

# 厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業） 分担研究報告書

## 施設入所老人の QOL の改善に向けた定期的な運動実施の有効性に関する研究

分担研究者 浅井 英典(愛媛大学教育学部)

### 研究要旨

施設入所高齢者に対してこれまでの運動指導プログラムに加えて、新たに大腿部前・後面および下腿部前・後面の筋群を主動筋とするレジスタンストレーニングを取り入れ、2 回/週の頻度で、介入開始 24 ヶ月後まで実施した。また、レジスタンストレーニングは自室においても実践することを指導した。一方、在宅中高齢者に対してリズム体操とボールゲームを主内容とする運動指導を 1 回/週の頻度で 3 ヶ月間実施した。この期間中、ケアハウス入居高齢者と類似したレジスタンストレーニングを自宅で実施することを指導した。

施設高齢者の老研式活動能力指標、抑うつ度、主観的健康度、毎日の気分、人間関係、生活満足度、および主観的幸福度は介入 10 ヶ月後と 24 ヶ月後で有意な変化は認められなかった。左右の膝伸展筋群によって発揮された最大等尺性脚筋力は有意に増加し、敏捷性、柔軟性および平衡性は同様な値が保たれており、生活体力も改善されていた。在宅中高齢者では筋力、敏捷性が有意に向上したのに対して、柔軟性と平衡性には改善が見られなかった。

### A. 研究目的

本研究ではこれまでにケアハウスに入所する虚弱高齢者を対象にして介入的な運動指導を継続的に実施してきた。そして介入指導前、介入 3 ヶ月後および 10 ヶ月後に彼らの ADL、抑うつ度、主観的満足度・幸福度などの調査および体力レベルの測定を行い、定期的な運動の実施が QOL にもたらす影響について検討してきた。

介入開始 3 ヶ月間は座位および仰臥位でのストレッチングを主体とし、軽度の抗重力運動およびボール遊びなどのレクリエーション種目を行った。その結果主観的な健康観・幸福感などには変化がなかったが、抑うつ度の改善や筋力・敏捷性および生活体力といった身体的な体力要素に有意な改善が認められた。また、その後の介入開始 10 ヶ月後まではこれまでの指導内容に新たに下肢筋群を主動筋とする軽度のレジスタンストレーニングを追加して運動指導を継続して実施した。その結果、筋力や敏捷性などの体力要素や生活体力および抑うつ度などに関して、トレーニ

ング開始 3 ヶ月間で獲得した効果を維持することは可能であったが、更なる改善傾向は認められなかった。

アメリカスポーツ医学会で推奨されている高齢者に対するレジスタンストレーニングのガイドラインとして、自覚的運動強度が 12~13 になるように 8~12 回反復し、少なくとも 1 週間に 2 回実施することが示されている(アメリカスポーツ医学会編, 2000)。このことを直接的に本研究のケアハウスに入所する虚弱高齢者に適用することはできないが、介入 3 ヶ月後から 10 ヶ月後までに実施したレジスタンストレーニングを含めた運動指導は、特に下肢筋力の更なる改善を図るための刺激としては実施頻度や反復回数で十分でなかったことが考えられる。そこで今年度は、これまでの運動指導プログラムに加えて、下肢筋群に対するレジスタンストレーニングの反復回数と実施頻度を増加させたことによる体力の変化について検討を行った。

またこれまでの縦断的研究の結果、3 ヶ月間の定期的な運動実践によって下肢筋機能が改善されたことから、ケアハウス入所予備軍とも言える地域在住の中高齢者を対象にして、下肢筋機能の改善を意図したレジスタンストレーニングが体力に及ぼす効果について併せて検討を行った。

## B. 研究方法

### 1. 調査対象者

前年度において、本研究に参加することを同意したケアハウスに入居する高齢者(79.7±7.0 歳)に対して、引き続き協力を依頼し、運動指導を実施した。介入開始から運動を行ってきた高齢者の内 1 名が体調不良のためレクリエーション教室への参加を取り止めた。また、定期的な運動習慣のない在宅の中高齢者に協力を依頼し、彼らを任意に運動群(42 名、58.6±5.6 歳)と対照群(27 名、61.6±6.9 歳)に群分けした。

### 2. 指導内容

#### (1) ケアハウス入居高齢者

前年度と同様の定期的な運動指導を 2 回/週の頻度で、介入開始 24 ヶ月後まで実施した。上肢、体幹および下肢に関するストレッチングの後、ラバーチューブを用いたレジスタンストレーニングを実施した。また、簡単なボール遊びや屋外でのグランドゴルフ等のレクリエーション種目を実施した。この際新たに大腿部前・後面および下腿部前・後面の筋群を主動筋とする抗重力運動によるレジスタンストレーニングを取り入れた。このトレーニングは、立位でのトゥレイズ、ヒールレイズ、レッグカールおよびスクワットの 4 種目から構成されており、介入開始後 11 から 15 ヶ月まではそれぞれ 10 回を 1 セットとして 2 回/週の頻度で行っていたが、その後は 24 ヶ月後までそれぞれ 15 回 1 セットを目標として行うこととし、運動指導以外の日においてもこの 4 種類の運動を体調の許す限り頻繁に実践するように指導した。

#### (2) 在宅中高齢者

運動群に対して 1 回/週の頻度で 1 時間/1 回の運動教室

を 3 ヶ月間開講した。主に下肢筋群を使ったリズム体操を 20~30 分間、ボールゲームやバドミントンを 20 分間実施した。さらにこの期間中、ケアハウス入居高齢者と同様の下肢筋群を主動筋としたプログラム(スクワット、レッグカール、トゥレイズ、カーフレイズ)にサイドレッグレイズおよびシットアップを加えた 6 項目から成るレジスタンストレーニングを自宅で頻繁に実施するように指導した。

### 3. QOL 評価のためのアンケート調査

#### (1) ケアハウス入居高齢者

これまでと同様に老研式活動能力指標、抑うつ度(矢富,1994)、主観的健康度、毎日の気分、人間関係、生活満足度、および主観的幸福度(松林,1992a・b)について調査を行った。

### 4. 体力測定

#### (1) ケアハウス入居高齢者

調査対象者全員に対して敏捷性(全身反応時間、ステップング)、筋力(握力、左右膝伸展筋群によって発揮された等尺性脚筋力)、柔軟性(長座体前屈)、平衡性(閉眼片足立ち)および生活体力を前年度と同様の手順で測定を介入開始 24 ヶ月後に行った。

#### (2) 在宅中高齢者

3 ヶ月間の介入期間前後に筋力(握力と膝伸展、膝屈曲、足底屈および足背屈筋群によって発揮された最大等尺性筋力)、敏捷性(全身反応時間、ステップング)、柔軟性(長座体前屈)および平衡性(閉眼片足立ち)の測定を行った。

### 5. 統計的処理

測定項目毎に平均値と標準偏差を計算し、トレーニングに伴う測定値間の検定には paired t-test を用いた。なお、その際の統計的有意水準は 5%未満とした。

## C. 研究結果

### 1. ケアハウス入居高齢者

#### (1) トレーニングへの参加状況

介入指導開始後 10~24 ヶ月間の平均出席率は 72.0%で

あった。レジスタンストレーニング実施頻度は、介入開始 11 カ月後から 15 カ月後は運動指導時にのみ行っていたため  $1.3 \pm 0.3$  回/週であった。それ以降 24 カ月後までの運動指導時および自室での実施頻度を合わせると  $3.9 \pm 2.3$  回/週であった。

## (2) 体重および体組成の変化

介入指導 10 カ月および 24 カ月後の体重はそれぞれ  $48.2 \pm 7.4$  kg および  $47.7 \pm 8.0$  kg、%Fat は  $22.5 \pm 8.0$ % および  $24.7 \pm 7.6$ % であり、有意な変化はなかった。対照群にもこれらの項目に変化は見られなかった。

## (3) QOL の評価のためのアンケート調査

老研式活動能力指標、抑うつ度、主観的健康度、毎日の気分、人間関係、生活満足度、および主観的幸福度は介入 10 カ月後と 24 カ月後で有意な変化は認められなかった(表 1)。

表 1. IADL、抑うつ度、主観的健康度などにおよぼす介入指導の効果

	開始前	3 カ月後	10 カ月後	24 カ月後
老研式活動能力指標	10.8	11.4 ***	12.4	12.2
	2.6	1.4	2.0	2.3
GDS	6.2 *	5.2	5.6	5.1
	2.9	3.1	3.3	3.1
主観的健康度	63.1	65.5	65.9	64.4
	22.0	18.9	14.9	19.3
毎日の気分	71.7	77.4	71.5	73.1
	20.7	18.9	14.3	17.4
人間関係	74.4	78.7 *	66.6	76.9
	18.2	17.8	20.6	21.3
生活満足度	82.1	85.0	78.8	82.1
	16.6	16.3	18.7	19.1
主観的幸福度	81.9	76.6	74.0	78.1
	19.0	19.3	16.5	18.7

\*:  $p < 0.05$ 、\*\*\*:  $p < 0.001$  (mean  $\pm$  SD)

上段: 平均値、下段: 標準偏差

## (4) 体力レベル

介入指導開始 10 カ月後および 24 カ月後の体力測定データを表 2 に示した。握力は 10 カ月後および 24 カ月後で約 179N の値を保ったまま変化は見られなかった。一方、左右の膝伸展筋群によって発揮された最大等尺性脚筋力の平均値は 10 カ月後から 24 カ月後で約 131N の有意な増加( $p < 0.001$ )が見られた。全身反応時間とステップングは 10 カ月後に比べて 24 カ月後で低下は認められず、同様な値が保たれていた。長座体前屈および閉眼片足立ちも同様に成績は低下することはなかった。一方、対照群ではいずれの項目においても 10 カ月後と 24 カ月後で有意な変化は認められなかった。

表 2. 身体的体力におよぼす介入指導の効果

	開始前	3 カ月後	10 カ月後	24 カ月後
握力	176.5	178.0	179.8	179.2
(N)	40.8	36.2	31.3	30.0
等尺性脚筋力	539.0 **	621.9	619.6	*** 750.8
(N)	186.8	182.7	181.5	210.9
長座体前屈	4.5	4.7 *	7.5	8.2
(cm)	9.5	10.3	9.7	6.7
全身反応時間	588 **	506	507	495
(msec)	174	78	146	95
ステップング	71.1 ***	81.2	80.3	81.3
(times)	15.6	12.1	14.7	14.9
閉眼片足立ち	2.4	2.3	1.9	1.7
(sec)	2.4	2.5	2.3	2.2

\*:  $p < 0.05$ 、\*\*: $p < 0.01$ 、\*\*\*: $p < 0.001$  (mean  $\pm$  SD)

上段: 平均値、下段: 標準偏差

## (5) 生活体力

起居能力、歩行能力および手腕作業能力は、24 カ月後で有意な改善( $p < 0.05$ , 0.01 および 0.05)が認められた。また身辺作業能力においても 24 カ月後で改善傾向が見られた( $p < 0.06$ ) (表 3)。

表 3. 生活体力におよぼす介入指導の効果

	開始前	3 ヶ月後	10 ヶ月後	24 ヶ月後
起居能力	12.6 **	7.9	6.8 *	6.7
(sec)	9.2	3.0	2.5	2.7
歩行能力	11.3	10.5	10.5 **	9.1
(sec)	3.3	2.3	2.6	2.0
手腕作業能力	44.7 *	41.5	43.0 *	38.1
(sec)	13.7	11.1	9.1	6.1
身辺作業能力	10.6 *	8.2	7.8	6.6
(sec)	4.8	2.4	3.0	1.8

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01 (mean ±SD)

上段: 平均値、下段: 標準偏差

## 2. 在宅中高齢者

介入指導前において両群間の膝伸展筋力および閉眼片足立ちに有意な相違があったが、その他の項目ではいずれも差は見られなかった。1 週間当たり 1 回の頻度で実施した運動指導に対する運動群の各対象者の平均出席率は 89.7% であった。また介入期間中の 1 日当たりの平均歩数は 7397 歩であり、自宅で行った 6 項目のレジスタンストレーニングの平均実施日数は 65 日、期間中の平均実施率は 71% であった。各項目の 1 日当たりの反復回数は 31~51 回 (平均 44 回/日) であった。

運動群で得られた 3 ヶ月間の介入指導前後の形態および体力測定結果を表 4 に示した。体重は低下し(p<0.05)、握力(p<0.001)、膝伸展・膝屈曲・足底屈筋群による最大等尺性筋力(p<0.001, 0.05 および 0.001)およびステッピング(p<0.001)は有意に改善し、長座体前屈は低下していた(p<0.001)。対照群では体脂肪率、握力が増加し、長座体前屈は低下した。

### D. 考察

本研究では施設に入所する虚弱高齢者を対象にして昨年度まで 10 ヶ月間の介入的な運動指導を行ってきた。トレーニング開始 3 ヶ月後から 10 ヶ月後までにはラバーチューブによるレジスタンストレーニングの他に、椅座姿勢での背屈、底屈および膝の挙上などの運動を取り入れたが、表 2 および表 3 に示したように体力や生活体力のほとんど

表 4. 在宅中高齢者に対する介入指導の効果

	運動群		対照群	
	開始前	終了直後	開始前	終了直後
体重	56.3 *	55.5	56.6	55.8
(kg)	8.4	7.6	10.8	9.6
体脂肪率	29.3 *	29.9	28.4 *	29.6
(%)	5.0	5.8	5.3	4.8
握力	243.3 ***	263.1	241.4 **	251.3
(N)	40.2	33.0	49.4	50.2
脚伸展筋力	93.0 ***	122.0	123.1	126.5
(N)	28.8	46.9	48.0	37.5
脚屈曲筋力	103.0 *	112.8	112.2	116.5
(N)	23.2	26.6	27.1	33.7
足背屈筋力	203.4	208.9	190.6	193.2
(N)	40.0	35.9	40.8	31.8
足底屈筋力	555.6 ***	634.7	592.2	564.3
(N)	140.4	153.7	98.6	139.7
長座体前屈	14.6 ***	12.1	17.7 ***	14.2
(cm)	9.4	8.7	7.5	7.4
閉眼片足立ち	15.2	16.2	6.6	7.1
(sec)	17.0	15.9	6.8	6.6
ステッピング	85.9 ***	91.5	83.3	87.0
(times)	10.8	9.3	15.9	13.6

\*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001 (mean ±SD)

上段: 平均値、下段: 標準偏差

の項目で有意な変化は見られなかった。対象者の年齢や疾病・障害などが非常に広範囲にわたっていたため、指導にあたっては転倒などを避けるため、椅座姿勢で運動を行うなど安全性を優先させ、全員に同時に指導する際の 1 回あたりの実施回数を少なく設定した。そのため高齢者に対するレジスタンストレーニングのガイドライン(アメリカスポーツ医学会編, 2000)に比べて反復回数や実施頻度が低くなり、一層の筋力の改善を目指すには運動刺激としては十分ではなかったことが推察される。高齢者であってもトレーニングによって下肢の筋機能の向上や筋肥大が生ずること (Brill et al., 1998 : Charette et al., 1991 : Evans,

1999) が示されていることから、介入指導開始 10 ヶ月後までは、いわゆるトレーニングによる身体への刺激が飽和していたことが推測される。したがって、今年度においては、これまでに比べて反復回数や実施頻度を増加させた立位姿勢によるレジスタンストレーニングを実施することにより、施設入所高齢者の体力の変化に着目した。

対象者の運動指導に対する平均出席率は 72.0%であり、高齢であることや様々な疾病あるいは障害を有していることを考慮すれば積極的に教室に参加していたと思われる。握力は介入開始 10 ヶ月後から 24 ヶ月後で変化はなかったが、膝伸展筋群によって発揮された最大等尺性脚筋力は 21%の有意な増加を示したことから、運動指導と自室でのレジスタンストレーニングの実施による更なるトレーニング刺激によって、施設に入所する虚弱高齢者においても再び効果が生じることが示された。全身反応時間やステップングによって評価される敏捷性は、同年代の在宅高齢者の結果(春日ほか, 1992: 中ほか, 1997: 飯塚ほか, 1980)に比べても優れた成績であったことから、この年代としては成績の上限近くに達し、トレーニング効果が頭打ちになっていることが推測される。

生活体力では身辺作業能力を除く 3 つの項目で有意な改善が得られ、75~79 歳の女性の値に比べて同等若しくは優れた成績であった。身辺作業能力の 6.6 秒という結果は、60 歳半ばのそれに相当するものであり(種田ほか, 1996)、敏捷性と同様にトレーニング効果が得られ難くなっているものと思われる。前述のように基礎的な体力項目では膝伸展筋群の最大筋力が有意に増加していたが、このような体力要素の上位に位置すると考えられる日常生活を支障なく過ごすための身体的な動作能力(生活体力)には、下肢筋群に主眼を置いた運動指導の効果が現れていた。一方、表 1 に示した抑うつ度や主観的健康度をはじめとする調査項目には有意な改善が認められず、精神的面へのプラス方向への波及効果を得るまでには至らなかった。

在宅の中高齢者に対して 1 回/週の頻度で実施した運動指導への出席率と自宅でのレジスタンストレーニング実施率はともに 70%以上であり、6 項目の反復回数も多いこと

からも運動群に割り振られた対象者は積極的に介入指導に取り組んでいたものと思われる。介入期間中、運動指導時に下肢を多く使用するリズム体操やゲームなどを行ったこと、およびスクワット、レッグカール、カーフレイズは体重あるいは下腿の重量を負荷とした抗重力運動であったため、膝伸展と膝屈曲筋群および下腿三頭筋によって発揮された等尺性最大筋力は、介入期間後有意に増加したと思われる。一方、足背屈筋力にはトレーニング効果が認められなかったが、トゥレイズは立位姿勢で前頸骨筋などを収縮させることでつま先を挙上する運動様式であり、トレーニング刺激としては前述の 3 項目に比べて十分でなかったことが原因として挙げられる。さらに下肢筋群の筋力の増加やリズム体操および球技系のゲームの定期的な実践によって握力やステップングなどにも成績の向上が生じたものと思われる。閉眼片足立ちには変化がなかったが、平衡性を改善させるような指導プログラムが期間中含まれていなかったことが 1 つの原因として挙げられる。

施設入所高齢者に対する 3 ヶ月間の介入指導によって有意に改善した膝伸展筋群による等尺性脚筋力、全身反応時間およびステップングは、運動指導内容に相違はあるが 3 ヶ月間の介入指導で在宅の中高齢者でも有意に改善しており、下肢筋力や敏捷性などは定期的な運動を実施することで改善が可能であると思われる。一方、平衡性は他の体力要素に比べても加齢とともに著しく低下し(衣笠ら, 1994)、運動の実施頻度の多少に関係なく低下していくことが示されている(春日ら, 1992)。さらに筋力や持久力の向上を目的としたトレーニングを 1 年間実施したが、平衡性に関するすべての測定項目で改善が認められなかったことも報告されており、(Kronhed et al., 1998)、施設入所高齢者の 2 年間にわたる介入指導にも拘わらずプラスの効果を得ることができず、在宅の中高齢者においても効果が見られなかった本研究の結果と一致していた。中高齢者の平衡性と転倒に関連があることが示されていることから(Fernie et al, 1982: Gehlsen et al., 1990:)、平衡性の改善は必要と思われる。そのためには、平衡性に直接的に作用するようなトレーニングを積極的に取り入れること

が有効であると推測される (Judge et al., 1993)。

以上のことから、運動指導を行ってきた施設入所高齢者に対して、反復回数および実施頻度を増加させたレジスタンストレーニングを実践させることで、下肢の筋力と敏捷性が再び高まり、生活体力にも改善が認められた。さらに在宅中高齢者においても筋力や敏捷性について介入指導による効果が認められることが示された。

#### 【参考文献】

- 1) アメリカスポーツ医学会編(2000) 運動処方指針。  
—運動負荷試験と運動プログラム— 南江堂, 東京。
- 2) Brill, P.A., Probst, J.C., Greenhouse, D.L., Schell, B., and Macera, C.A. (1998) Clinical feasibility of a free-weight strength-training program for older adults. *J. Am. Board Fam. Pract.* 11 : 445-451.
- 3) Charette, S.L., McEvoy, L., Pyka, G., Snow-Harter, C., Guido, D., Wiswell, R.A., and Marcus, R. (1991) Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J. Appl. Physiol.* 70 : 1912-1916.
- 4) Evans, W.J. (1999) Exercise training guidelines for the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31 : 12-17.
- 5) Fernie, G.R., Gryfe, C.I., Holliday, P.J., and Leewellyn, A. (1982) The relationship of postural sway in standing to the incidence of fall in geriatric subjects. *Age & Aging* 11 : 11-16.
- 6) Gehlsen, G.M., Mitchell, H., and Whaley, M.S. (1990) Falls in the elderly: Part II, balance, strength and flexibility. *Archphys. Med. Rehabil.* 71: 739-741.
- 7) Judge, J.O., Lindsey, C., Underwood, M., and Winsemius, D. (1993) Balance, improvements in older women: effects of exercise training. *Phys. Ther.* 73: 254-262.5)
- 8) 春日晃章、出村慎一、松沢甚三郎、豊島慶男、松尾典子 (1992) : 運動実施が女性高齢者の体格及び体力に及ぼす影響について -運動実施頻度及び継続年数の観点から-。 *教育医学* 38: 168-177.
- 9) 衣笠隆・長崎浩・伊東元・橋詰謙・古名丈人・丸山仁司 (1994) 男性(18~83 歳)を対象にした運動能力の加齢変化の研究。 *体力科学* 43: 343-351.
- 10) Kronhed, A.C.G. and Moller, M. (1998) Effects of physical exercise on bone mass, balance skill and aerobic capacity in women and men with low bone mineral density, after one year training. - a prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 8 : 232-238.
- 11) 松林公蔵、木村茂昭、岩崎智子、濱田富雄、奥宮清人、藤沢道子、竹内克介、河本昭子、小澤利男 (1992a) : Visual Analogue Scale による老年者の「主観的幸福度」の客観的評価: I -標準的うつ尺度との関連-。 *日本老年医学会雑誌* 29: 811-816.
- 12) 松林公蔵、木村茂昭、岩崎智子、濱田富雄、奥宮清人、藤沢道子、竹内克介、河本昭子、小澤利男 (1992b) : Visual Analogue Scale による老年者の「主観的幸福度」の客観的評価: II -ライフスタイルならびに認知・行動機能との関連-。 *日本老年医学会雑誌* 29: 817-822.
- 13) 飯塚鉄雄、日丸哲也、永田晟編 (1980) : 日本人の体力標準値(第3版)。不味堂出版 : 東京, pp.203-217.
- 14) 中比呂志、出村慎一、松沢甚三郎 (1997) : 高齢者における体格・体力の加齢に伴う変化及びその性差。 *体育学研究* 42: 84-96.
- 15) 種田行男、荒尾孝、西嶋洋子、北畠義典、松永俊哉、一木昭男、江橋博、前田明 (1996) : 高齢者の身体的活動能力(生活体力)の測定法の開発。 *日本公衆衛生雑誌*, 43 (3), 196-207.
- 16) 矢富直美 (1994) : 日本老人における老人用うつスケール (GDS)短縮版の因子構造と項目特性の検討。 *老年社会科学* 16: 29-36.

## F. 研究発表

### 1. 発表論文

- 1) 浅井英典 (2000) : 施設入所高齢者の歩行動作の特徴と QOL の関連について. 愛媛体育学研究 4: 1-114.

### 2. 学会発表

- 1) 潮田珠身、飯尾篤、田中伸司、一色昌栄、浅井英典、坪井敬文、鳥居本美、鳥居順子、石丸啓子、小川時江、今川弥生 : 骨粗鬆症対策のための生活改善研究 - 活動概況報告- 第 24 回四国農村医学会, 1999.
- 2) 鳥居順子、浅井英典、坪井敬文 : 骨粗鬆症予防のための介入指導後の追跡調査. ,2000.
- 3) 浅井英典、鳥居順子、大迫正文 : 介入指導終了後の中高齢者の骨密度・QOL・体力の介入効果の残存性について. 第 55 回日本体力医学会, 2000.

## G. 知的所有権の所有状況

なし

厚生科学研究費（総合科学研究事業）

分担研究報告書

高齢者の体力と健康度の関係に関する研究

分担研究者 川久保清 東京大学医学系研究科健康増進科学  
研究協力者 李 廷秀 東京大学医学系研究科健康増進科学  
大場美穂 東京大学医学系研究科健康増進科学

研究要旨：姿勢の安定性の指標である重心動揺に関連する体力及び生活習慣要因を検討し、ウォーキング教室の効果を見ることを目的とした。週1回、1~2時間程度、12週間のウォーキング教室(以下教室)に参加した女性124名(年齢 $57 \pm 7$ 歳、BMI  $22.3 \pm 3.1$ )を対象とした。重心動揺値の指標として単位軌跡長と外周面積を用いた。測定条件は開眼両足立ち(開眼)、閉眼片足立ち(閉眼)、開眼片足立ち(片足)の3条件とし、教室前後に各30秒測定した。片足立ちの重回帰分析の結果、重心動揺の初期値には年齢が最も関連していた。ウォーキング後に片足立ちの重心動揺値の改善が見られた。しかし、年齢を共変量とした共分散分析では片足立ちの重心動揺値の変化量と教室の参加回数、歩行速度との関連は見られなかった。教室前後の重心動揺値の差には初期値が大きく関連していた。

**A. 研究目的**

平成10~11年度にかけて、高齢者のADL自立に関連する体力要素について検討し、筋力・歩行能力の重要性を示してきた。高齢期に自立した生活を送るには、中年期からの体力づくりが必要と考えられる。高齢期を迎えるにあたって、重要な身体機能として姿勢の安定性がある。姿勢の安定性が悪いと転倒につながり、転倒は骨折、寝たきりに結びつき、高齢期の自立の障害となる。姿勢の安定性につながる体力要素や生活習慣を検討することは、姿勢の安定性を向上させる介入を考える上で重要である。

姿勢の安定性は、重心動揺計表面の足圧中心の動きの程度を測定することで評価される<sup>1,2)</sup>。重心動揺は、加齢と共に動揺面積が大きくなり、動揺速度が速くなることが特徴である<sup>3,4)</sup>。転倒経験者の重心動揺は転倒未経験者と比較して大きいとされている

5)。本研究では、中高年者を対象に重心動揺に関連した体力及び生活習慣要因を検討することとした。重心動揺と体力、生活習慣要因との関連が明らかにされれば、姿勢の安定性を向上するための身体機能訓練の方向性が明らかにされ、更には高齢者の自立を促進することが期待される。

**B. 研究方法**

**(1) 研究対象**

本研究の対象は、都内の健康センターが広報で募集したウォーキング教室(以下教室とする)に、1999年及び2000年の9月から12月に参加した者のうち、急性の骨格筋系疾患及び中枢神経系疾患を持たない者とした。教室前後の重心動揺及び体力の測定を行った女性124名(40~79歳、平均年齢 $57 \pm 7$ 歳、BMI  $22.3 \pm 3.1$ )を対象とした。いずれも日常生活を支障なく送ることができる者であった。

教室は9月から12月にかけて毎週土曜



日の午後に 12 回実施される。歩行距離は 3km から始め、最終的には 12km となった。ウォーキング速度の個人差を考慮し、3 班に分かれ、1 班は時速 6km、2 班は 5km、3 班は 4km 程度であった(以下歩行速度とする)。

## (2)測定項目

12 週間の教室の前後で以下の測定を行った。重心動揺は重心動揺計(アニマ社グラフィコーダ GS-3000)を用い、開眼両足立ち(以下開眼)、閉眼両足立ち(閉眼)、開眼片足立ち(片足)の 3 条件で測定を行った。測定時間は各 30 秒とし、各姿勢で 1 回ずつ測定した。片足で 10 秒間姿勢を保持できなかった場合のみ、2 回目の測定を行った。

体力指標としては、長座体前屈、脚伸展パワー、PWC75%HRmax、歩幅の 4 項目を測定した。長座体前屈は、長座体前屈測定器(ヤガミ社)を用い、2 回計測し、良い方の結果を採用した。脚伸展パワーの測定にはコンビ社アネロプレスを用い、各被験者の体重を負荷量とし、速度 0.8m/秒の等速で足板を押すパワー(watt)を測定し、5 回測定が一番良い値を取った。自転車エルゴメータを用いて PWC75%HRmax を測定し、全身持久力の指標とした。歩幅は速度 90m/分のトレッドミル上で 50 歩歩くのに要した時間を測定し、計算した。

質問紙を用いて、日常生活に関する 10 項目、健康状態に関する 14 項目、転倒・骨折の有無、過去及び現在の運動習慣などについて教室開始時と終了後の 2 回調査した。転倒の定義は Gibson の「自らの意思によらず、足底以外の部分が床、地面に着いた場合」とした<sup>6)</sup>。

## (3)分析方法

重心動揺値には、総軌跡長、単位(時間)軌跡長、単位面積軌跡長、外周面積、矩形面積、実効値面積、ロンベルグ率など指標があるが、その中から単位軌跡長と外周面積を選択して検討を行った。単位軌跡長は計測時間内の重心点の移動した全長を記録時間(秒)で割ったもので、動揺速度の指標として使われる。外周面積は X-Y 記録図における動揺の外周を囲む線(包絡線)で包む面積である。

教室開始時の重心動揺値は各測定条件間の差を見るために年齢を共変量とした共分散分析を行った。過去 1 年間の転倒の有無による重心動揺値に差があるかを見るために、年齢を共変量として共分散分析を行った。教室前後の変化を見るために、各測定条件、各重心動揺値で対応のある t 検定を行った。教室への参加回数、歩行速度による測定項目に差の有無を調べるために年齢を共変量とし、共分散分析を行った。

質問紙については回答結果を集計した後、因子分析を行い、日常生活に関する項目、健康状態に関する項目それぞれを集約した。各因子スコアの前後差はウイルコクソンの符号付き順位和検定を行って評価した。

重心動揺値、年齢、運動習慣、日常生活、健康状態の相関はスピアマンの順位相関と年齢の影響を調整した偏相関を検討した。相関の低いものを除外し、重心動揺値の初期値を従属変数とし、年齢、運動習慣、日常生活、健康状態、他の体力指標を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行い、重心動揺値に与える影響を見た。さらに、重心動揺値の変化量を従属変数とし、体力指標・日常生活・健康状態の変化、年齢を独立変数としてステップワイズ法に

表1 ウォーキング教室前後の単位軌跡長(cm/秒)

	開眼	閉眼	片足
前	1.06 ± 0.26	1.52 ± 0.52 †	4.51 ± 1.19 †
後	1.05 ± 0.26	1.54 ± 0.45	3.93 ± 1.00 ***

平均±SD、前後差(対応のあるt検定):\*\*\*p<0.001、初期値の開眼条件との比較(共分散分析):†p<0.01

表2 ウォーキング教室前後の外周面積(cm<sup>2</sup>)

	開眼	閉眼	片足
前	1.52 ± 0.76	2.12 ± 1.43	5.38 ± 5.55 †
後	1.51 ± 0.91	2.25 ± 1.42	3.87 ± 1.35 **

平均±SD、前後差(対応のあるt検定):\*\*p<0.01、初期値の開眼条件との比較(共分散分析):†p<0.01

よる重回帰分析を行った。

### C.研究結果

#### (1)対象属性

過去 1 年以内に転倒を経験した者は 11 名で、そのうち 4 名が 2 回以上の転倒を経験していた。学生時代に運動していた者は 29.8%、過去 10 年間に運動していた者は 52.1%、現在運動している者は 41.2%であった。教室参加の歩行速度による各班の割合は 1 班 19%、2 班 56%、3 班 25%であった。

#### (2)重心動揺値

各条件での単位軌跡長の初期値を表 1、外周面積の初期値を表 2 に示した。単位軌跡長、外周面積において開眼、閉眼、片足の測定条件による差が見られた(年齢を共変量とした共分散分析: 共に p=0.0001)。重心動揺の大きさは、片足、閉眼、開眼の順であった。転倒経験者は閉眼の単位軌跡長、外周面積共に転倒未経験者と比較して大きかった(年齢を共変量とした共分散分析: それぞれ p=0.0005、0.024)。

#### (3)体力測定

体力測定の初期値は表 3 に示した。体力測定値には転倒経験者と転倒未経験者の差

はなかったが、転倒経験者の方が体重が重かった(年齢を共変量とした共分散分析: p=0.016)。

#### (4)質問紙

身体活動に関する日常生活についての 10 項目の質問について因子分析を行った結果、4 因子が抽出された。第 1 因子には外出が多い、動くのは億劫だと思ふなど活動や活動に対する意欲を問うものがまとめられ、これを『活動と意欲』(以下 N1)とラベル付けした。第 2 因子には電車やバスでは短い距離でも座る、手すりやつり革につかまらなると立ってられないという乗り物に乗車時の姿勢と、ゆっくり歩くことが多いという歩行速度の質問が分類され、これを『乗り物姿勢とゆっくり歩行』(N2)とした。第 3 因子には徒歩 10 分で行けるところでも自転車や車を使う、歩いて 30 分かかるところでも歩くなど、歩くことに対する意識、意欲を聞いたものが集約され、これを『歩く意欲』(N3)とした。第 4 因子にはエスカレーターやエレベーターがあっても 1 階分なら階段を利用するかという階段のぼりに対する意識を尋ねる 1 項目が分類され、これを『階段歩行』(N4)とした。

身体活動に伴う自覚症状に関する 14 項

表3 ウォーキング教室前後の体力

	長座体前屈 (cm)	脚進展パワー (watt)	PWC(watt)	歩幅(cm)
前	9.5 ± 8.1	508 ± 176	76 ± 19	67.7 ± 5.2
後	10.2 ± 8.0 *	608 ± 185 ***	78 ± 19 **	70.0 ± 5.8 **

平均±SD、前後差(対応のあるt検定): \*p<0.05; \*\*p<0.01; \*\*\*p<0.001

目の質問についての)の因子分析の結果、4因子が抽出された。第1因子には足首をよくひねる、何も無い所でよく躓いたり、転ぶなど躓きやすさに関する項目がまとめられ、これを『躓きやすさ』(以下K1)とした。第2因子には歩くと膝に痛みがある、階段を降りるときに膝の痛みがあるという膝の痛みに関する項目と、床や畳から立ち上がる時に手をつくという項目が集約され、これを『膝の痛みと立ち上がり動作』(K2)とした。第3因子には立っていると腰がだるい、駅の階段を休憩なしでは上がることができないなど疲れやすさを示す質問がまとめられ、『疲れやすさ』(K3)とした。第4因子には姿勢が悪い、肩、首、背中が凝りやすいという2つがまとめられ、これを『姿勢の悪さと凝り』(K4)とした(表4,5略)。

(5)重心動揺値初期値と他の測定項目との関連

スピアマンの順位相関係数を求めたところ、単位軌跡長と年齢( $r=0.43$ ,  $p=0.0001$ )、歩行速度( $r=0.27$ ,  $p=0.045$ )、K1( $r=-0.21$ ,  $p=0.045$ )に相関が見られた。また、外周面積も同様に年齢( $r=0.48$ ,  $p=0.0001$ )、歩行速度( $r=0.29$ ,  $p=0.033$ )、K1( $r=-0.23$ ,  $p=0.026$ )と相関が見られた。しかし、年齢の影響を調整した偏相関では歩行速度、K1との有意な相関は見られなくなった。

表6に単位軌跡長の重回帰分析の結果を示す。年齢、歩行速度、転倒回数、体脂肪率、歩幅、N1、N3、K4が選ばれた。単位軌跡長の初期値は年齢が高いほど、歩行速度が遅いほど、転倒回数が多いほど、歩幅が大きいほど、活動と意欲が高いほど、歩

表6 重回帰分析結果(単位軌跡長初期値)

抽出された変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p値
年齢	0.101	0.609	0.0001 ***
歩行速度	-0.421	-0.261	0.064
転倒回数	0.888	0.445	0.004 **
体脂肪率	-0.050	-0.259	0.058
歩幅	0.110	0.481	0.0006 ***
N1	0.181	0.437	0.003 **
N3	0.252	0.533	0.001 **
K4	0.241	0.437	0.004 **

$R^2=0.72$ ,  $p=0.0001$ , \*\* $p<0.01$ ; \*\*\* $p<0.001$ 、

抽出されなかった変数:靴のサイズ、学生時代・過去10年間・現在の運動の有無、脚進展パワー、N2、K1、K2、K3

表7 重回帰分析結果(外周面積初期値)

抽出された変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p値
年齢	0.142	0.509	0.006 **
学生時代の運動の有無	-1.041	-0.275	0.082
K2	0.326	0.436	0.046 *
K3	-0.354	-0.451	0.023 *

$R^2=0.44$ ,  $p=0.0029$ , \* $p<0.05$ ; \*\* $p<0.01$ 、

抽出されなかった変数:靴のサイズ、転倒回数、過去10年間・現在の運動の有無、歩行速度、体脂肪率、脚進展パワー、歩幅、N1、N3、N4、K1、K4

く意欲が高いほど動揺速度が大きく、姿勢の悪さと凝りがひどいほど小さい結果とな

有意であり、参加回数が多く、歩行速度が速いほどPWCの前後差が大きかった(年齢

表8 重回帰分析結果(単位軌跡長前後差)

抽出された変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p値
単位軌跡長初期値	0.565	0.705	0.0001 ***
年齢	-0.030	-0.207	0.144

$R^2=0.41$ ,  $p=0.0001$ , \*\*\* $p<0.001$ 、

抽出されなかった変数:体脂肪率・長座位体前屈・脚進展パワー・PWC・歩幅の前後差、N1~N4・K1~K4の前後差、教室の参加頻度、歩行速度

表9 重回帰分析結果(外周面積前後差)

抽出された変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	p値
外周面積初期値	0.951	0.991	0.0001 ***
N1前後差	-0.299	-0.075	0.007 **

$R^2=0.97$ ,  $p=0.0001$ , \*\* $p<0.01$ ; \*\*\* $p<0.001$ 、

抽出されなかった変数:体脂肪率・長座位体前屈・脚進展パワー・PWC・歩幅の前後差、N2~N4・K1~K4の前後差、年齢、教室の参加頻度、歩行速度

った。

表7に外周面積の重回帰分析結果を示す。年齢、学生時の運動の有無、K2、K3が選ばれた。外周面積の初期値は年齢が高いほど大きく、学生時の運動習慣があったものほど小さく、膝の痛みがなく、立ち上がる時に手をつかないものほど大きく、疲れやすいほど大きい結果となった。

#### (6)教室の前後差

教室前後の重心動揺値の差については、両足立ちの2条件(開眼・閉眼)では前後で差が見られなかったが、片足立ち条件では、単位軌跡長、外周面積において有意差があり、教室後に改善が見られた(表1、2)。教室への参加回数、歩行速度と重心動揺値の変化量について年齢を共変量とした共分散分析を行ったが、関連は見られなかった。

長座位前屈、脚伸展パワー、PWC、歩幅が前後で有意に増加した(表3)。体重、体脂肪量には変化が見られなかった。教室への参加回数と歩行速度の体力測定項目に与える影響を検討したところ、PWCの前後差が

を共変量とした共分散分析： $p=0.0001$ 。

日常生活に関する項目、健康状態に関する項目の各因子スコアの前後差をウイルコクソンの符号付き順位和検定を行って評価したところ、N1とK4に前後で有意差が見られ、より活動的になり、凝りが改善していた。

片足立ち測定における単位軌跡長、外周面積の前後差と体力・生活習慣・健康状態の変化量との関連を重回帰分析により検討した。単位軌跡長の前後差には単位軌跡長初期値と年齢が選ばれた(表8)。単位軌跡長の前後差は初期値が速いほど大きく改善し、年齢が高いほど改善度が小さい結果となった。外周面積の前後差には外周面積初期値とN1の前後差が選ばれた(表9)。外周面積の前後差は初期値が大きいほど改善度は大きく、活動と意欲が高くなるほど大きな改善が見られた。

#### D.考察

本研究では姿勢の安定性の指標である重

心動揺に関連する体力及び生活習慣要因を検討し、ウォーキング教室の効果を見ることを目的とした。教室前後で重心動揺値の有意な改善が見られた。重心動揺値の変化量に有意な関連が見られたのは初期値であり、初期値が大きい者ほど大きな改善が見られた。また、年齢が高くなるほど改善の程度が小さくなることが明らかとなった。しかし、教室への参加の頻度、歩行速度との関連は見られなかった。

姿勢の安定性の指標である重心動揺の初期値には年齢が大きく関連し、高齢になるほど姿勢の安定性が悪いという従来と同様の結果であった。姿勢維持とバランスには大きく分けて視覚、前庭器官、体性感覚の3つの感覚系が関与しているが、加齢に伴いこれらの機能は低下し、重心動揺が大きくなるとされている<sup>7)</sup>。

転倒は骨折に結びつき、転倒予防は対象である中高年にとって重要である。転倒と関連する体力指標の一つが重心動揺である。転倒経験者は過去1年間に転倒を経験しなかった者と比較して重心動揺値が大きかった。この結果は多くの先行研究の結果と一致するものである<sup>8)</sup>。また、転倒経験者は徒歩10分で行ける所でも車や自転車を使い、歩く意欲が低く、歩かない傾向が見られた。転倒経験者は転倒に対する恐怖が生じ活動量が低下するが、動かないことでさらに身体能力が低下し、ますます転倒しやすくなるということが報告されている<sup>9)</sup>。身体活動に対して積極的な態度を持つことがまず重要である。

また単位軌跡長による重心動揺初期値は歩行速度が遅い者ほどは大きかった。バランスの悪い高齢者は歩行速度が遅いという

先行研究と一致する<sup>9)</sup>。歩幅が大きいほど重心動揺値は大きかったが、その他の体力指標との関連は見られなかった。このことは一般的な体力と重心動揺の関連が少ないことを示唆するものである。

ウォーキング教室は中高年に人気のある教室であり、総合的な体力の増加から日常的なQOLの改善を目指すものである。ウォーキング教室前後の重心動揺の変化量は片足立ちにおいてのみ有意差が見られた。両足立ちの開眼、閉眼で変化が見られなかった理由として体を支える基底面の面積が大きく、安定感を得られやすいためであると考えられる。その一方で片足立ちは、体重を両足立ちの半分の面積で支えなければならず、姿勢も左右不均衡となるため安定感が得られにくい。そのため、介入の効果が出やすかったと思われる。片足立ちは日常生活では通常は取らない姿勢である。しかし、歩行時の74%~80%は片足になることからトレーニング効果が得られた可能性が考えられる<sup>10)</sup>。

重心動揺値の変化量は初期値が大きいほど大きな改善が見られ、年齢が高いほど改善度が小さい結果となった。年齢が若い初期値が大きかった者ほど改善度が大きいことを意味する。このことから中年者を対象とした介入に意味があることが示唆される。また、活動と意欲が高くなるほど大きく改善が見られた。しかし、重心動揺値の変化量とウォーキング教室への参加頻度、歩行速度には関連が見られなかった。これは対象者が自分に適する歩行スピードの班を選択した結果、対象者にとって安全であると同時に無理のない介入になったことが考えられる。重心動揺と体力トレーニング

の効果について個々を検討している先行研究は多く見られる。週1回、1回1~1.5時間、8週間の運動教室はバランスへの効果は見られなかった<sup>11)</sup>。さらに半年から3年の中長期的効果を見た結果、閉眼片足立ちにおいて太極拳と社交ダンスに平衡性を向上させる要素があったとする報告がある<sup>11)</sup>。バランスと筋力のトレーニングによって6ヶ月後にバランスに改善が見られ、転倒が減少したとする報告がある<sup>12)</sup>。

12週間のウォーキング教室の前後で長座体前屈、脚伸展パワー、PWC、歩幅の体力指標には有意な増加が見られた。しかし、重心動揺値の変化と一般的な体力要素の変化との関連は見られなかった。従来から一般的な体力が向上するとされているトレーニングではバランスが改善しないことが考えられる。本研究では教室前後で片足立ちの重心動揺値に有意差が見られたが、この変化はウォーキングによるものだけでなく、ウォーキング前後の片足バランスを含んだストレッチングの効果も含まれていることが考えられる。今後バランスの向上に効果があるトレーニングを特定していく必要がある。

重心動揺には様々な要素が関連していると考えられるが、どのように関連しあっているかはまだ明らかではない。重回帰分析を行い、総合的に重心動揺と体力や生活習慣の関連を評価したものはほとんど見られない。その意味で本研究の意義は大きいと思われる。しかし、サンプルサイズが小さいことや、対象者が広報を見て自ら参加を希望してきた者のため、ランダムサンプリングの結果と異なる可能性がある。また、女性に限定して行ったが男性の特徴も把握

する必要がある。今後更なる研究を進めていく必要があると思われる。

#### 【引用文献】

- 1) Goldie PA, Bach TM, Evans OM. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil* 70: 510-7, 1989.
- 2) Hasselkus BR, Shambes GM. Aging and postural sway in women. *J Gerontol* 30: 661-7, 1975.
- 3) Sheldon JH. The effect of age on the control of sway. *Geront Clin* 5: 129-38, 1963.
- 4) 藤田博暁. 老人の姿勢及び転倒. *理学療法科学* 10:141-7, 1995.
- 5) Overstall PW, Exton-Smith AN, Imms FJ, et al. Falls in the elderly related to postural imbalance. *BMJ* 29: 261-4, 1977.
- 6) Gibson MJ et al. Improving the health of older people; A world view, Oxford Univ Press, New York, 296, 1990.
- 7) Whanger AD, and Wang HS. Clinical correlates of the vibratory sense in elderly psychiatric patients. *J Gerontol* 29: 39-45, 1974.
- 8) Arfken CL, Lach HW, Birge SJ, et al: The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *Am J Public Health* 84: 565-70, 1994.
- 9) Medell JL and Alexander NB. A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women. *J Gerontol Med Sci* 55A: M429-M433, 2000.
- 10) Murray MP, Kory RC, and Clarkson BH. Walking patterns in healthy old men. *J Gerontol* 24: 169-78, 1969.
- 11) 木村みさか, 岡山寧子, 奥野直, 正埜信孝,

橘康生. 高齢者の運動・スポーツが平衡機能に及ぼす影響. 体育科学 25: 111-9, 1997.

12) Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, et al. Randomised controlled trial of a general practice programme of home based exercise to prevent falls in elderly women. BMJ 315:1065-9, 1997.

## **F.研究発表**

### **1.論文発表**

Fukusaki C, Kawakubo K, Yamamoto Y. Assessment of primary aging on heart rate variability in humans. Clinical Autonomic Research 10:123-130,2000

### **2.学会発表**

高山香奈子、川久保清、李 廷秀他：高齢者の生活習慣が起立耐性に与える影響。  
日本健康科学学会第 16 回学術大会、東京、  
2000、11

## **G.知的所有権の取得状況**

なし

## 厚生科学研究費補助金（健康科学総合研究事業）

### 分担研究報告書

#### 高齢者の骨密度と身体活動量及び体力の関係

分担研究者者：徳山薫平（筑波大学体育科学系 助教授）

研究要旨：pQCT (Peripheral Quantative Computed Tomography) を用い、橈骨と頸骨の形態を高齢者と青年で比較する横断的研究を行った。男女共に加齢に伴う骨密度の低下が認められ、皮質骨に比べて海綿骨の密度の低下が大きかった。また、皮質骨では腕の骨密度の減少が大きく海綿骨では脚の骨密度の減少が大きい傾向にあった。さらに、「成長期が過ぎた中高年においても、長期期間の運動習慣が骨強度を増大させ、骨粗鬆症の予防として効果があるか否か」という問題について、食事条件や体質の差を除去して調べるために、成長期を過ぎてからテニスを始めた女性テニス愛好家 92 名（35-55 歳）の橈骨の左右差を検討した。その結果、長期の運動習慣は骨密度を増大させるが、成長期の骨において観察された外側への成長（cortical drift）の促進は見られず、運動刺激に対する骨応答が成長期と中高年期とでは異なる可能性が示唆された。

#### A 研究目的

運動は骨量増大作用をもち、骨粗鬆症の予防に有効であることが昔から知られているが、その基本的なメカニズムについては不明な点が多い (1-6)。我々は、pQCT (Peripheral Quantitative Computed Tomography) 法を用いて若年成人テニス選手の橈骨の左右比較から、成長期の骨に力学的負荷が加わると体積骨密度が減少する可能性を示唆する結果を得て発表した (7)。この現象は最近フィンランド人テニス選手の pQCT 測定によっても確認されており (8)、成人の橈骨幹部では力学的負荷に適応して外側への骨の形成（cortical drift）が起り、骨横断面積の増大など骨構造の変化が骨強度の主要な仕組みであることが示唆されている。2次元平面に投影された骨の X 線像の解析に基づく従来からの DEXA 法などにおいては、トレーニングによる骨横断面積の増大効果が投影面積当たりの骨塩量である面積骨密度に加算されていたことによる測定法の限界によると考えられる。一方、成長期を過ぎたヒトの骨に力学的負荷が加わった場合の骨の構造変化については殆ど明らかにされていない。本研究では、海綿骨と皮質骨の分別定量が可能ならうえに、骨の3次元構造の解析が可能な pQCT 法 (9) を用いて、



- 1) 運動が骨構造（海綿骨と皮質骨の体積骨密度、皮質骨厚、骨内膜周囲長、骨外膜周囲長、力学的特性など）に及ぼす効果について、中高年テニス愛好家の橈骨の左右比較という方法で大規模調査を行う。
- 2) 高齢者の日常生活の活動度と関連があり、最も大きな負荷がかかる足の骨構造の pQCT による解析法を確立し、高齢者の生活活動度の多少が骨構造に及ぼす影響について検討するための基礎的検討を行う。

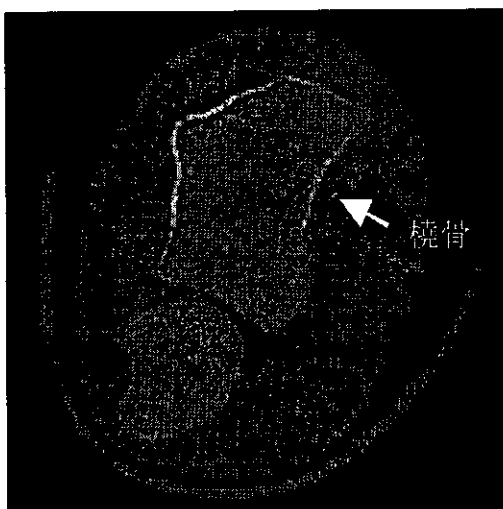
## B 研究方法

### 1) 中高年テニス愛好家の橈骨の pQCT 測定

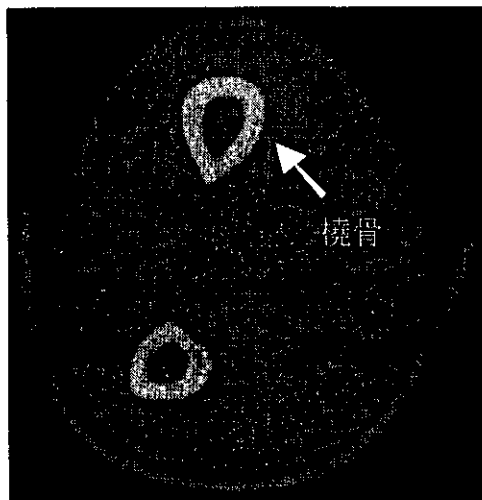
3年以上の経験を有するテニス愛好家および一般健常人の同意を得て、女性192名、男性46名の pQCT 測定と運動歴、履病歴などの質問調査および身長、体重、握力などの測定を行った。

### 2) 中高齢者の脛骨の pQCT 測定

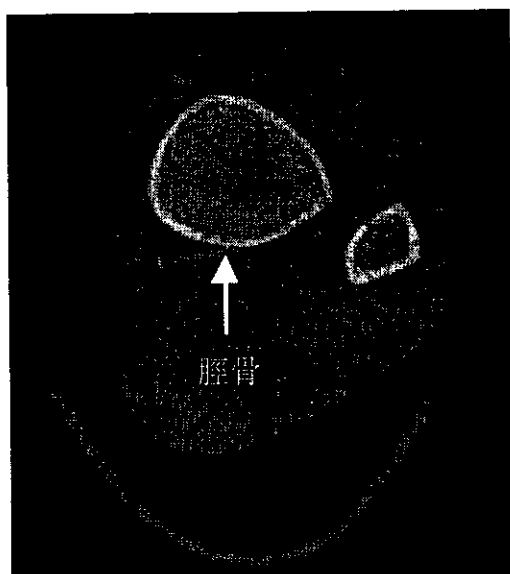
被験者は38人で、その内訳は女性高齢者 (n=12、平均年齢:68.8±5.1歳、閉経後平均年数:18.2±8.1年)、女子大学生 (n=12、平均年齢:21.0±1.8歳)、男性高齢者 (n=6、平均年齢:71.6±4.2歳)、男子大学生 (大学院生含む n=6、平均年齢:23.6±2.3歳)であった。これらの被験者はつくば市やその周辺に在住する健常者であり、現在治療を受けているものはいなかった。



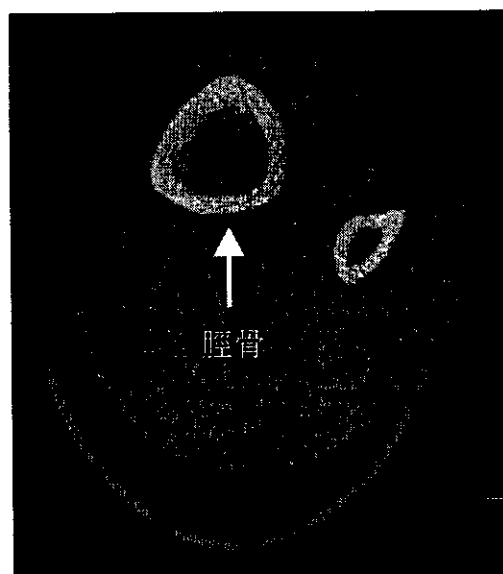
橈骨遠位部



橈骨近位部



脛骨遠位部



脛骨近位部

図1 NIH-Image に移した pQCT 画像

### 3) pQCT 測定

Densiscan1000(Scanco Medical AG, Zurich, Switzerland、日本電子輸入販売株式会社) のスタンダードモード (分解能=300 $\mu$ m) で撮影された骨の CT 画像を TIFF 画像として、マッキントッシュのコンピューターに読み取り、全骨骨面積、海綿骨骨面積、皮質骨骨面積、皮質骨厚などを画像処理ソフトウェア (NIH Image, Lab View など) を用いて、thresholding 法により算出した。

(pQCT 測定は通産省工業技術院機械研究所および筑波大学医療技術短期大学部・天貝均助教授、データ解析は国立ガンセンター研究所・芦沢典子博士、筑波大学体育科学系・斎藤慎一助教授との共同研究として行った。)

## C 研究結果

### 1) 中高年テニス愛好家の橈骨の pQCT 測定

成長期を過ぎてからテニスを始めた女性テニス愛好家92名 (35-55才) の橈骨骨密度および骨サイズの左右比較を行なった。

表1 テニス愛好家

年齢群 (年)	人数	平均年齢 (年)	テニス開始年齢 (年)	テニス歴 (年)
35-40	10	38.1±0.6	33.9±0.5	4.2±0.5
41-50	58	45.1±0.3	35.2±0.4	9.9 ± 0.5
51-55	24	52.9±0.3	37.6±0.8	15.3±0.8
全体	92	46.4±0.5	35.7±0.3	10.7±0.5

非常に大きな個人差が認められるものの、橈骨中間部の骨内膜面積および骨外膜面積は加齢と共に増大し、皮質骨厚と皮質骨密度は加齢と共に減少する傾向が認められた(図2)。食事条件や体質による個人差を除去して、運動が骨構造に及ぼす効果を調べる目的で、同一個人の左右差を検討した(表2)。

表2. 橈骨の pQCT 解析

	利き腕	非利き腕
橈骨中間部		
骨内膜面積 (mm <sup>2</sup> )	27.8±1.0	30.0±1.1 **
骨外膜面積(mm <sup>2</sup> )	100.7±1.5	106.1±1.6 **
皮質骨厚(mm)	2.72±0.03	2.75±0.03
皮質骨密度(mg/cm <sup>3</sup> )	1942±9	1946±9
全骨密度(mg/cm <sup>3</sup> )	1415±17	1404±17
橈骨骨端部		
骨外膜面積(mm <sup>2</sup> )	377±58	416±62 **
全骨密度(mg/cm <sup>3</sup> )	756±12	656±13**

左右差 \*\* P<0.01, \*P<0.05.

意外にも、骨内幕面積や骨外膜面積は利き腕が非利き腕に比べて統計学的に有意に小さいことが明らかになった。また、骨密度は利き腕が高い傾向が認められ、特に骨端部においては統計学的に有意な左右差として認められた。これらの結果は、加齢による変化(骨内/外膜面積の拡大および骨密度の減少)を運動が抑制していると解釈できる可能性を示唆している。

## 2) 中高齢者の脛骨の pQCT 測定

健康状態(骨折・既病歴、薬の服用状況)、栄養摂取量(カルシウム摂取量)、生活状況(喫煙歴、定期的なスポーツ習慣)については女性、男性ともに高齢者と大学生に有意な差は認められなかった。また、初経年齢については、女性高齢者に比べて女子大学生は有意はかった。女性

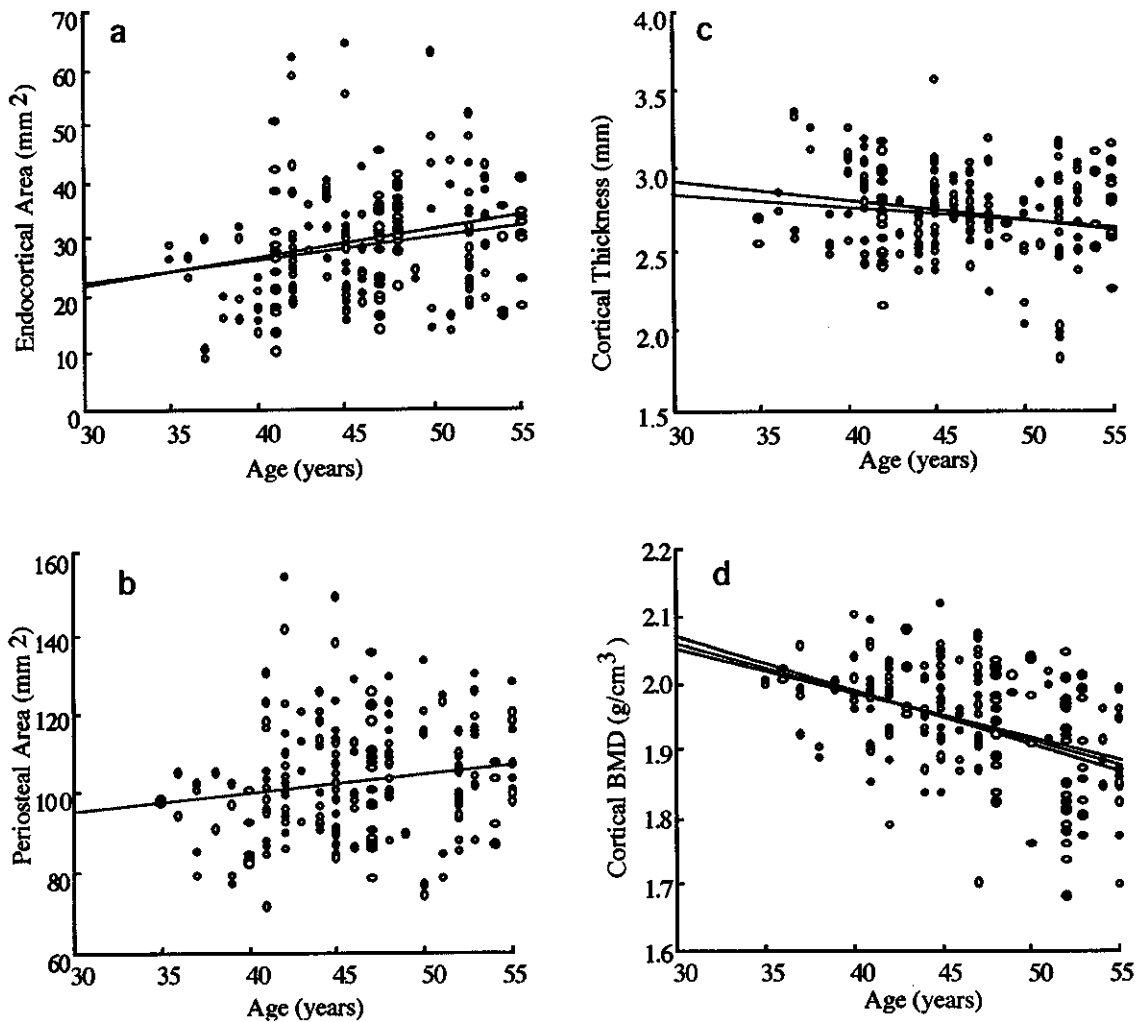


図2 橈骨骨幹部における骨内膜面積 (endocortical area)、外膜面積 (periosteal area)、皮質骨厚 (cortical thickness) および皮質骨密度 (cortical BMD) の加齢による変化。青丸は利き腕、白丸は非利き腕の個人データを示し、赤線は左右腕 (n=184)、緑線は利き腕 (n=92)、青線は非利き腕 (n=92) についての統計学的に有意な回帰直線を示す。

高齢者は全員既に自然閉経した後で、平均妊娠回数は  $2.3 \pm 1.7$  回、閉経後平均年数は  $18.2 \pm 8.1$  年であった。女子大学生の過去3年間の月経周期は  $11.8 \pm 0.2$  回/年で、全員が正常月経とみなされた。表3に高齢者、大学生それぞれの体積骨密度の平均値±標準偏差を部位別 (橈骨、頸骨)、部分別 (遠位部海綿骨と近位全骨) に示した。なお、pQCT 測定は左側の腕と脚で行った。