

岡山県南部健康づくりセンターにおける
最大酸素摂取量をはじめとした体力基準値作成の試み

分担研究者 沼田 健之 岡山県南部健康づくりセンター センター長
研究協力者 宮武伸行 西河英隆 斉藤剛 森下明恵 丸山弘子 江口美希
(岡山県南部健康づくりセンター)

岡山県南部健康づくりセンターにおいて、体力基準値作成の一環として、薬物治療を受けていない20-69歳男性150名、女性150名で最大酸素摂取量を、男性3018名、女性6881名で筋力を、男性3011名、女性6874名で柔軟性を測定した。最大酸素摂取量は男女とも40歳代から有意に低下し、握力は50歳代から有意に低下し、体重あたりの脚筋力は男性30歳代、女性40歳代から有意に低下していた。しかしながら柔軟性は男性30歳代、50歳代での低下を認めただけで、女性では加齢による増加を認めた。今回の結果は日本人の体力のひとつの参考値となるものと思われた。

A. 研究目的

将来の運動基準改訂の基礎資料を得る目的で、全国多施設共同研究の一環として、岡山県南部健康づくりセンターにおいて生活習慣病等で薬物治療を受けていない人を対象に、最大酸素摂取量、筋力、柔軟性等の体力テストを行なった。

B. 研究方法

対象は、岡山県南部健康づくりセンターで、薬物治療を受けていない20-69歳男性150名、女性150名で最大酸素摂取量を、男性3018名、女性6881名で筋力を、男性3011名、女性6874名で柔軟性を測定した。最大酸素摂取量は、呼気ガス分析法を用いて自転車エルゴメータによる運動負荷試験により求めた。筋力は握力、脚伸展力を測定し、あわせて体重あたりの脚伸

展力を求めた。握力は握力計（酒井医療社製）により測定し、脚伸展力は(MINATO社製、OG技研社製)を用い測定した。柔軟性は長座位体前屈を測定した。長座位体前屈は、THP-14（酒井医療社製、東京）を用いて以下のように測定した。（1）脚を伸ばして座り、足底を床面に垂直な板に当てる。（2）両膝を伸ばす。（3）両膝を伸ばしたまま、両腕を伸ばし、指先でカーソルを押しながら、上体をゆっくり、かつ力いっぱい前屈する。（4）足底の板と指先との間の長さが自動的に計測される。（1）～（4）を2回繰り返す、良い方の値を長座位体前屈の値として採用した。

（倫理面への配慮）

本人からの書面で研究の内容、主旨に関する

同意を得た。また、(財)岡山県健康づくり財団倫理委員会の承認を得た。

C. 研究結果

最大酸素摂取量は男性 37.2ml/kg/分、女性 30.8ml/kg/分であった。(表 1) 男女とも 40 歳代から有意な低下を認めた。また、年齢、身体計測、身体組成との相関を検討すると、男女とも DEXA 法による体脂肪率との相関係数が最も高かった(男性 $r=-0.622$ 、女性 $r=-0.604$)。

表 1 性、年代別最大酸素摂取量 (ml/kg/分)

年齢	男性			女性		
	症例数	平均値 ± 標準偏差		症例数	平均値 ± 標準偏差	
20-29	30	44.0 ± 9.0		30	36.1 ± 7.8	
30-39	30	40.2 ± 7.2		30	32.5 ± 5.4	
40-49	30	36.8 ± 8.2	a	30	31.4 ± 5.3	a
50-59	31	34.1 ± 6.9	ab	30	28.5 ± 5.6	a
60-69	29	30.8 ± 6.1	abc	30	25.6 ± 4.3	abc

a: $p<0.05$ vs 20-29
b: $p<0.05$ vs 30-39
c: $p<0.05$ vs 40-49

表 2 年齢、身体計測、身体組成との相関

	男性		女性	
	r	p	r	p
年齢	-0.559	<0.0001	-0.549	<0.0001
体重 (kg)	-0.169	0.0392	-0.174	0.0328
Body mass index (kg/m ²)	-0.287	0.0004	-0.360	<0.0001
体脂肪率 (%)	-0.622	<0.0001	-0.604	<0.0001
体脂肪量 (kg)	-0.544	<0.0001	-0.519	<0.0001
除脂肪体重 (kg)	0.205	0.0119	0.205	0.0119
筋肉量 (kg)	0.192	0.0184	0.169	0.0390
腹囲 (cm)	-0.560	<0.0001	-0.488	<0.0001
ヒップ囲 (cm)	-0.152	0.0640	-0.205	0.0118

性、年代別に筋力の平均値およびその変化を検討すると(表 3)、握力は男女とも 50 歳代から有意な低下を認めた。脚伸展力は男性では 40 歳代から、女性では 50 歳代から有意な低下を認めた。一方、体重あたりの脚伸展力は男性では 30 歳代から、女性では 40 歳代から有意な低下を認め、脚伸展力に比較すると若い年代から低下を認めた。

表 3 性、年代別筋力

	男性		女性		
	平均値 ± 標準偏差		平均値 ± 標準偏差		
握力(右)(kg)					
20-29	46.8 ± 7.6		26.8 ± 5.2		
30-39	46.6 ± 7.3		27.4 ± 4.9	a	
40-49	46.0 ± 7.5		27.7 ± 5.1	a	
50-59	42.9 ± 7.2	abc	24.5 ± 4.8	abc	
60-69	38.2 ± 6.5	abcd	23.0 ± 4.6	abcd	
Total	45.3 ± 7.8		26.4 ± 5.2		
握力(左)(kg)					
20-29	44.2 ± 7.4		25.3 ± 4.7		
30-39	44.4 ± 7.1		26.1 ± 4.8	a	
40-49	44.0 ± 7.1		26.4 ± 4.8	a	
50-59	41.0 ± 6.6	abc	23.6 ± 4.6	abc	
60-69	36.7 ± 6.4	abcd	22.0 ± 4.3	abcd	
Total	43.1 ± 7.4		25.2 ± 4.9		
脚伸展力 (kg)					
20-29	72.3 ± 16.7		43.3 ± 9.9		
30-39	71.4 ± 16.9		43.4 ± 9.8		
40-49	68.4 ± 15.5	ab	43.4 ± 9.7		
50-59	61.9 ± 14.4	abc	40.1 ± 9.1	abc	
60-69	54.9 ± 12.5	abcd	36.6 ± 8.3	abcd	
Total	68.1 ± 16.8		42.3 ± 9.8		
体重あたりの脚伸展力					
20-29	1.05 ± 0.22		0.83 ± 0.17		
30-39	1.00 ± 0.22	a	0.81 ± 0.18		
40-49	0.96 ± 0.20	ab	0.77 ± 0.17	ab	
50-59	0.90 ± 0.19	abc	0.72 ± 0.16	abc	
60-69	0.84 ± 0.19	abcd	0.68 ± 0.16	abcd	
Total	0.98 ± 0.22		0.78 ± 0.18		

a: $p<0.05$ vs 20-29
b: $p<0.05$ vs 30-39
c: $p<0.05$ vs 40-49
d: $p<0.05$ vs 50-59

性、年代別に長座体前屈の値を比較したものを表 4 に示す。男性では、30 歳代は 20 歳代に比較して、50 歳代は 20、40 歳代に比較して有意に低値を示した。しかしながら、女性では、30、40、50、60 歳代は 20 歳代に比較して、50、60 歳代は 30 歳代に比較して、60 歳代は 40 歳代に比較して高値を示し、加齢により柔軟性の向上が認められた。

表4 性、年代別柔軟性

年齢	症例数	平均値 ± 標準偏差	p
男性			
20-29	816	5.0 ± 9.9	
30-39	904	3.5 ± 10.4	a
40-49	650	4.2 ± 9.9	
50-59	443	2.2 ± 10.2	ac
60-69	198	2.8 ± 10.0	
Total	3011	3.8 ± 10.1	
女性			
20-29	2044	8.3 ± 9.6	
30-39	1676	9.3 ± 8.9	a
40-49	1494	10.1 ± 8.5	a
50-59	1146	10.5 ± 8.5	ab
60-69	514	11.7 ± 8.0	abc
Total	6874	9.6 ± 9.0	

a: $p < 0.05$ vs 20-29
b: $p < 0.05$ vs 30-39
c: $p < 0.05$ vs 40-49

D. 考察

今回、岡山県南部健康づくりセンターで、20歳以上60歳未満で、薬物治療を受けていない者を対象に体力テストを行ない、体力基準値の作成を試みた。

リクルートでは、対象が生活習慣病等で治療を行っていない人を対象としたため、特に60歳代での測定希望者に対する測定該当者が少なく困難を極めた。

最大酸素摂取量および筋力は加齢に伴う低下を認め、体重あたりの脚伸展力は握力、脚伸展力の絶対値に比較すると若い年代からの有意な低下を認めた。しかしながら、今回柔軟性の指標とした長座位体前屈の値は既報とは違った傾向を示した。

文部省の報告によると、長座位体前屈の平均値は男女とも加齢に伴い低下している。一方松原らは、当センターの類似施設で、20~70歳代男女6287名の測定を行ない、男性では20歳代から30歳代にかけて大きく低下していた以外はわずかな低下で、女性では、20歳代で最低値を50歳代で最高値を示し、その後の変化は小さかったと報告している。樋口らは、20~85歳の健常男女1028名の測定を行ない、男性では20歳代

から60歳代前半まで緩やかに低下、その後60歳代後半から70歳代前半で僅かに増加し最高年齢層で再度低下傾向を示し、女性では、20歳代から50歳代まで緩やかに増加、60歳代前半からわずかな増減を繰り返しながら最高年齢層まで推移していたと報告している。今回の調査では、既報とやや異なり女性では加齢に伴う長座位前屈の向上が認められた。文部科学省の測定方法は、壁面に腰、背中、肩、頭をつけ腕を伸ばした状態から最大何センチ前方に手先を前進させるかという方法で、今回の測定方法と異なること、いわゆる健常人を測定したこと、当施設の利用者が健康づくりに取り組もうという意識が高いと思われる人を測定し、一般地域住民との関連が明らかでない非常にバイアスの高い集団であったことなどが影響しているものと思われた。

しかしながら、加齢に伴いさまざまな病気を持つ人が増え、体力に影響をおよぼすことは容易に予想されることから、今回の健常人での体力測定の結果は、日本人における体力の参考値のひとつになるものと思われた。

E. 研究発表

論文発表

- 1) Nobuyuki Miyatake, Sumiko Matsumoto, Motohiko Miyachi, Takeyuki Numata: Increasing oxygen uptake at ventilatory threshold is associated with improving metabolic syndrome in Japanese men. Journal of Preventive Medicine. 4: 11-16, 2009.
- 2) Nobuyuki Miyatake, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata: Leg strength per body weight is associated with ventilatory

- | | |
|--|-----------------|
| threshold in Japanese women. ANTI-AGING MEDICINE. 6(2): 5-9, 2009. | なし |
| 3) 宮武伸行、西河英隆、森下明恵、齊藤剛、久富百合子、山下裕絵、白石温子、沼田健之. 岡山県南部健康づくりセンターにおける運動施設利用の実態とその問題点: 体育の科学. 59(5): 345-348, 2009. | 2. 実用新案登録
なし |
| 4) Nobuyuki Miyatake, Akiko Tanaka, Miki Eguchi, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata: Reference data of multi frequencies bioelectric impedance method in Japanese. ANTI-AGING MEDICINE. 6(3): 10-14, 2009. | 3. その他
なし |
| 5) Nobuyuki Miyatake, Takeshi Saito, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata: Evaluation of muscle strength and its relation to exercise habits in Japanese. Acta Medica Okayama 63: 151-155, 2009. | |
| 6) Nobuyuki Miyatake, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata: Body fat percentage measured by dual energy X-ray absorptiometry is associated with maximal oxygen uptake in Japanese. ANTI-AGING MEDICINE 6: 41-45, 2009. | |
| 7) Nobuyuki Miyatake, Masafumi Fujii, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Suzue Takeshi, Tomohiro Hirao, Takeyuki Numata: Change in Metabolic Syndrome and Its Components with Lifestyle Modification in Japasene Men. INTERNAL MEDICINE. 49: 261-265, 2010. | |

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Nobuyuki Miyatake, Sumiko Matsumoto, Motohiko Miyachi, Takeyuki Numata	Increasing oxygen uptake at ventilatory threshold is associated with improving metabolic syndrome in Japanese men	Journal of Preventive Medicine	4	11-16	2009
Nobuyuki Miyatake, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata	Leg strength per body weight is associated with ventilatory threshold in Japanese women	ANTI-AGING MEDICINE	6(2)	5-9	2009
宮武伸行、西河英隆、森下明恵、斉藤剛、久富百合子、山下裕絵、白石温子、沼田健之	岡山県南部健康づくりセンターにおける運動施設利用の実態とその問題点	体育の科学	59(5)	345-348	2009
Nobuyuki Miyatake, Akiko Tanaka, Miki Eguchi, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata	Reference data of multi frequencies bioelectric impedance method in Japanese	ANTI-AGING MEDICINE	6(3)	10-14	2009
Nobuyuki Miyatake, Takeshi Saito, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata	Evaluation of muscle strength and its relation to exercise habits in Japanese	Acta Medica Okayama	63(3)	151-155	2009
Nobuyuki Miyatake, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Takeyuki Numata	Body fat percentage measured by dual energy X-ray absorptiometry is associated with maximal oxygen uptake in Japanese	ANTI-AGING MEDICINE	6(5)	41-45	2009
Nobuyuki Miyatake, Masafumi Fujii, Motohiko Miyachi, Izumi Tabata, Suzue Takeshi, Tomohiro Hirao, Takeyuki Numata	Change in Metabolic Syndrome and Its Components with Lifestyle Modification in Japasene Men	INTERNAL MEDICINE	49	261-265	2010

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業）
分担研究報告書

20代から70代における身体活動量および身体活動強度が換気閾値（VT）に及ぼす影響

研究分担者 呉泰雄 松本大学 人間健康学部スポーツ健康学科 講師

研究要旨：本研究では、長野県在住の生活習慣病発症履歴のない健康な男性 121 名、女性 112 名（20 歳から 79 歳）の合計 233 名を対象とし、身体組成・体力測定・身体活動量を測定した。その結果、加齢による身体組成の変化で男性では身長・除脂肪量が有意に低下し、BMI・腹囲・脂肪量・皮下脂肪厚が有意に高くなった（ $p < 0.05$ ）。一方、女性では加齢による変化は認められなかった。また、日常生活活動をライフコーダで計測し、歩数、エクササイズ、強度別の身体活動時間、消費カロリーを計測した。なお、有酸素能力の指標である最大酸素摂取量を計測し、換気閾値（VT）を算出して身体活動量および身体活動強度が VT に及ぼす影響を検討した。身体活動強度 3 メッツ以下を低強度、3 - 6 メッツを中強度、6 メッツ以上を高強度で分類したところ、男性の高強度の身体活動と VT のみで、正の相関関係が認められた（ $y = 1.6855x - 7.2356$, $r = 0.4$, $p < 0.05$ ）。以上の結果より、男性のみで加齢により身体組成で脂肪が増えることと有酸素能力の維持には身体活動強度が影響することが明らかになった。

A. 研究目的

現在、本邦では脳卒中や心臓病などの生活習慣が影響して発症する生活習慣病の原因として、メタボリックシンドローム(内臓脂肪症候群)が問題視されている。そこで 2006 年 7 月に厚生労働省により、メタボリックシンドロームひいては生活習慣病の予防するために必要な運動量の目安を示した「健康づくりのための運動指針 2006(エクササイズガイド 2006)(以下 Ex2006 とする)」が発表された。生活習慣病を予防するために、週当たり 23Ex の活発な身体活動そのうち 4Ex の活発な運動を行うことを目標としたものが Ex2006 である。

換気閾値（VT）は、運動による傷害や事故の発生リスクの高い者に対して、有酸素性運動を

安全に実施することができる強度の上限と定義されており、運動処方のための正確で信頼できる運動強度の基準と考えられている。また、体力の一要素である全身持久力の指標としても認められている。しかしながら、運動習慣や VT によって定義された有酸素性体力と身体活動強度との関係は十分に議論されていない。そこで、本研究では身体活動量および身体活動強度が最大酸素摂取量に及ぼす影響を検討することを目的とした。

B. 研究方法

1. 対象者

長野県在住の生活習慣病発症履歴のない健康な男性 121 名、女性 112 名（20 歳から 79 歳）

の合計 233 名を対象とした。被験者の身体組成は、Table.1 に示した。本研究は、独立行政法人国立健康・栄養研究所「人間を対象とする生物医学的研究に関する倫理委員会」または松本大学「研究倫理委員会」の承認を受け、ヘルシンキ宣言の精神に則って行われた。被験者には、事前に測定の内容と内容を説明し、書面により同意を得た後に、後述する諸測定及び心肺体力（最大酸素摂取量）の測定を行った。

2. 測定項目

(1) 身体組成

身体組成は身長(cm)、体重(kg)、BMI(kg/m²)、体脂肪率(%)を測定した。身長(cm)の測定には全自動身長体重計(株式会社ヤガミ YKH-230P)を用い、体重(kg)、BMI(kg/m²)、体脂肪率(%)の測定には立位式の生体電気インピーダンス法に基づく体脂肪計(TANITA BC-118E)を用いた。

Table1. Body characteristics of subjects

Group	n	Age	Height(cm)	BW(kg)	BMI(kg/m ²)	Waist(cm)	FV(kg)	LBW(kg)	AF(%)
male 20-30years	51	29.8±3.8	171.9±6.7	64.8±9.5	21.8±2.9	77.0±7.6	10.1±4.7	54.7±5.7	31±5.3
40-50years	43	44.9±4.9**	169.9±5.9	69.2±8.5**	24.1±2.2**	83.2±8.5**	13.4±3.2**	58.0±4.9	14.8±4.4**
60-70years	25	64.5±10.0***	162.7±5.8***	65.7±7.5	25.3±2.1***	89.5±10.3***	15.1±3.9**	51.7±4.4**	15.2±4.4**
Total	121	44.9±15.9	169.9±7.9	68.7±9.9	23.5±3.2	81.8±9.1	12.4±3.6	54.8±5.9	17.8±4.7
Female 20-30years	41	29.0±7.0	158.1±4.9	51.8±8.4	20.7±2.3	71.8±8.0	13.9±4.3	37.7±3.0	12.8±5.9
40-50years	45	46.1±6.9**	158.9±4.4	53.7±8.3	21.8±2.2	75.1±7.6	14.8±5.8	38.8±2.3	12.8±5.8
60-70years	13	65.8±4.8***	153.1±4.8***	59.8±4.6	23.5±2.8	79.8±10.2***	14.7±5.8	34.2±2.2**	12.8±4.8
Total	119	45.8±15.8	157.8±4.8	52.3±8.8	21.7±2.2	75.0±8.9	14.4±5.7	37.8±3.1	12.8±4.8

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

(2) 体力測定

最大酸素摂取量(ml/w/min)の測定には自転車エルゴメーター(MONARK Cardio care 828E)を用いて Breath by breath 法で行った。換気閾値

(VT) は、運動負荷中の VO₂ の増加に対して VCO₂ が急激に増加するポイント、もしくは VE/VCO₂ が不変で VE/VO₂ が上昇するポイントとした。自転車エルゴメーターのサドル高は、被験者の脚長に合わせて設定し、ペダルが最下部に達した時に膝が伸びきらないように設定した。測定のプロトコルについては、多段階漸増負荷法を用いた。なお、測定中は心電図および心拍数・自覚的運動強度(Ratings of Perceived Exertion : RPE)を連続観察し危険防止に努めた。

(3) 身体活動

身体活動強度(低強度 : Low intensive・中強度 : Middle intensive・高強度 : High intensive)・歩数・カロリー消費量・エクササイズ(MET s・時/週(Ex))の測定には、加速度計付歩数計(株式会社スズケン Lifecorder@PLUS、以下ライフコーダとする)を用いた。

対象者には、起床してから就寝するまでを完全な1回としそれを最低7回、ライフコーダを右または左の腰部のいずれかに装着させた。また、入浴時の装着はしないものとした。なお、本研究では 6Mets 以上の活動を高強度活動、3Mets 以上 6Mets 未満の活動を中強度活動、3Mets 未満の活動を低強度活動とした。

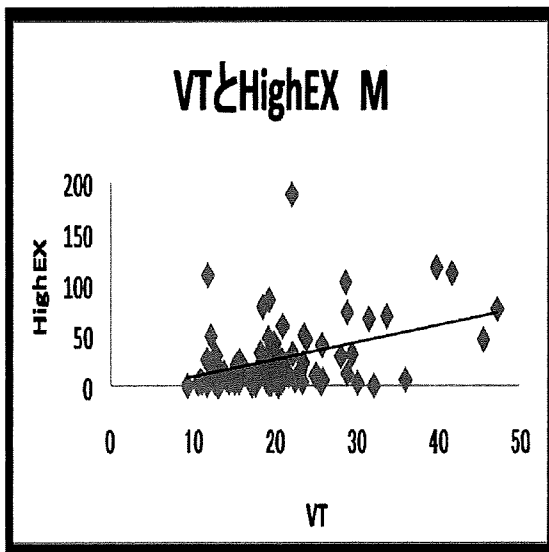
3. 統計解析

2 群間の比較は対応なしの T 検定で行い、多群間比較には Fisher の PLSD で行った。すべての統計解析は、Stat View5.0 を用いた。統計的有意水準は、p<0.05 とした。

C. 研究結果と考察

本研究では、長野県在住の生活習慣病発症履歴のない健康な男性 121 名、女性 112 名 (20 歳

から 79 歳) の合計 233 名を対象とし、身体組成・体力測定・身体活動量を測定した。加齢による身体組成の変化で男性では身長・除脂肪量が有意に低下し、BMI・腹囲・脂肪量・皮下脂肪厚が有意に高くなった。女性では加齢による変化は認められなかった。また、日常生活活動をライフコーダで計測し、歩数、エクササイズ、強度別の身体活動時間、消費カロリーを計測した。なお、有酸素能力の指標である最大酸素摂取量を計測し、換気閾値 (VT) を算出して身体活動量および身体活動強度が VT に及ぼす影響を検討した。身体活動強度 3 メッツ以下を低強度、3-6 メッツを中強度、6 メッツ以上を高強度で分類したところ、男性の高強度の身体活動と VT のみで、正の相関関係が認められた ($y = 1.6855x - 7.2356$, $r = 0.4$)。これにより、本研究では、男性のみで加齢により身体組成で脂肪が増えることと有酸素能力の維持には身体活動強度が影響することが明らかになった。



D. 結論

本研究では、男性のみで加齢により身体組成で脂肪が増えることと有酸素能力の維持には身体活動強度が影響することが明らかになった。

E. 研究発表

1. 論文発表

1) Gando Y, Kawano H, Yamamoto K, Sanada K, Tanimoto M, Oh T, Ohmori Y, Miyatani M, Usui C, Takahashi E, Tabata I, Higuchi M, Miyachi M. Age and cardiorespiratory fitness are associated with arterial stiffening and left ventricular remodelling. *J Hum Hypertens*. 2010 Mar; 24(3): 197-206

2. 学会発表

1) 地方在住の 20 代から 70 代における身体活動量および身体活動強度が換気生閾値 (VT) に及ぼす影響、第 64 回日本体力医学会大会、2009 年 9 月

2) 肥満アメリカフットボール選手の身体組成と体力特性に関する研究、第 64 回日本体力医学会大会、2009 年 9 月

3) 長野県の 20 代から 70 代における身体活動量および身体活動強度が換気生閾値 (VT) に及ぼす影響、平成 21 年度健康づくり研究討論会、2010 年 2 月

F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
呉泰雄		呉泰雄、仲立貴、中島節子	健康運動指導士試験対策問題集	ほおずき書籍株式会社	長野	2010	

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Gando Y, Kawano H, Yamamoto K, Sanada K, Tanimoto M, <u>Oh T</u> , Ohmori Y, Miyatani M, Usui C, Takahashi E, Tabata I, Higuchi M, Miyachi M.	Age and cardiorespiratory fitness are associated with arterial stiffening and left ventricular remodelling.	J Hum Hypertens.	24(3)	197-206	2010

自体重負荷を用いたレジスタンストレーニングによる筋力向上の決定要因に関する研究

研究分担者 福永哲夫 鹿屋体育大学 学長

目的；本研究の目的は、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングによる筋力向上の決定要因を明らかにすることである。*方法*；65歳から74歳までの高齢女性17名を対象に、6ヶ月間の日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングを行った。トレーニングとして採用した動作は、椅子の座り立ち動作、座位姿勢での膝関節屈曲・伸展動作、立位姿勢での股関節屈曲・伸展動作であった。被検者には、それらのトレーニング動作を毎日2セット(16回/セット)以上行い、毎日のトレーニングセット数を記録帳に記載するように指示した。トレーニング前(Pre)、トレーニング開始から3ヵ月後(Mid)および6ヵ月後(Post)に、超音波診断装置を用いて膝関節伸展筋群の筋厚を、静的筋力測定装置を用いて膝関節伸展筋力をそれぞれ測定した。また、10回の椅子の座り立ちに要する時間を測定した。*結果と論議*；6ヶ月間のトレーニングプログラムは、膝関節伸展筋力および体重当たりの膝関節伸展筋力を16.8%および18.4%増加させた。膝関節伸展筋群の筋厚は、6ヶ月間のトレーニングによって増加傾向を示した($P = 0.066$)。10回の椅子の座り立ちに要する時間は、6ヶ月間のトレーニングによって6.3秒有意に短縮した。トレーニング開始から3ヶ月間の体重当たりの膝関節伸展筋力の変化率は、Preにおける体重当たりの膝関節伸展筋力と相関傾向($r = -0.471$, $P = 0.076$)を、トレーニング量と有意な相関関係($r = 0.693$, $P = 0.004$)をそれぞれ示した。トレーニング後半3ヶ月間の体重当たりの膝関節伸展筋力の変化率は、Midにおける体重当たりの膝関節伸展筋力と有意な相関関係($r = -0.721$, $P = 0.001$)を示したが、トレーニング量とは有意な相関関係が認められなかった。*まとめ*；本研究の結果から、体重当たりの膝関節伸展筋力が低い者ほど自体重負荷を用いたレジスタンストレーニングによる筋力の向上が大きいことが明らかとなった。さらに、トレーニング初期ではトレーニング前の体重当たりの膝関節伸展筋力だけでなくトレーニング量が筋力向上に影響することが明らかとなった。

A. 研究目的

骨格筋の力発揮能力は、加齢により低下する(Hurley, 1995; Lynch et al., 1999; Janssen et al., 2000)。特に、膝関節伸展筋群は、他の上肢および下肢筋群と比較して加齢による低下が大きい(Lynch et al., 1999; Janssen et al., 2000)。

高齢者では、膝関節伸展筋群の力発揮能力の低下は、日常生活動作遂行能力の低下と関連がある(Buchner et al., 1996; Ferrucci et al., 1997; Landers et al., 2001)。したがって、高齢者の膝関節伸展筋の力発揮能力を改善させることは重要である。

高齢者を対象とした中強度および高強度のレジスタンストレーニングプログラムは、膝関節伸筋の力発揮能力を改善するために効果的であることは多くの先行研究で報告されている (Frontera et al., 1988; Fiatarone et al., 1990; Hunter et al., 1995; Häkkinen et al., 1998; Ferri et al., 2003; Reeves et al., 2004)。しかしながら、そのような方法は、トレーニング器具が必要で、費用もかかる。そのため、誰もが容易に実施することが困難である。日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングの効果を明らかにした研究がいくつかあるが、その効果を認める報告 (Aniansson and Gustafsson, 1981; Kubo et al., 2003) とそうでないもの (Rook et al., 1997; de Vreede et al., 2005; Kubo et al., 2008) に分かれる。

日常生活動作中の膝関節伸筋群の筋活動は、膝関節伸筋の力発揮能力が低い者ほど高い (Takai et al., 2008)。換言すると、日常生活動作が、トレーニング動作として採用された場合、主働筋に対するトレーニング強度は膝関節伸筋の力発揮能力が低い者ほど高い。したがって、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングの効果は、力発揮能力に依存する可能性がある。Yamauchi et al. (2009) は、脚伸筋力当たりの体重の初期値とトレーニングによるその変化との間に相関関係が認められることを報告している。しかしながら、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングの効果と下肢筋群の力発揮能力の初期値との関係を明らかにした研究は少ない。

トレーニングプログラムを構成する要因として、トレーニング強度だけでなくトレーニング量が関与している。中強度および高強度のトレ

ニングを用いた先行研究では、膝関節伸筋の力発揮能力に対するトレーニング効果は、トレーニング量よりもトレーニング強度に依存することが明らかになっている (Smith and Melton, 1981; Westcott et al., 1989; Starkey et al., 1996)。しかしながら、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングによる筋力改善に対するトレーニング量の影響について検討した研究はない。

そこで、本研究は、高齢者の膝関節伸筋の力発揮能力に対する日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングの効果に影響する要因を明らかにすることを目的とする。

B. 研究方法

○ 被検者

被検者は、65 歳から 74 歳までの運動習慣のない前期高齢者 17 名であった。被検者の年齢、身長、体重の平均値および標準偏差は、 69.0 ± 2.8 歳、 152.8 ± 5.0 cm、 55.9 ± 6.9 kg であった。被検者はすべて、心臓血管、代謝系および免疫系の障害および整形外科的異常がないものであった。被検者には、事前に本研究の目的および測定内容を説明し、書面で測定参加の同意を得た。なお、本研究は、早稲田大学人間科学学術院の倫理委員会の承認を得たうえで実施した。

○ 実験プロトコル

被検者は、6 ヶ月間の自体重負荷トレーニングプログラムに参加した。トレーニングプログラムは、椅子の座り立ち動作、座位姿勢での膝関節伸筋および屈曲動作、立位姿勢での股関節屈曲・伸展動作の 3 種目から構成された (Fig. 1)。

被検者には、それぞれの動作を毎日2セット(16回/セット)以上行うように指示し、毎日のトレーニング量を事前に渡した記録帳に記載させた。すべての被検者は、週に6日自宅でトレーニングを行い、週に1日地域の体育館で行われた運動教室に参加した。その教室で、被検者は、上述したトレーニングプログラムといくつかのレクリエーションを行った。

○ トレーニング効果の測定

トレーニング前(Pre)、トレーニング開始3ヵ月後(Mid)および6ヵ月後(Post)に以下の項目の測定を行った。

・膝関節伸展筋群の筋厚

Bモード超音波装置(SSD-900、ALOKA社製、Japan)を用いて、膝関節伸展筋群の筋厚を測定した。測定方法は、Abe et al. (1994)と同様であった。被検者の測定姿勢は両足肩幅程度の開いた直立姿勢であった。膝関節伸展筋群の筋厚の測定部位は、大腿長(大転子から膝下皺までの50%であった。

・等尺性膝関節伸展筋力(knee joint extension force: KE)

等尺性筋力測定装置(VTK-002R/L、VINE社製、Japan)を用いて、膝関節伸展における最大随意収縮トルクの測定を行った。膝関節伸展トルクの測定姿勢は、股関節および膝関節角度90度(完全伸展位:0度)の座位姿勢とし、足首を固定具で筋力計のレバーアームに固定した。測定は右脚について行った。試行前に、被検者には十分なウォーミングアップを行わせた。被検者は、動作に慣れるために、主観的に最大努力の50~80%の強度で2~3回練習を行った。被検者

には全力で約2~3秒間力発揮するように指示した。最大随意収縮トルクの測定は2回行った。疲労の影響をなくすために、各試行間には1分以上の休息を設けた。得られた信号は、増幅器(DPM-611A, Kyowa, Japan)を介して増幅し、AD変換器(Power Lab/16SP, ADInstruments社製)を介して、サンプリング周波数100 Hzでパーソナルコンピュータに記録した。得られたトルクデータに20 Hzのローパスフィルタをかけた後、トルク曲線における極大値を最大随意収縮膝関節伸展トルクとして求めた。得られた膝関節伸展トルクは下腿長(膝皺から外果までの距離)で除し、膝関節伸展筋力を求めた。膝関節伸展筋力は、体重で除した(KE/BM)。以下に述べる理由からPreにおける膝関節伸展筋力の2名分のデータを除外した。1名は、力発揮によって膝痛が生じる可能性を危惧し、Pre時のKEの測定を実施しなかった。もう1名は、Pre時の値が平均値および標準偏差の値と比較して大きく外れていたため除外した。

・椅子の座り立ちテスト

被検者には、椅子に座って、そこから立ち上がる動作をできるだけ早く10回繰り返すように指示した。椅子の高さは、40 cmであった。被検者は、検者の合図によって試行を開始した。テスト実施中、検者は被検者の臀部が椅子に触れたこと、および立ち上がったときに膝が完全に伸展していることを確認した。10回の椅子の座り立ちに要する時間は、ストップウォッチを用いて計測した。被検者は、2回の試行を行った。試行間の休息は1分以上とした。2回の試行のうち、早い方の時間を採用した。

○ 統計処理

すべての測定結果は、平均値±標準偏差で表した。すべての変数の Pre、Mid および Post 間の差は、反復測定による 1 元配置の分散分析を用いて検定された。F 値が有意な場合に、Tukey 法による多重比較を行った。トレーニング開始から 3 ヶ月間およびトレーニング後半 3 ヶ月間のトレーニング量の差は、対応のある t 検定を用いた。KE/BM、トレーニング量とトレーニングによる KE/BM の変化率との関係は、ピアソンの積率相関係数を用いた。また、ステップワイズ法による重回帰分析を用いて、KE/BM およびトレーニング量が、トレーニングによる KE/BM の変化率を予測するための独立変数であるかどうかを検討した。また、トレーニング前半 3 ヶ月の KE/BM とその変化率との間の関係から得られた回帰式の傾きと切片が、後半 3 ヶ月のそれらと差があるかどうか調べた。統計処理には統計解析ソフト(SPSS12.0J, SPSS Japan, Japan)を用いた。いずれの場合も有意水準は、危険率 5%未満とした。

C. 研究結果

Table 1 に、すべての測定結果の平均値±標準偏差を示した。体重は、Pre と比較して Post で有意に低下した($P = 0.018$)。膝関節伸展筋群の筋厚は、6 ヶ月のトレーニングによって増加傾向であったが、有意ではなかった($P = 0.066$)。体重当たりの膝関節伸展筋の筋厚は、トレーニングによって Pre と比較して 5.9%増加した($P = 0.004$)。KE および KE/BM は、3 ヶ月間では有意に変化しなかったが、Post では Pre と比較してそれぞれ 16.8%および 18.4%有意に増加した。10 回の椅子の座り立ちに要する時間は、6.3 秒

有意に早くなった(Pre: 14.7 ± 3.8 秒、Post: 8.3 ± 1.0 秒)。

トレーニング開始から 3 ヶ月間のトレーニング量とトレーニング後半 3 ヶ月間のそれとの間に有意な差は認められなかった。トレーニング開始から 3 ヶ月間の KE/BM の変化率は、Pre の KE/BM と相関傾向($r = -0.471$, $p = 0.076$)を示し、トレーニング量との間に有意な相関関係($r = 0.693$, $p = 0.004$)を示した(Fig. 2)。トレーニング後半 3 ヶ月間では、トレーニングによる KE/BM の変化率と Mid の KE/BM との間には有意な相関関係が認められた($r = -0.721$, $p = 0.001$)が、トレーニング量との間には有意な関係が認められなかった(Fig. 3)。トレーニング開始から 3 ヶ月間の KE/BM の変化率と Pre の KE/BM との関係から得られた回帰式の傾きと切片は、トレーニング後半 3 ヶ月間のそれらとの間に有意な差は認められなかった。ステップワイズ法による回帰分析の結果、Pre の KE/BM および前半 3 ヶ月間のトレーニング量は、トレーニング開始から 3 ヶ月間の KE/BM の変化率を説明する変数であることが示された。KE/BM に対するそれぞれの貢献度は、Pre の KE/BM では 21%、トレーニング量では 47%であった。

D. 考察

本研究で得られた主な知見は、6 ヶ月間の日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングが、体重当たりの膝関節伸展筋力の低い者ほど筋力を向上させることと、トレーニング初期では体重当たりの膝関節伸展筋力の初期値だけでなくトレーニング量が、筋力向上に関与することである。本研究の結果は、先行研究で報告されている自体重負荷トレーニングによる筋力に対す

る効果(Aniansson and Gustafsson, 1981; Rook et al., 1997; Kubo et al., 2003; de Vreede et al., 2005; Kubo et al., 2008)における結果の不一致が、被検者の力発揮能力の初期値およびトレーニング量の違いによるものであることを示唆している。

膝関節伸筋群の筋厚は、6ヶ月間のトレーニングによって有意な増加を示さなかったが、体重当たりの筋厚は有意に増加した。これは、体重の減少によるものであると考えられる。若齢者を対象としたレジスタンストレーニングの報告では、低強度よりも高強度で行ったほうが、大腿四頭筋横断面積の変化が大きい(Holm et al., 2008)。さらに、中強度のレジスタンストレーニングよりも高強度のレジスタンストレーニングのほうが高齢者の筋肥大が大きい(Kalaphotharakos et al., 2004)。これらの先行知見から考えると、本研究のトレーニングプログラムのトレーニング強度は、膝関節伸筋群の筋肥大をもたらすのに十分でなかった可能性がある。一方で、6ヶ月間のトレーニングは、膝関節伸筋力(16.8%)および体重当たりの膝関節伸筋力(18.4%)を増加させた。それらの増加の程度は、先行研究で報告されている増加の程度と同程度であった(9-22%)(Aniansson and Gustafsson, 1981; Kubo et al., 2003)。筋肥大のない筋力の増加は、主働筋の筋活動の増加によるものである(Häkkinen et al., 1998, Cannon et al., 2007)。

体重当たりの膝関節伸筋力がトレーニングによる体重当たりの膝関節伸筋力の変化率と関係があった。このことは、先行知見(Yamauchi et al., 2009)と一致した。先にも述べたように、日常生活動作中の筋活動水準は、体

重当たりの膝関節伸筋力と関係がある(Takai et al., 2008)。このことは、膝関節伸筋力の発揮能力が低い者ほど、日常生活動作中の主働筋の相対強度が大きくなることを示している。したがって、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングによる筋力に対する効果は、体重当たりの膝関節伸筋力が低い者ほど高かったと考えられる。さらに、トレーニングによる体重当たりの膝関節伸筋力の変化率とその初期値との間の回帰式とx軸との交点は、理論的にトレーニングによって体重当たりの膝関節伸筋力の改善が期待できる閾値と考えることができる。本研究では、トレーニング開始から3ヶ月間とトレーニング後半3ヶ月間の体重当たりの膝関節伸筋力の変化率とその初期値との間の回帰式の傾きと切片に有意な差が認められなかった。このことは、少なくとも6ヶ月間のトレーニング期間内では、体重当たりの膝関節伸筋力が改善できる閾値(約0.5 kg/kg)は同じであることを示している。

中強度および高強度のレジスタンストレーニングに関する先行研究では、力発揮能力の改善は、トレーニング量に関わらずトレーニング強度に依存する(Smith and Melton, 1981; Westcott et al., 1989; Starkey et al., 1996)。しかしながら、本研究ではステップワイズ法による重回帰分析の結果、トレーニング初期では体重当たりの膝関節伸筋力の初期値だけでなくトレーニング量が、トレーニングによる膝関節伸筋力の変化率に貢献することを示した。さらに、トレーニング初期の筋力改善を説明する因子の貢献度は、体重当たりの膝関節伸筋力の初期値(21%)よりもトレーニング量(47%)のほうが高かった。このことは、日常生活動作を用

いた自体重負荷トレーニングによるトレーニング初期の筋力改善には、トレーニング量が重要であることを示している。

2) 高井洋平 (2009) 日常生活動作を利用したレジスタンストレーニングの有用性。早稲田大学スポーツ科学研究科学位論文

E. 結論

本研究の目的は、日常生活動作を用いた自体重負荷トレーニングによる筋力向上の決定要因を明らかにすることであった。その結果、6ヶ月間のトレーニングは、膝関節伸筋の力発揮能力の低い者ほど筋力を増加させる。さらに、トレーニング初期の筋力増加は、体重当たりの膝関節伸筋力の初期値と同様にトレーニング量も影響する。

F. 研究発表

論文発表

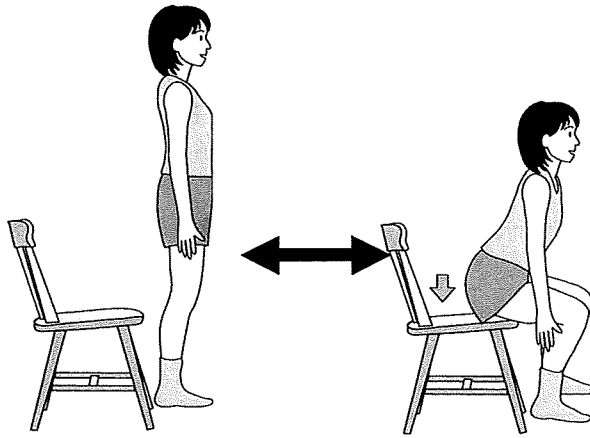
1) Yohei Takai, Megumi Ohta, Ryota Akagi, Hiroaki Kanehisa, Yasuo Kawakami, Tetsuo Fukunaga: Sit-Stand Test to Evaluate Knee Extensor Muscle Size and Strength in the Elderly: A Novel Approach. *J Physiol Anthropol.* 28(3): 123-128, 2009

G. 知的財産権の出願・登録状況

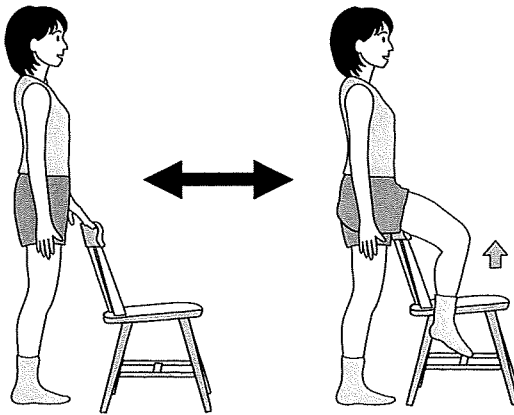
なし

参考文献

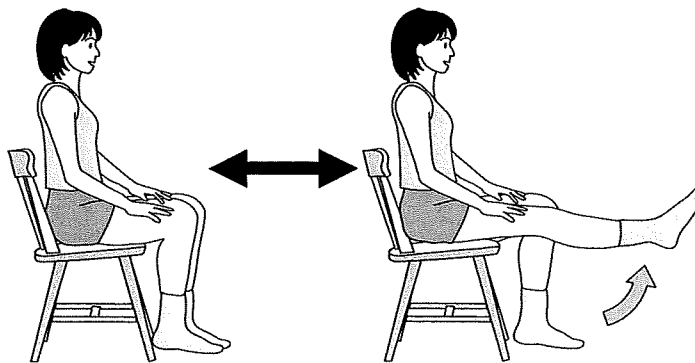
1) Takai Y, Sawai S, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. (2008) Age and sex differences in the levels of muscular activities during daily physical actions. *IJSHS*, 6: 169-183.



A. 椅子の座り立ち動作



B. 股関節の屈曲および伸展動作



C. 膝関節の伸展および屈曲動作

Figure 1. トレーニング種目

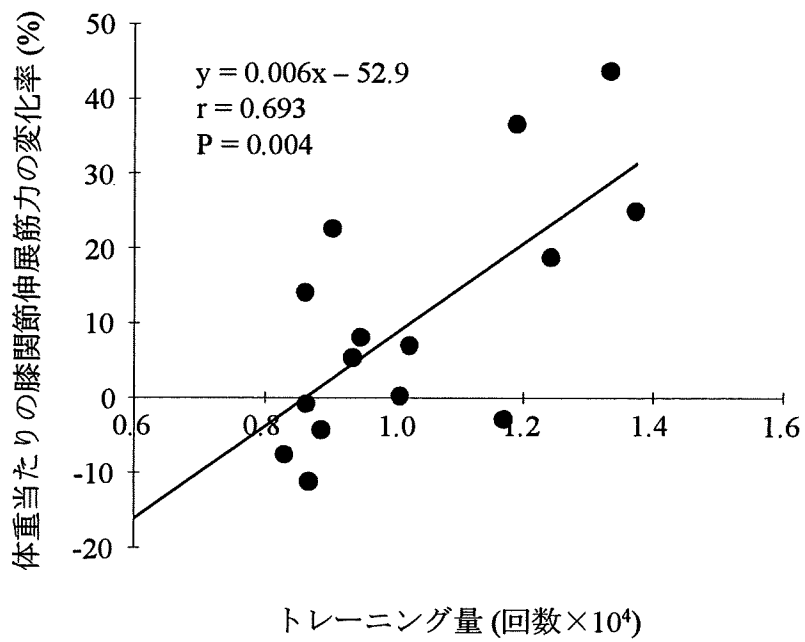
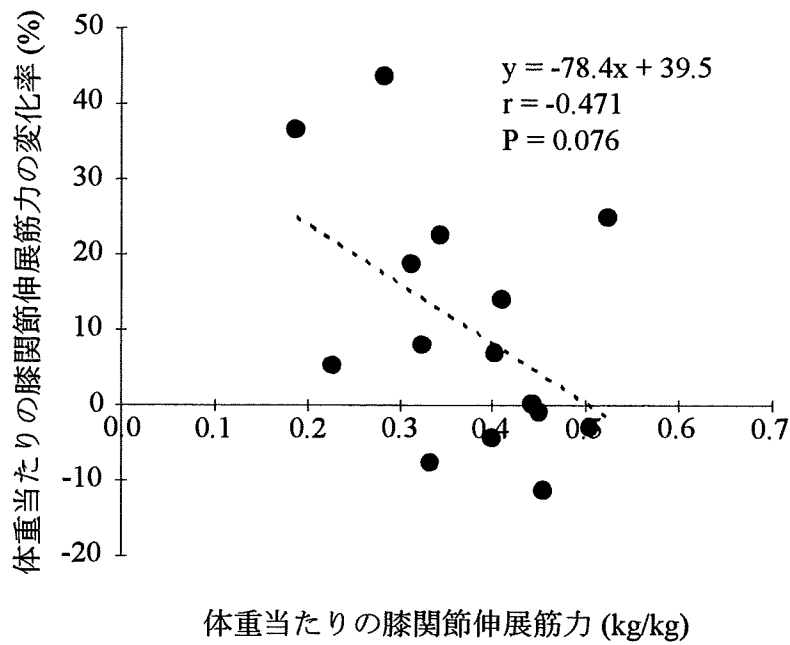


Figure 2. 体重量当たりの膝関節伸展筋力(上段)、トレーニング量(下段)および体重量当たりの膝関節伸展筋力の変化率との関係(トレーニング前半3ヶ月間)

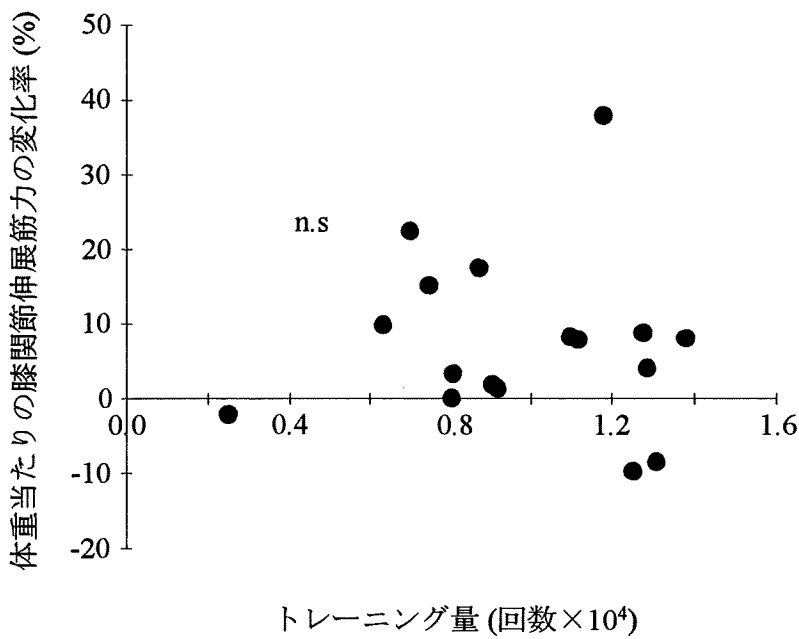
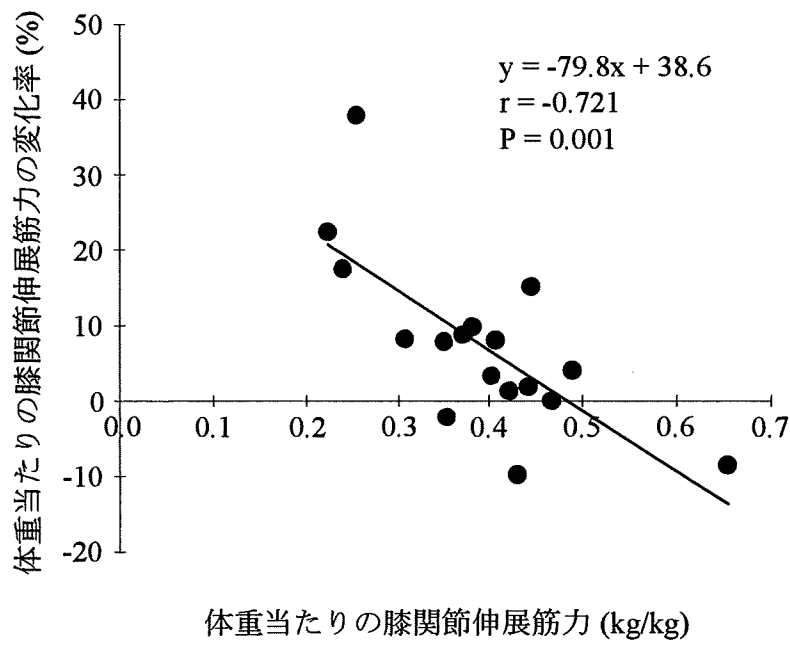


Figure 3. 体重当たりの膝関節伸展筋力(上段)、トレーニング量(下段)および体重当たりの膝関節伸展筋力の変化率との関係(トレーニング後半3ヶ月間)

Table 1. 被検者の身体特性

	Pre	Mid	Post
年齢 (yrs)	69.0 ± 2.8	69.4 ± 3.0	69.6 ± 2.9
身長 (cm)	152.8 ± 5.0	152.8 ± 5.0	153.0 ± 5.0
体重 (kg)	55.9 ± 6.9	55.7 ± 6.5	55.0 ± 6.6 †
筋厚 (cm)	3.9 ± 0.5	4.0 ± 0.5	4.0 ± 0.5
体重当たりの筋厚 (cm/kg ^{1/3})	0.21 ± 0.03	0.22 ± 0.03	0.22 ± 0.03 †
KE (kg)	20.7 ± 4.9	22.3 ± 4.0	23.3 ± 3.4 †
KE/BM (kg/kg)	0.37 ± 0.10	0.40 ± 0.10	0.43 ± 0.08 †

値は平均値 ± 標準偏差

筋厚：膝関節伸展筋群の筋厚

KE：膝関節伸展筋力

BM：体重

研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Takai Y, Ohta M, Akagi R, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T.	Sit-to-stand test to evaluate knee extensor muscle size and strength of the elderly. A novel approach.	J Physiol Anthropol	28(3)	123-128	2009