケート調査では、心身の調子、とくに身体の調子が参加した全員で非常に良くなった、と答えていた。また、全員がこの教室に参加してよかったと答え、インストラクターの熱意に対する感謝の意を表した人も多かった。

#### IV 考察

約6ヶ月足らずの期間で46回の教室を開講した。出席率は76~100%、平均 $91.3 \pm 7.5\%$ で、男女間で出席率に差はなかった。この成績は水中運動を実施する際の煩雑さを考慮すれば、極めて良好であったといえよう。アンケート調査の結果からみると、出席率がよかったのは交通の利便性や家庭の事情などもあるが、インストラクターの熱意と、対象者同志ならびに対象者とインストラクターを含めたスイミングクラブスタッフとの人間関係が良好に保たれたことに主な要因があるように思われた。

教室前後のメディカルチェック時と運動前の血圧測定は、異なる環境下で行われたもの

であったが、いずれの環境下でも収縮期・拡張期血圧とも同様な傾向が認められ、とくに収縮期血圧は有意に下降または下降する傾向を示した。これらの結果は運動が血圧を低下させるというこれまでの多くの研究結果<sup>3-5)</sup>と一致するものである。水中トレーニングを長期間実施した後の血圧その他の生体への影響を観察した研究は、動物実験での報告<sup>12)</sup>とヒトを対象とした報告<sup>13)</sup>の1編以外見当たらなかった。ヒトを対象とした研究は、コントロール群を置いた10週間の比較対照研究である。中年高血圧者(年齢:48歳前後)18例を対象にしたスイミングによるトレーニングで、終了後の血圧はSBPのみ平均で6 mmHg ( $p < 0.05$ )下降していたが、DBP、血漿カテコラミン濃度や前腕の末梢血管抵抗、循環血液量には運動前後で差がなかった。この報告の中で著者らは、スイミングによるトレーニ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>13)</sup>。

運動による降圧効果も運動の種類によって異なると思われるが、スイミングプールを活用して降圧効果をみた研究は非常に少なく、上記の1編のみであった。スイミングによるトレーニングは簡便なエルゴメーターによる運動やトレッドミルによる速歩運動などと違ってかなりの繁雑さを伴うが、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の運動より大きく、膝や足の関節に対する負担も軽くて、

より安全かつ効果的である。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防げる。今回は「泳げるようになる」事を目的にしたメニューも含まれていたため、対象者が目標をもって参加した事も良好な出席率を維持出来た要因の一つであろう。しかしながら、日常生活を送りながらのスイミングプールを使用した長期トレーニングは、出席率を高く維持しようとするれば週2回、1回2時間以内が限度のように思われた。

これまで6ヶ月に及ぶ長期水中トレーニングの降圧効果についてはほとんど報告がないが、今回の介入試験で水中トレーニングでも降圧効果が期待できることが示唆された。しかし、対照群を置かず、対象数も13名と少ないため、その効果をより明確にするためには比較対照介入試験が必要であろう。

表2に示すように運動前心拍数は、血圧値がほとんど変わらなかったにも関わらず、メディカルチェック時のそれより有意に多かった。これは運動前の緊張感などで心身の安静が十分にとられなかったためと思われる。また運動前の心拍数は運動6ヶ月後に低下する傾向にあった。一方、個人の運動負荷量が平均で約36%増加したにも関わらず、心拍数が変わらなかったことは、6ヶ月の運動効果の一端を示しているといえよう。

血液生化学検査項目の変動をみると、表3に示すようにスイミング教室前と後で、空腹時血糖値、HbA1c、中性脂肪、LDL-コレステロールは低下する傾向を、HDL-コレステロールは増加する傾向を示したが、いずれも

有意差はなかった。これらの変動はすべて生活習慣病を予防する方向に働いており、対象数を増やせばより明らかになる可能性がある。また、6ヶ月間の途中の食事状況はチェックできなかったものの、著者らが開発した方法<sup>9-11)</sup>で推定した食塩とK摂取量、ならびにCa/Mg比から、少なくともスイミング教室前後でこれらの摂取量などに差がなく、対象者は一応ほぼ安定した食生活であったと思われる。この推定法は極めて簡便であるため頻回の測定が可能であり、今後は期間中のチェックも行いたい。

重心動揺性は工学部での自作の機器（床反力計）を応用して測定した。まだ開発間もない機器であるため正常者の基準値もなく、中高齢者のトレーニング前後の値の比較も今回初めて測定したものである。一般に重心の動揺性は加齢によって増大し、また開眼時より閉眼時に増大する。医学用語では“ロンベルグ徴候（運動失調性〔起立時〕動揺徴候）”として有名であり、下肢の不安定状態では概して横方向への動揺がみられ、下肢とくに腓骨筋群の筋力低下時に見られるという<sup>14)</sup>。今回は個々のケースで運動負荷（トレーニング）前後の検査成績の比較検討を行った。その結果は表5に示すように、動揺性を示す総軌跡長、単位時間軌跡長および外周面積が閉眼、開眼のいずれにおいても教室後の検査で教室前より有意に短縮あるいは縮小し、矩形面積も有意ではないが縮小する傾向を示した。それ故に、ロンベルグ率（閉眼データ/開眼データの比）は小さくなる傾向がみられたも



の、有意差は認められなかった。単位面積軌跡長は単位面積当たりの軌跡の長さで、この値が大きいと単位面積当たりの動揺が大であることを意味する。平均年齢が60歳を越えれば重心の動揺性は大きくなると思われるが、単位面積当たりの値が大きいことはより狭い範囲内で重心の動揺が認められたといえる。今回の対象者ではこの平均値は開眼時で大きく、ロンベルグ率が唯一1.0より小さい項目であった。このことは開眼時の動揺が閉眼時より狭い範囲内での動きであったと解釈できる。重心動揺性検査のそれぞれの項目がトレーニング後に改善されているのは、運動の効果を客観的に示す成績の一つとみることができるので、スイミング教室の実施は十分な成果を挙げ得たといえよう。

長期にわたる介入試験では季節の影響も考慮する必要がある。今回は初夏の6月中旬より開始し、寒さを感じる12月初旬で終了した6ヶ月足らずのスイミング教室であった。12月初旬は、季節変動で血圧は上昇傾向を示し、血清脂質も自然に増加する傾向を示す時期であるため、季節変動が結果に影響を及ぼしている可能性は否定できない<sup>15,16)</sup>。また血液生化学、とくに血清脂質代謝に影響する食事の管理を長期にわたって行うことは極めて難しく、参加者の自覚に頼らざるを得ない。その点、今回の参加者は積極的に協力されたという印象が強かった。しかしながら、今回の介入試験は対照を置いていないため、更なる考察は控えたい。

## V 結語

6ヶ月間弱のスイミング健康増進教室を開講し、2時間弱のスイミングを中心とするトレーニングを行った。途中脱落を除いた参加者13名（男性4名、女性9名；平均年齢61歳）を対象に46回実施し、教室開始前（教室前）と終了直前（教室後）の諸検査項目を比較した。

1. 収縮期血圧は教室後で有意に下降した。しかし、血清脂質などほとんどの項目で改善傾向がみられたものの、有意な差を認めた項目は少なかった。
2. 脈波伝播速度および上下肢動脈圧比の測定結果から、動脈硬化改善への影響を論ずることは出来なかった。一定の傾向を得るためには、対象数、介入期間などを考慮する必要がある。
3. 床反力計を応用した動揺性検査では、ほとんど全ての項目で有意または有意の傾向をもって改善された。水中運動だけでなく一般的な運動効果を判定するのによいパラメーターといえる。
4. 介入試験期間が6ヶ月と長期にわたるため、季節変動に対する考慮も必要であった。今回の研究は対象数が少なかったこともあって「予報」として報告した。今後は、試験の時期を考慮し、対象数を増やした比較対照介入試験を行う予定である。

## 謝 辞

本研究の一部は私立学校共済研究資金の援助を受けて行われた。本研究の実施に当たっ

では、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、及び九産大工学部日垣研大学院学生諸君のご協力があった。記して謝意を表する。

#### 文 献

- 1) Tanaka H, DeSouza CA, Seals DR : Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 18: 127-132, 1998.
- 2) Tanaka H, Dinunno FA, Monahan KD, et al. : Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation*, 102:1270-1275, 2000.
- 3) Kiyonaga A, Arakawa K, Tanaka H, Sindo M : Blood pressure and hormonal responses to aerobic exercise. *Hypertension*, 7:125-131, 1985.
- 4) Tashiro E, Miura S, Koga M, et al. : Cross-over comparison between the depressor effects of low and high work-rate exercise in mild hypertension. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 20: 689-696, 1993.
- 5) Hsieh SD, Yoshinaga H, Muto T, Sakurai Y : Regular physical activity and coronary risk factors in Japanese men. *Circulation*, 97 :661-665, 1998.
- 6) 高血圧治療ガイドライン作成委員会 : 第4章 生活習慣の修正, 高血圧治療ガイドライン2000版, 日本高血圧学会, 2000, pp. 27-29.
- 7) 川崎晃一, 實藤美帆, 太田美枝子 : 血圧脈波検査装置「ABI-form」を用いて測定した若年健常者の脈波伝播速度および上下肢動脈圧比. *健康・スポーツ科学研究*, 4 : 19-26, 2002.
- 8) 川崎晃一, 奥村浩正, 實藤美帆, 太田美枝子 : 血圧脈波検査装置「ABI-form」を用いて測定した大学教職員の脈波伝播速度および上下肢動脈圧比 — 血圧ならびに脂質との関連性の検討 — . *健康・スポーツ科学研究*, 4 : 27-36, 2002.
- 9) 川崎晃一, 上園慶子, 伊藤和枝, 他 : 尿中クレアチニン排泄量予測値と起床後2回目のスポット尿を用いた24時間尿中ナトリウムならびにカリウム排泄量の推定法. *健康科学*, 10 : 115-120, 1988.
- 10) 川崎晃一, 上園慶子, 伊藤和枝, 上野道雄 : 年齢・身長・体重を用いた24時間尿中クレアチニン排泄量予測式の作成とその検討. *日本公衆衛生雑誌*, 38 : 567-574, 1991.
- 11) Kawasaki T, Itoh K, Uezono K, Sasaki H : A simple method for estimating 24 h urinary sodium and potassium excretion from second morning voiding urine specimen in adults. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 20: 7-14, 1993.
- 12) Ikeda T, Gomi T, Sasaki Y : Effects of swim training on blood pressure, catecholamines and prostaglandins in spontaneously hypertensive rats. *Jpn Heart J*, 35 : 205-211, 1994.

- 13) 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*, 15: 651-657, 1997.
- 14) 医学大辞典 (18版), 南山堂, 東京, 1998, p. 2243.
- 15) Rosen G : Free-running individualized circannual rhythm in human infants' weight gain and carbohydrate, fat and protein intake. *Proceedings of the 10th International Congress of Nutrition (Tokyo)*, 1987, pp. 141-142.
- 16) Kristal-Boneh E, Harari G, Green MS: Circannual variations in blood cholesterol levels. *Chronobiol Int*, 10 : 37-42, 1993.