

平成 5 年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No. IX 中高年者の筋機能向上に関する研究

——第 1 報——

財団法人 日本体育協会
スポーツ科学委員会

オートレース公益
資金補助事業

平成5年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.IX 中高年者の筋機能向上に関する研究

—第1報—

報告者 (財)日本体育協会・中高年者の筋機能向上に関する研究班
班長 加賀谷淳子¹⁾
班員 江橋 博²⁾ 沢井 史穂³⁾ 田畠 泉⁴⁾ 福永 哲夫⁵⁾
担当研究員 雨宮 輝也 (日本体育協会スポーツ科学研究所)

1. 緒言

中高年者が健康のために行う運動としては、有酸素性運動が推奨されてきた。そして、その効果や運動処方の基準はかなり明確に提示されている。しかし、加齢による筋機能の低下は、ヒトの行動力を低下させ、生活の質を劣化させるばかりでなく、高齢になってから自立した生活を送るための阻害因子にもなると危惧される。アメリカスポーツ医学会がその指針の中に、筋量を高め、筋機能を維持することをねらいとするレジスタンストレーニングを加えたのも、呼吸循環系機能だけでなく筋機能を維持することが健康維持に貢献するとの見解によるものである。

筋機能を維持・向上させるための運動、特に筋量の低下防止に役立つ運動の中心は、大きな筋力・筋パワーを発揮するような運動であることは1960年代の Hettinger の研究から明らかにされている。しかし、このような運動は心血管系に大きなストレスを与え、特に血圧の上昇を引き起こすので、加齢と共に安静時血圧が高くなる中高年者には危険を伴うと考えられる。そこで、心血管系の負担が比較的低い負荷で、筋機能の向上をはかることが中高年者の運動に望まれるところである。しか

し、この点に関しては、これまで十分明らかにされていない。一方、ヒトの筋機能の維持・向上をめざした運動として、中高年者が行うべき筋運動はどの要因一すなわち、力、スピード、持久力の向上をめざすべきかについても明らかではない。

本プロジェクトは、中高年者の筋機能の実態を明らかにし、筋機能向上のための至適運動負荷設定法を明らかにすることを目的としている。平成5年度は、筋活動の負荷強度と呼吸循環系応答の関係を明らかにする(加賀谷、田畠)こと、加齢に伴う筋形態、筋パワー、骨密度変化の相互関係およびそれに対する運動習慣の有無の関係を明らかにする(福永、江橋)こと、さらに中高年者の筋機能を日常動作を用いて評価すること(沢井)をねらいをして研究を行った。

中高年者の筋機能トレーニングの負荷に関して加賀谷は活動的な40-59歳女性9名を被検者として、1 RM の40,60,80%負荷の動的脚伸展を10回繰り返して、筋放電量(外側広筋)、心拍数や最大血圧の変化を調べた。そして、40%と60%では大きな相違はないが、80%では循環系応答に大きな変化がみられ、脚伸展運動では、1 RM の60%か

1) 日本女子体育大学 2) スパフィットネス研究所 3) 慶應大学 4) 国立健康・栄養研究所 5) 東京大学

ら80%の間に循環系応答を変える臨界強度があることが明かになった。また、30,50%のハンドグリップ運動では最大、最小血圧ともに30%より50%強度で高くなり、最低血圧が動作間で低下した動的脚運動とは異なった結果が得られた。したがって、対象とする体肢や運動様式別に至適負荷を検討する必要があることも示唆された。

中高年者の健康増進のための筋力トレーニングの負荷に関して田畠は、中高年者が年齢に応じて、安全で健康増進に貢献する筋力トレーニング方法を明らかにするため、筋力トレーニングを構成する等尺性ハンドグリップ時の血圧および血圧に関するとされる血中物質の変化を観察した。その結果、同じ相対強度（最大筋力の30%）のハンドグリップ運動でも年齢が高いほど、血圧上昇反応が大きいので、年齢毎に筋力トレーニングの処方を考える必要があることが明らかになった。また血圧は40%強度から急上昇し、30%負荷では運動後逆に低下することも観察された。したがってハンドグリップ運動では、最大筋力の1/3程度であれば、中年者であってもそれほど危険ではないことが明らかになった。

中高年者の最大筋出力パワーと骨密度の実態を明らかにするため江橋はフィットネスクラブに所属する40-70歳代の男女207名と東京近隣の某村住民男女118名を対象に、最大筋出力パワーと骨密度（右足踵骨、アメリカ・オステン社製、オステオアナライザーシステムII）を測定した。その結果、最大筋出力パワーは肘屈曲、膝伸展、股関節屈曲、斜スクワットの4動作とも加齢による低下が見られた。しかし、フィットネスクラブ会員と某村住民とを比較すると男女とも有意差が見られなかった。これはフィットネス会員は有酸素的運動を主体としていたことによると考えられる。また、加齢による骨密度の低下は男子のフィットネス会員では小さいが、女性では運動実践よりも閉経の影響の方が大であった。また、筋パワーとの関係をみると、下肢筋群の発揮パワーが大きいほど骨密度が高いという結果が得られた。

また、福永は40-70歳までの男女300名を対象に超音波断層法による身体各部位の皮下脂肪厚と筋厚、および動作パワーを測定した。加齢に伴う皮

下脂肪厚の変化をみると、女性では僅かに減少するが、男性では有意な変化が見られなかった。しかし、筋厚はいずれの部位でも統計的に有意な減少がみられ、特に大腿前部（大腿四頭筋）の加齢に伴う減少が顕著であった（男性-5%，女性-10%）。筋線維角度は上腕三頭筋および外側広筋では加齢に伴い僅かに減少する傾向を示したが、筋線維長には加齢変化は明らかではなかった。また、肘関節および膝関節の伸展動作、股関節屈曲動作、スクワット動作のパワーはいずれも加齢によって減少し、その傾向は上肢よりも下肢において顕著であった。そして、加齢に伴うパワーの減少は主として速度の減少によって引き起こされることが明らかになった。

沢井は、中高年者の上・下肢の筋機能を、日常動作そのものを用いたパフォーマンステストで評価し、それらの動作の主働筋の最大パワーとの関係を、運動習慣のない群（N群=118名）と運動習慣のある群（T群=158名）について調べた。用いたパフォーマンステストは、1) 体重の10%に相当する負荷を肘関節90°で保持できる時間の測定、2) 一般建造物の1-30階分の階段登行に要する時間の測定、3) 椅座位から直立位になる動作を10回反復する時間、4) 階段1段分の高さの台を10回昇降する時間の測定であった。

以上のテストのうちほとんどすべてが加齢に伴って低下し、T群はN群より下肢のパフォーマンステストに優れていた。また、パフォーマンステスト結果はそれぞれの主要筋群の単あるいは多関節動作時におけるピークパワー（特に体重あたり）と高い相関が得られた。このうな結果は、中高年者が保持すべき上・下肢の筋機能のガイドライン作成のための基礎資料とすると考えられる。

以上のように、中高年者の筋厚は加齢に伴って、上肢よりも下肢、特に大腿前面部で顕著な減少をみせ、それが筋パワーや日常動作のパフォーマンスの低下につながっていることが示唆された。また、男性では、運動の実施は骨密度の低下を減少させることができることが示され、骨密度と筋パワーとは相関が見られたが、運動実施群が必ずしも筋パワーが

高いとはいはず、筋パワーを向上させるには、それに適した運動プログラムが必要であることが示唆された。一方、筋力トレーニングの負荷を循環系応答から検討すると、等尺性ハンドグリップ運動では最大筋力の40%以上、動的脚伸展運動では1 RM の80%で顕著な血圧変化が認められたので、中高年者の筋力トレーニング負荷は、ハンドグリ

ップ運動では最大筋力の30%以下、動的脚伸展運動では1 RM の60%以下が適当である可能性が示された。このような血圧変化には加齢による相違があり、また、身体の部位や運動様式によっても変わると考えられるので、性年齢別、部位別、運動様式別に至適運動負荷を決定する必要があると考えられる。

研究班長 加賀谷淳子

2. 中高年者の筋機能トレーニングの至適負荷に関する研究

報 告 者 加賀谷淳子¹⁾

研究協力者 本間 幸子¹⁾ 松垣 紀子¹⁾ 今西 鴻絵²⁾ 山本 幸弘³⁾
井田 薫²⁾ 作野美代子²⁾

目 的

活動的な生活を送るためには、体重を支えて活動する下肢の筋機能が十分に維持されている必要がある。筋力を高めるためには比較的高い張力を発揮するような負荷が用いられており^{1,5)}、そのようなトレーニングは筋力だけでなく、骨密度の向上にも効果のあることが報告されている⁵⁾。

一方、高い張力を発揮するような筋活動は、筋内圧を増加させて⁷⁾、末梢血管抵抗を上昇させる結果、血圧上昇を引き起こすことが明らかにされている³⁾。その傾向は若年者より中高年者に顕著であり、特に最大血圧での差が大きいとされている¹²⁾。したがって、中高年者の筋力や筋の作業能力の向上のための運動負荷はトレーニング効果の有無やその大きさの観点からだけでなく、安全の観点からの検討がなされなければならない。すでにこのような立場から、筋力トレーニングの負荷に関する研究もいくつか行われている^{5,12)}が、中高年者の筋力トレーニングの至適負荷選定法に関して十分な知見が得られているとは言えない。

そこで、本研究では、筋活動の強度を筋放電量から捉え、それらと循環系応答の関係を血圧や心拍出量から明らかにすることにより、中高年者の筋活動の負荷強度を循環系に対する負担度から検討することを目的としている。

方 法

1) 被検者

被検者は、シェイプアップを主たる目的としてトレーニングを行っている40-59歳の女性9名で

ある。被検者の年齢および身体的特性は表1に示す通りである。いずれも実験前に健康診断を実施し、被検者として運動を実施しても差し支えないことを確認した上で、実験内容を説明して、被検者となることの同意を得た。なお、被検者9名のうち、分析の対象としたのは動的伸展運動実験の呼吸循環系応答に関しては5名、筋放電量に関しては6名、掌握運動実験に関しては8名であった。

2) 実験方法

1) 動的脚伸展運動時の循環系応答および筋放電量の測定

A) 1RM の測定

被検者は椅子座位姿勢をとり、膝関節が90度になるような位置で足首にベルトを装着した。このベルトはワイヤーを介して、パワープロセッサー(Vine社製)に接続された。測定対象としたのは右脚であった。十分練習した後、日を変えて、1RM (1 Repetition Maximum, 1回動かすことのできる最大負荷) をパワープロセッサーを用いて次のようにして測定した。パワープロセッサーは電圧をあげることによって電気的抵抗を変更できるように作成されている。本研究では4 Vから開始して、1.0あるいは0.5Vずつ増加させた。被検者はパワープロセッサーの負荷に抗して、5秒に1回のテンポで、膝関節を90度から180度に伸展させる動作を約1秒間で実施した。動作は2回続けて行わせ、2回できなくなったところで中止して、1RMを決定した。中止の条件は被検者ができないと判断した場合、あるいは規定の角度の1/3以下しか伸展できなくなった場合とした。

1) 日本女子体育大学 2) トータルフィットネス研究所

3) 横河ヒューレットパッカード株式会社

表1 被検者の年齢と身体特性

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	筋厚(外側広筋) (mm)	心エコー		
					LVDd	LVDs	LVPWd
ST	44	146.7	40.2	*	3.38	2.20	.623
SK	48	159.1	55.2	16	4.99	2.75	.844
IS	48	147.6	45.2	20	3.88	2.37	.614
IK	57	158.3	67.8	24	5.00	3.00	.726
WT	59	154.8	47.0	*	4.56	2.68	.770
KW	46	159.5	52.8	16	4.55	2.91	.650
KT	48	155.5	53.5	20	4.81	2.71	.689
SI	43	156.4	53.2	22	4.26	2.63	.615
MY	49	155.4	51.4	19	4.85	2.74	.564
平均値	49.1	154.8	51.8	19.6	4.48	2.67	.677
標準誤差	1.7	1.5	2.4	1.1	0.17	0.08	.028

LVDd:拡張末期左室内径 (cm)
LVDs:収縮末期左室内径 (cm)
LVPWd:左室後壁厚 (cm)

B) 40, 60, 80%1RM の運動時の筋電図、血圧、心拍数、呼吸曲線の測定

筋力測定とは別の日に、3種の負荷で各10試行の脚伸展を実施した時の血圧、心電図、呼吸曲線および筋電図を記録した。被検者は実験装置を装着した後、パワープロセッサー付属の椅子で椅子位姿勢をとり、運動前の呼吸循環系パラメータの測定を3分間実施した。その後メトロノームにあわせて、5秒に1回、所要時間約1秒の脚伸展動作を10回繰り返した。なお、本装置は脚伸展動作中のみ抵抗がかかり、下腿を伸展前の位置(90°)に戻す時には抵抗はかかるないようになっている。本研究では負荷がかかっている時期を「脚伸展動作中」、脚を伸展前の位置に戻す時期を「動作間」と呼ぶことにする。運動後は3分間、回復期の測定を行った。負荷は求められた1RMの40, 60, 80%に相当するものとし、各負荷の間には十分な休息をおいた。

血圧は、Finapres (Ohmeda 社製) を使用して、心臓レベルに位置した左中指で1拍動毎に測定した。また、心電図、呼吸曲線をマルチテレメータシステム (WEB5000 日本光電社製) を用いて記録した。さらに、筋活動と呼吸循環系応答の時間関係を知るため、外側広筋から表面電極誘導法による筋電図を記録した。なお、以上のパラメータ

ーのアナログ信号はすべて、カセットデータレコーダー (TEAC XR-710) に収録し、実験後に分析した。運動中は筋放電の持続中放電休止期と/or 1パルスがどちらかの相に完全に入るパルスについて最大血圧、最小血圧を計測するとともに、心電図のR-R間隔から心拍数を求めた。本文中では筋放電に同期している血圧と心拍数を脚伸展動作中の値とし、筋放電消失期の値を動作間の値として示した。筋放電量の測定には、ホルター筋電計 (Mega Electronics, Kuopio, Finland) を用いて、双極誘導法による筋活動電位を右外側広筋の末梢部から導出した。筋電図の導出には直径20mmの表面電極 (Cristian Nissen, Finland) を使用し、サンプリング周波数は1000Hzで行い、測定周波数帯域は20-500Hzであった。動的脚伸展運動終了後に最大努力で等尺性の脚伸展を行わせて筋放電量を記録した。そして、Mega 解析システムを用いて1動作毎の積分値を求め、最大努力時の放電量を基準として標準化した相対値を算出した。最大努力時の積分値は放電が最大に達してから1秒間の値を使用した。

2) 静的掌握運動時の心拍数、血圧、1回拍出量の測定

9名のうち8名の被検者に、仰臥位での等尺性掌握運動を、ハンドエルゴメータを用いて行わせ

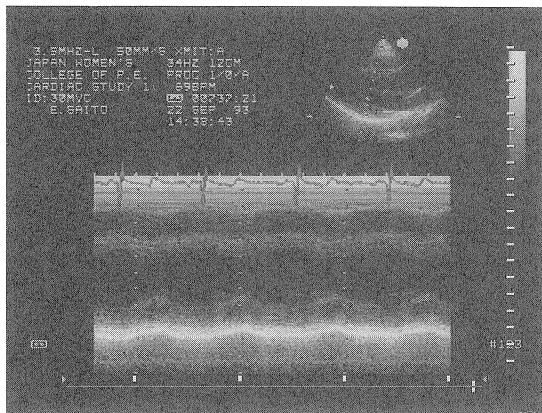


図 1 心エコー記録例

た。運動は握力の30%と50%に相当する負荷（3% MVC, 50% MVC）を60秒間保持するものとした。運動前3分のコントロール期から、運動終了後60秒間、体側肢の手指から血圧を測定（Finapres）して10秒ごとに平均値を求めた。また、心電図のR-R間隔から10秒ごとに心拍数を求めた。さらに、循環器用超音波診断装置（Sonos1000, YHP）を用いて、図1のような心エコー図を記録して、1回拍出量を求めた。

脚伸展中と動作間の各パラメータの比較は対応のあるt-testを用いて行い、負荷強度間のパラメータの比較には一元配置の分散分析を使用した。有意差があった場合にはScheffeの事後検定を適用した。

結果

1) 異なる強度の動的脚伸展運動中の筋放電量と呼吸循環系応答

図2は、動作毎の筋放電量積分値を示している。脚伸展1回目の相対的放電量は40%1RMでは49.5%，60%1RMでは58.6%，80%1RMでは63.7%であった。脚伸展を繰り返しても40%，60%負荷では変化が見られないが、80%1RMでは徐々に増加し、10回目には $90.1 \pm 9.7\%$ に達した。10回目の筋放電量積分値の平均値間に3強度間に有意差が見られた。放電持続時間は図3のような変化を示し、試行回数に伴う変化は見られなかった。平均放電時間は40%（ 1.16 ± 0.06 秒）に比べて60%（ 1.18 ± 0.02 秒）、80%（ 1.24 ± 0.06 秒）では延長し

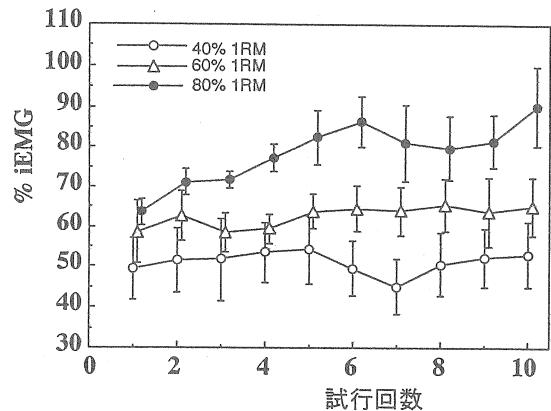


図2 強度別筋電団積分値の比較

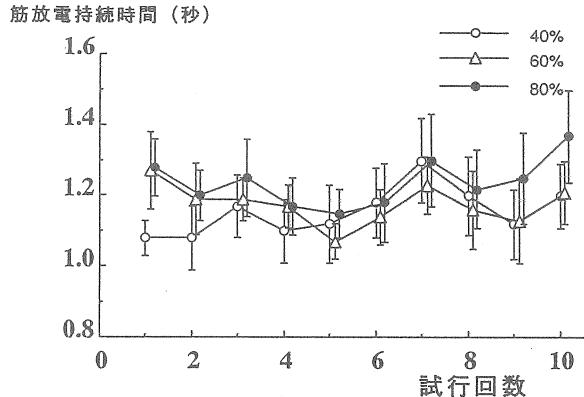


図3 1動作中の筋放電持続時間

た。しかし、本研究で指示した1秒の脚伸展にはほぼ近い筋放電時間を示した。

図4は外側広筋からの筋電図と血圧の記録例である。また、図5は筋電図の出現している脚伸展中と消失している動作間にわけて、心拍数、最大血圧、最小血圧の変化の例を負荷強度別に示したものである。時間経過に伴う変化をみると、心拍数と最大血圧は60,80%1RMの脚伸展動作の継続につれて高くなり、逆に最小血圧は低下する傾向を示した。また、血圧は最大、最小ともに、脚伸展動作中に高くなり、動作間には低下することが観察された。図6は時間経過に伴う心拍数の変化を平均値±標準誤差で示したものである。40,60%1RMの脚伸展運動中の心拍数は3-4試行後にはほぼ一定値に達したのに対して、80%1RMでは10試行目まで増加し続けた。10試行目の平均値

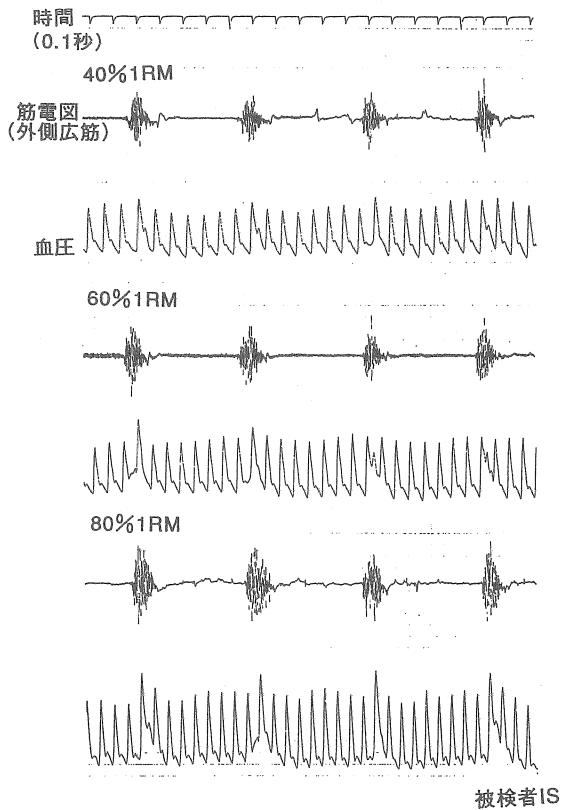


図4 動的脚伸展運動中の筋電図と血圧の記録例。

は強度間に有意差が見られ、80%1RM の心拍数 (107.8 ± 4.3 拍/分) は40% (96.2 ± 4.4 拍/分) と60% (97.4 ± 4.4 拍/分) 1RM に対して有意 ($p < 0.01$) に高かった。40,60%1RM の心拍数平均値間には有意差が見られなかった。

次に各被検者の試行回数 2 - 4 回, 5 - 7 回, 8 - 10 回の血圧の平均値を求め、それを被検者 5 名の平均値で比較した。図 7 は最大血圧の変化を示したものである。どの負荷強度においても、またどの試行においても、脚伸展動作中の最大血圧は伸展した脚をもとに戻す動作間にくらべて高い値を示した。そして、40% および 60%1RM では 8 - 10 試行目だけ有意差が見られたのに対して、80% 1RM ではすべての試行で脚伸展動作中の方が有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した。試行回数との関係をみると 40,60%1RM では試行間に有意な変化はみられないが、80%1RM では試行回数が増えるにつれて高くなつた。その傾向は、脚伸展動作中の

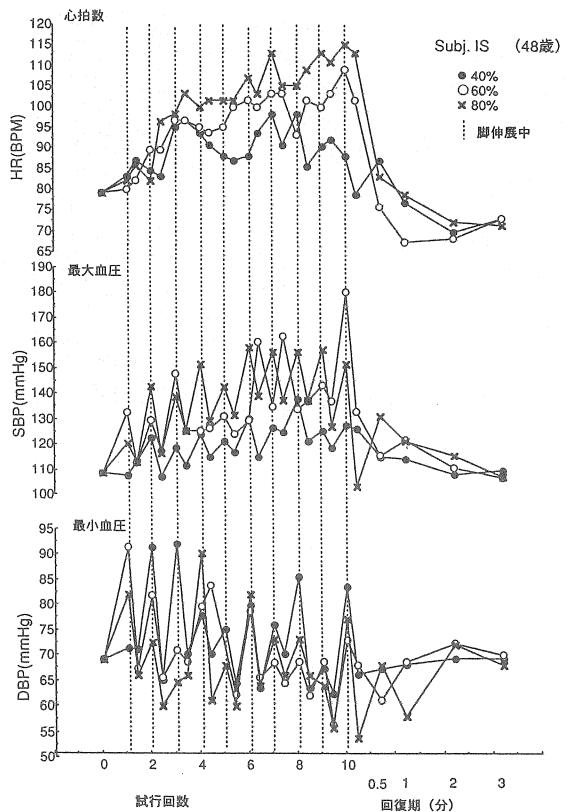


図5 脚伸展運動中の心拍数、最大血圧、最小血圧
(被検者 IS)

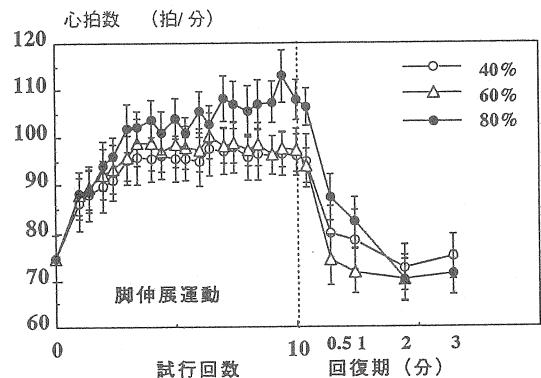


図6 3強度の脚伸展運動中の心拍数変化

最大血圧において顕著であり、8 - 10 試行目の値 (157.1 ± 6.6 mmHg) は 2 - 4 試行の値 140.5 ± 4.3 mmHg に対して有意 ($p < 0.01$) に高かった。最小血圧についても同様な処理をして比較したところ、60%1RM の 2 - 4 試行目を除き、すべての強度の試行で脚伸展動作中の値は動作間の値に対

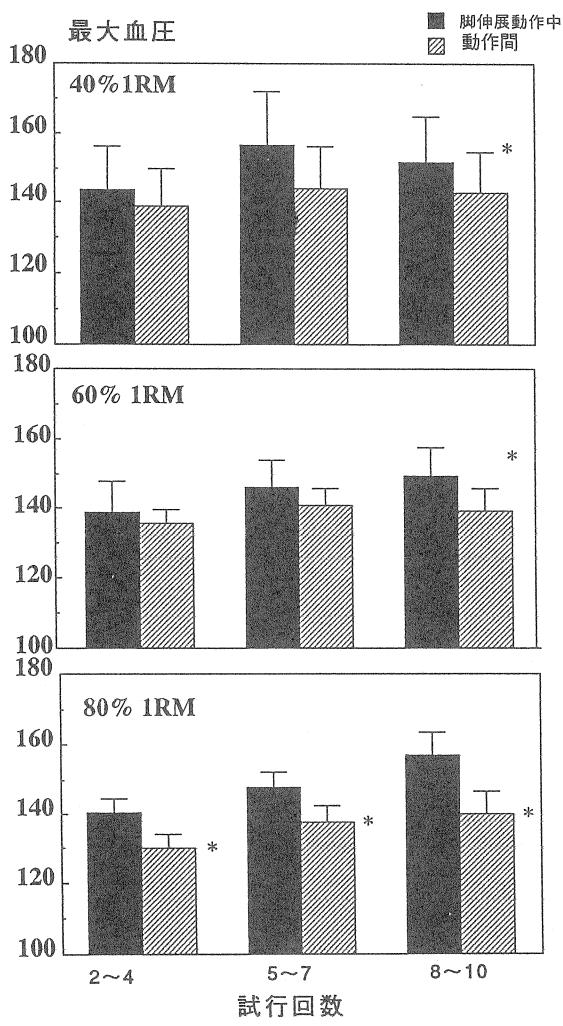


図7 試行回数別、動作中・動作間別最大血圧の比較

して有意に高かった。しかし、試行間の差は有意ではなかった。

図8は脚伸展動作中と動作間の最大・最小血圧を負荷強度との関係で示したものである。運動前の安静時に比べると最大血圧はどの強度でも上昇しているが、強度間には有意差が見られなかった。動作中の最小血圧は安静時に比べて有意な変化を示していないが、動作間の血圧はどの強度においても、有意 ($p < 0.05$) に低下していた。

一方、動作中の呼吸曲線から呼吸パターンを観察すると、図9のように80%1RMの後半の試行時には、それまでの呼吸のリズムが脚伸展時に崩れる例が多く観察された。

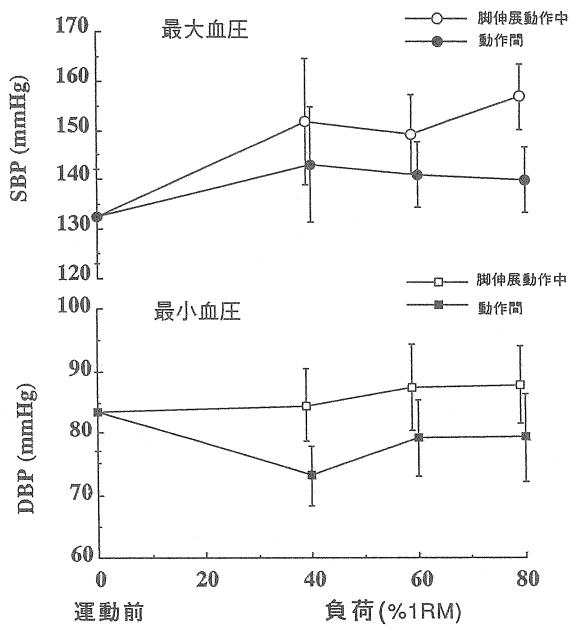


図8 負荷強度別の血圧変化

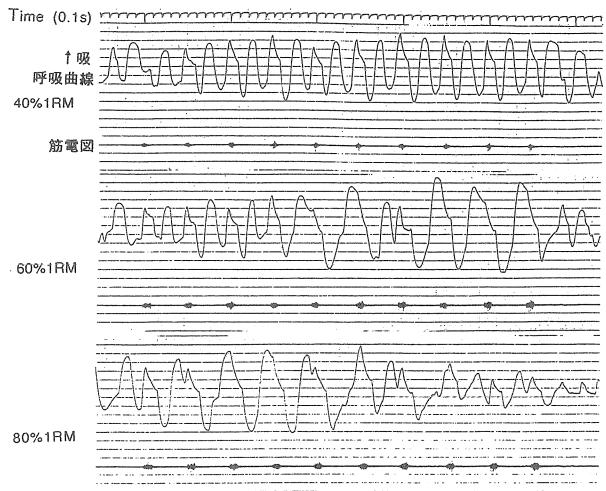


図9 脚伸展運動中の呼吸曲線の変化

2) 静的掌握運動時の循環系応答

1分間の静的掌握運動中の血圧変化は図10に示す通りである。運動中の血圧は脚伸展運動とは異なり最大血圧だけでなく、最小血圧も上昇を示した。そして最大血圧は、30% MVC より 50% MVC の方が高くなる傾向を示し、運動開始60秒後には 148.6 ± 10.2 mmHg になった。運動終了時の心拍数は30%強 MVC では 63.9 ± 2.48 拍/分、50% MVC

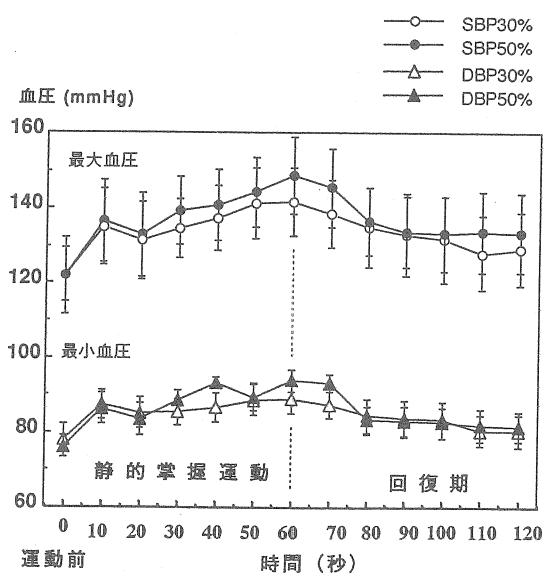


図10 静的掌握運動中の血圧変化

では 68.5 ± 3.07 拍/分であった。

30% MVC で静的掌握運動を60秒間行った時の1回拍出量を心エコーから計測して図11に示した。1回拍出量は、掌握運動中に増加する傾向はみられず、むしろ運動終了後に高い値を示した。しかし、統計的にはすべての平均値間に有意差は見られなかった。

考 察

これまでの報告では、筋力増加に効果があったとされるレジスタンストレーニングの負荷強度は1RM の60%以上である^{1,2,4,5)}。しかし、このような負荷が循環系に対してどのようなストレスになっているかに関しては十分明らかにされていない。これまでの報告⁴⁾によると循環系の応答の程度は物理的な絶対負荷よりも最大筋力に対する相対値であらわした負荷の大きさに依存して変化する。そこで本研究では1RM の40, 60, 80%の負荷を与えて、動的脚伸展を10回反復させたところ、筋放電量は40%1RM にくらべて60%1RM の方が有意に高い値を示したのに対して、心拍数、血圧には差が見られないことがわかった。しかし、80%1RM の負荷では心拍数は有意に高くなり、試行回数が増えるにつれて最大血圧の上昇が顕著になることが示された。血圧の変化を筋活動の時期とあわせ

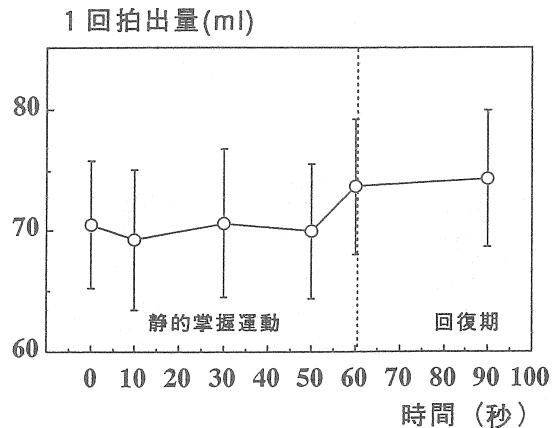


図11 静的掌握運動中の1回拍出量

て見ると、筋放電が持続している脚伸展動作中には最大、最小血圧ともに高くなるパルスが多くなることが明らかとなり、Sale ら⁹⁾が直接法で測定した80–90% 1RM 負荷で脚伸展している時の血圧変化と一致した。その傾向は80%1RM だけでなく、強度の低い40%1RM の運動でもみられた。しかし、80%1RM では、反復回数が増えるにつれて、最大血圧が有意に増加し、その点では40%, 60%1RM とは相違があった。また、動作中の最小血圧は3強度とも安静時と差が見られなかつたが、動作間の値は安静時より低下していた。それに対して、60秒間の静的掌握運動では、心拍数と最大血圧のみならず最小血圧も安静時より高い値を示した。筋活動中の最大・最小血圧の上昇は、主として筋収縮に伴う筋内圧の増加¹¹⁾によるものであるが、時間経過に伴う血圧変化は筋収縮の結果生ずる代謝産物の影響によるものもある。それらは筋交感神経活動を高め^{6,9)}、血管収縮性に作用するので、血圧上昇につながる。このような筋交感神経活動は筋放電量とも密接な関係にある¹⁰⁾ので、本研究の負荷強度の変化や経過時間に伴う血圧変動は、それらの要因の相互作用の結果であると考えられる。さらに、本研究の掌握運動では最大血圧・最小血圧も上昇していたが、動的脚伸展運動では、最小血圧は動作間でむしろ減少した。Ray ら⁶⁾の報告でも、筋交感神経活動の時間経過は、上肢運動と下肢運動では異なるとされている。したがってトレーニング負荷強度は対象とする体肢によって変え

る必要があると思われる。また、本研究では、運動の心臓の拍出に対する影響は確認できなかった。運動様式の違いや体肢の違いによる循環応答の変化を確認することとあわせて今後の検討課題となろう。

以上のように本研究では、動的脚伸展動作中の筋放電量は40, 60, 80%1RMと負荷強度が高くなるにつれて大きくなつたが、心拍数や血圧は40, 60%1RMでは大きな相違は見られず、80%負荷で顕著な増加が見られた。また、最大および最小血圧は筋が活動している動作中に高くなり、動作間では低下したが、動作中の最大血圧は80%1RMのみ時間経過に伴つて上昇した。したがつて、循環系応答を変える境界強度は60%1RMから80%1RMの間にあると予想される。さらに、上肢運動では下肢運動と異なつた応答を示したので、至適負荷強度の選定は対象とする体肢を考慮して行う必要があつた。今後は循環系が顕著に変化しない60%負荷でトレーニングしたとき、筋機能がどの程度向上するかを確認することが必要である。

要 約

本研究は、動的脚伸展運動と静的掌握運動の強度と循環系応答の関係を血圧や心拍出量から明らかにし、中高年者の筋活動の負荷強度を循環系に対する負担度から検討することを目的としている。被検者は活動的な40-59歳の女性9名である。動的運動は1RMの40, 60, 80%の負荷で5秒毎に10回実施し、運動前から運動後3分までの1拍動ごとの血圧(Finapres)、心電図、呼吸曲線、外側広筋からの筋電図を記録した。また、仰臥位での静的掌握運動を60秒間行い、心拍数、血圧、心エコーによる1回拍出量を測定した。得られた結果を要約すると以下の通りである。

1、脚伸展1回目の外側広筋からの筋電図の積分値は、40%1RMが最も低く(49.5%)、60%, 80%1RM(63.7%)では有意に増加した。10回試行を繰り返すと、80%1RMのみ徐々に増加した。

2、心拍数は、80%1RMでは10試行目まで増加し続けて、 107.8 ± 4.3 拍/分に達し、40%(96.2 ± 4.4 拍/分)と60%1RM(97.4 ± 4.4 拍/分)に対して有意($p < 0.01$)に高かった。40, 60%1RMの

平均値間には有意差が見られなかつた。

3、次に各被検者の最大血圧は、どの負荷強度においても、またどの試行においても、脚伸展動作中の方が伸展した脚をもとに戻す動作間にくらべて高い値を示した。有意差が見られたのは、40%および60%1RMでは8-10試行目だけであったのに対して、80%1RMではすべての試行で脚伸展動作中の方が有意($p < 0.05$)に高い値を示した。

4、試行間の最大血圧の変化をみると40, 60%1RMでは有意差はみられないが、80%1RMでは試行回数が増えるにつれて高くなり、その傾向は、脚伸展動作中の最大血圧において顕著であった。

5、1分間の静的掌握運動中の血圧は、脚伸展運動とは異なり最大血圧だけでなく、最小血圧も上昇し、30%MVCより50%MVCの方が高くなる傾向を示した。

6、30%MVCで静的掌握運動を60秒間行った時の1回拍出量は、掌握運動中に増加する傾向はみられず、むしろ運動終了後に高い値を示した。しかし、統計的にはすべての平均値間に有意差は見られなかつた。

以上の結果から、動的脚伸展運動における筋放電量は負荷強度が高くなると大きくなつたが、心拍数や血圧からみた循環系応答の多くは、40, 60%1RMでは大きな相違は見られず、80%1RMで顕著な増加が見られたので、循環系応答を変える境界強度は60%1RMから80%1RMの間にあると予想される。さらに、上肢運動では下肢運動と異なつた循環系応答を示したので、至適負荷強度の選定は対象とする体肢を考慮して行う必要のあることが示唆された。

本研究にあたり被検者として参加して下さった皆様に感謝致します。また、筋厚測定を実施して下さった東京大学教養学部福永哲夫先生、川上泰雄先生に感謝の意を表します。

文 献

- Charette, S.L., McEvoy, L., Pyka, Snow-Harter, Guido, D., Wiswell, R.A., Marcus, R.: Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. J. Appl. Physiol. 70 : 1912-1916, 1991.

- 2) Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Relley, K.P., Knutgen, G. and Evans, W.J.:Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl. Physiol.* 64 : 1038-1044, 1988.
- 3) Kagaya, A. and Kuno, M.:Brachial arterial blood flow, measured using Doppler ultrasound method, and blood pressure during static hand-grip contraction at different intensities. *J. Exerc. Sci.* 3 : 13-20, 1993.
- 4) McCartney, N, McKelvis, R.S., Martin, J., Sale, D.G. and MacDougall:Weight-training-induced attenuation of circulatory response of older males to weight lifting. *J. Appl. Physiol.*:74 : 1056-1060, 1993.
- 5) Menkes, A., Mazel, S., Redmond, R.A., Koffler, K., Libanati, C.R., Gundberg, C.M., Zizic, T.M., Hagberg, J.M., Pratley, R.E., and Hurley B.F.: Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged older men. *J. Appl. Physiol.* 74 : 2478-2484, 1993.
- 6) Ray, C.A., Rea, R.F., Clary, M.P. and Mark, A. L.:Muscle sympathetic nerve responses to static leg exercise. *J. Appl. Physiol.* 73 : 1523-1529, 1992.
- 7) Sadamoto,T., Bonde-petersen, F., and Suzuki, Y.:Skeletal muscle tension, flow, pressure, and EMG during sustained isometric hand-grips of differnt tensions in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51 : 395-408, 1983.
- 8) Sale, D.G., Moroz, D.E., McKelvie, R.S., MacDougall, J.D. and McCartney, N.:Comparison of blood pressure response to isokinetic and weight-lifting exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.*: 67 : 115-120, 1993.
- 9) Seals, D.R.:Influence of force on muscle and skin sympathetic nerve activity during sustained isometric contractions in humans. *J. Physiol.* 462 : 147-159, 1993.
- 10) Seals, D.R. and Enoka, R.M:Sympathetic activation is associated with increase in EMG during fatiguing exercise. 66. *J. Appl. Physiol.*:88-95, 1989.
- 12) Sejersted, O.M., Hagrgens, A.R., Kardel, K.R., Blom, P., Jensen, O. and Hermansen, P.: Intramuscular fluid pressure during isometric contraction of human skeletal muscles. *J. Appl. Physiol.* 56 : 287-295, 1984.
- 11) White, M.J. and Carrington, C.A.:The pressor response to involuntary isometric exercise of young and elderly human muscle with reference to muscle contractile characteristics. *Eur. J. Appl. Physiol.* 66 : 338-342, 1993.

3. 中高年者の健康増進のための筋力トレーニングに関する研究

報 告 者 田畠 泉¹⁾

はじめに

高齢化により身体活動量が低下し、生活の質が低下すると言われている。身体活動量の低下は体力の低下に起因していると推測されている。筋力の方が最大酸素摂取量のような呼吸循環系の能力よりも高齢化により急激に低下する。したがって生活の質を維持し、健康な生活を送るために最も低限の筋力を保持する必要がある。そこで、高齢期を迎える以前における筋力トレーニングの必要性が指摘されている。しかし、一般的に筋力トレーニングは血圧を急激に上昇させるので、安静時血圧の高い中高年齢者には不適なものとされてきた。一方、最近、筋力トレーニングを長年行うと中高年者において、持久性能の向上や血中脂質の改善がみられることが報告されている⁷⁾。さらに、最近の研究によると筋力トレーニングを行うと安静時の血圧が低下するという結果が報告された¹⁵⁾。このような実験結果を鑑み、健康増進という観点からみると、筋力トレーニングというものを見直すべきであると考えられる。そこで本研究では中高年者が年齢に応じて、安全で健康増進に貢献する筋力トレーニング方法を明らかにするために筋力トレーニングを構成する等尺性筋運動時の血圧及び血圧に関係すると考えられている血中物質の変化を観察した。

方 法

[実験 1]。最大筋力の30%, 35%, 40%, 50%の強度のハンドグリップ運動が血圧反応に与える影響

(被検者) 被検者は健常な成人男女であった(表1)。

(手順) 被検者が着席し充分に安静を保った後、

座位における血圧を測定した。血圧が低い状態で安定するまで、1分毎に連続して血圧の測定を行い、最も低い値を安静時の血圧とした。安静時の血圧測定後に最大筋力の測定を行った。まず、グリップの長さを調節し、最大筋力発揮に最適な長さとした。握力計は体側に固定し、握力計を振ったりしないように被検者に指示した。握力の発揮は2秒以内とした。最大筋力測定後、血圧が安定した後、最大筋力の各%での筋力発揮時の血圧を測定した。筋力は最大筋力の30%, 35%, 40%及び50%とした。最大筋力の30%, 35%及び40%の筋力発揮の場合は、被検者に筋力発揮1分休憩1分のセットを4セット繰り返させ、最後の筋力発揮後には2分間の安静を保たせた。最大筋力の50%の場合は筋力発揮は45秒とした。運動中及び休憩中に1分毎に自動血圧計で血圧及び心拍数を測定した。

[実験 2]。最大筋力の40%の強度の筋力発揮時の血圧反応と年齢の関係

(被検者) 被検者は健常な成人男性11名、女性8名であった。年齢は男性が最高齢が58歳で最年少が22歳、平均値が 38 ± 11 歳、女性は最高齢が58歳、最年少が22歳、平均 34 ± 15 歳で、全被検者の平均値は 36 ± 13 歳であった。

(手順) 被検者が着席し充分に安静を保った後、座位における血圧を測定した。血圧が低い状態で安定するまで、1分毎に連続して血圧の測定を行い、最も低い値を安静時の血圧とした。安静時の血圧測定後に最大筋力の測定を行った。まず、グリップの長さを調節し、最大筋力発揮に最適な長さとした。握力計は体側に固定し、握力計を振ったりしないように被検者に要請した。握力の発揮は2秒以内とした。最大筋力測定後、血圧が安定

1) 国立健康・栄養研究所 健康増進部 運動生理研究室

表1 実験1の被検者の年齢

	被検者数(名)			平均値	標準偏差	最高齢	最年少
	男子	女子	総計	歳	歳	歳	歳
30% MVC	4	2	6	37	8	44	22
35% MVC	4	4	8	34	12	54	20
40% MVC	7	4	11	34	11	53	22
50% MVC	4	2	6	42	7	54	35

した後、最大筋力の40%での筋力発揮時の血圧を測定した。筋力発揮は、被検者に筋力発揮1分休憩1分のセットを4セット繰り返させ、最後の筋力発揮後には2分間の安静を保たせた。運動中及び休憩中に1分毎に自動血圧計で血圧及び心拍数を測定した。

[実験3]。最大筋力の30%の強度のハンドグリップ運動が血液中のホルモン濃度に与える影響

(被検者) 被検者は健常な成人男性8名(平均年齢41±3歳、37歳~45歳)であった。

(手順) 被検者は前日の夕食後から絶食した状態で午前9時に実験室に来室した。被検者が着席し充分に安静を保った後、座位における血圧を測定した。血圧が低い状態で安定するまで、1分毎に連続して血圧の測定を行い、最も低い値を安静時の血圧とした。血圧測定後に安静時の血液の採取を行った。血中ナトリウム及びカリウムの測定には血清を用いた。血中のヒト・ナトリウム利尿ホルモンの場合はトラジオール及びEDTA-2Na入りの採血管に血液を採取した。その他のホルモン測定にはEDTA-2Na入りの採血管に血液を採取した。安静時の血圧測定及び採血後に最大筋力の測定を行った。まず、グリップの長さを調節し、最大筋力発揮に最適な長さとした。握力計は体側に固定し、握力計を振ったりしないように被検者に指示した。握力の発揮は2秒以内とした。最大筋力測定後、血圧が安定した後、最大筋力の30%での筋力発揮時の血圧を測定した。筋力発揮は、被

検者に等尺性筋力発揮2分休憩3分のセットを4セット繰り返させた。筋力発揮終了直後に、筋力発揮とは反対側(血圧測定側)の肘静脈か運動後の採血を行った。運動中及び休憩中に1分毎に自動血圧計で血圧及び心拍数を測定した。

(測定方法)

血圧はセルクス社製の自動血圧計で測定した。握力はスマドレー式の握力計を用いた。

(分析方法)

血中ノルアドレナリンとアドレナリンは高速液クロマトグラフィー法により測定した。その他のホルモンは、すべて放射免疫法(Radioimmunoassay: RIA法)で測定した。

結果

[実験1]。最大筋力の30%、35%、40%、50%の強度のハンドグリップ運動が血圧反応に与える影響

①収縮期血圧 第1回目の運動時の収縮期血圧はすべての強度において運動前の値に比べて有意に高かった。第2回目以後の等尺性運動では、最大筋力の30%の強度では、第1回目の運動後に比べて、有意な上昇は観察されなかった。最大筋力の35%の強度の運動では第4回目の運動後の収縮期血圧は第1回目の値より有意に高い値を示した。最大筋力の40%の強度の等尺性運動では2回目の運動時の血圧は1回目の運動時の値に比べて有意に上昇し、さらに3回目の運動時の値は第2回目の運動時の値より有意に高くなかった。第4回目の運動時の血圧と第3回目の運動時の血圧には有意な差はみられなかった。最大筋力の50%の強度の運動では第3回目以降の運動時の血圧は第1回目のものより有意に高い値であった。

最初の運動後安静時には最大筋力の50%の強度の運動のみにおいては運動前の値より高い値を保った。一方、最大筋力の30%の強度の運動では逆に、安静時の血圧よりも低下した。これらの2つの強度の中間の強度の運動における第1回目の安静時の血圧は運動前の値と差がなかった。その後、2回目以降の安静時血圧は最大筋力の30%の強度

表2 最大筋力の30%の強度の等尺性運動中の血圧の変化

(平均値±標準偏差)

	収縮期血圧(mmHg)	拡張期血圧(mmHg)	平均血圧(mmHg)
運動前	119±17	86±13	97±14
運動1 安静1	126±17※※ 116±19☆	96±10※ 83±10	106±12※ 94±13
運動2 安静2	127±16※※ 119±16	96±11 82±9	106±13 95±11
運動3 安静3	129±16※※ 116±16☆	97±13 81±10☆	108±14※ 93±12☆
運動4 安静4 安静5	128±22※※ 122±15 122±19	99±11 83±10 86±12	109±12※ 96±12 98±14

運動前の値と比べて5%(*), 1%(*※), 0.1%(*※※)で有意に高いことを示す。1回目の運動中の値に比べてその後の血圧が5%(○), 1%((○○), 0.1%((○○○))で有意に高いことを示す。2回目の運動中の値に比べてその後の運動中の血圧が5%(◎), 1%((◎)), 0.1%((◎◎))で有意に高いことを示す。3回目の運動中の血圧が4回目の運動中の値に比べて5%(◆), 1%((◆◆), 0.1%((◆◆◆))で有意に高いことを示す。運動前の値に比べて、その後の血圧が5% (☆)で有意に低いことを示す。

の運動は、第3回目の運動後安静時の血圧も、運動前の値より有意に低い値であった。最大筋力の35%の強度の運動では2回目の運動後安静時に運動前の値より有意に高かった以外は、すべて運動後1分で運動時の値と差がなかった。最大筋力の40%の強度では、運動後の血圧はほとんど、運動前の値に比べて有意に高い値を保ったままであった。

②拡張期血圧 第1回目の運動時の拡張期血圧はすべての強度において運動前の値に比べて有意に高かった。第2回目以後の等尺性運動では、最大筋力の30%の強度では、第1回目の運動後に比べて、有意な上昇は観察されなかった。最大筋力

表3 最大筋力の35%の強度の等尺性運動中の血圧の変化

(平均値±標準偏差)

	収縮期血圧(mmHg)	拡張期血圧(mmHg)	平均血圧(mmHg)
運動前	110±16	77±9	88±11
運動1 安静1	119±19※※ 112±17	87±13※※ 79±9	97±14※※ 90±11
運動2 安静2	120±22※※ 108±16※	91±12※※ 77±9	101±15※※○ 87±10
運動3 安静3	122±19※※ 112±17	94±13※※※○ 79±9	104±15※※※○ 90±11※
運動4 安静4 安静5	125±21※※○ 110±16 109±15	95±15※※○ 77±9 79±10	105±17※※ 88±11 89±11

運動前の値と比べて5%(*), 1%(*※), 0.1%(*※※)で有意な差があることを示す。1回目の運動中の値に比べてその後の血圧が5%(○), 1%((○○), 0.1%((○○○))で有意な差があることを示す。2回目の運動中の値に比べてその後の運動中の血圧が5%(◎), 1%((◎)), 0.1%((◎◎))で有意な差があることを示す。3回目の運動中の血圧が4回目の運動中の値に比べて5%(◆), 1%((◆◆), 0.1%((◆◆◆))で有意な差があることを示す。

の35%の強度の運動では第3回目及び第4回目の運動後の収縮期血圧は第1回目の値より有意に高い値を示した。最大筋力の40%の強度の等尺性運動では2回目の運動時の血圧は1回目の運動時の値に比べて有意に上昇し、さらに3回目の運動時の値は第2回目の運動時の値より有意に高くなった。また、第4回目の運動時の血圧も第3回目の値より有意に上昇し、この強度では運動回数が増えるにつれて血圧が漸増することが観察された。最大筋力の50%の強度の運動では第3回目以降の運動時の血圧は第1回目のものより有意に高い値であった。また第3回目及び第4回目の運動時の拡張期血圧は第2回目の運動時の値に比べて有意に高い値であった。

表4 最大筋力の40%の強度の等尺性運動中の血圧の変化
(平均値土標準偏差)

	収縮期血圧(mmHg)	拡張期血圧(mmHg)	平均血圧(mmHg)
運動前	115±12	74±8	88±9
運動1 安静1	129±13*** 116±15	95±13*** 77±10	106±12*** 90±11
運動2 安静2	136±17***○ 119±12*	106±10***○○ 77±7	116±11***○○○ 91±8*
運動3 安静4	144±19***○○○○○ 119±16*	109±12***○○ 82±9**	121±14***○○○○ 94±10***
運動4 安静4 安静5	148±20***○○○○○ 119±13 119±13*	115±15***○○○○◆ 78±9** 80±8***	126±15***○○○○○○◆ 92±9** 93±9

運動前の値と比べて5%(※), 1%(※※), 0.1%(※※※)で有意な差があることを示す。1回目の運動中の値に比べてその後の血圧が5%(○), 1%(○○), 0.1%(○○○)で有意な差があることを示す。2回目の運動中の値に比べてその後の運動中の血圧が5%(○), 1%(○○), 0.1%(○○○)で有意な差があることを示す。3回目の運動中の血圧が4回目の運動中の値に比べて5%(◆), 1%(◆◆), 0.1%(◆◆◆)で有意な差があることを示す。

表5 最大筋力の50%の強度の等尺性運動中の血圧の変化
(平均値土標準偏差)

	収縮期血圧(mmHg)	拡張期血圧(mmHg)	平均血圧(mmHg)
運動前	117±14	83±9	94±11
運動1 安静1	134±16*** 120±13**	100±10*** 89±8**	112±12*** 100±10***
運動2 安静2	136±17*** 122±17	103±16*** 88±13	114±16*** 99±14
運動3 安静3	145±15***○ 124±15	111±14***○○ 88±9	122±14***○○○ 101±10
運動4 安静4 安静5	150±22***○ 122±18* 119±17	111±15***○ 88±9* 85±9	124±16***○○ 100±11 97±11*

運動前の値と比べて5%(※), 1%(※※), 0.1%(※※※)で有意な差があることを示す。1回目の運動中の値に比べてその後の血圧が5%(○), 1%(○○), 0.1%(○○○)で有意な差があることを示す。2回目の運動中の値に比べてその後の運動中の血圧が5%(○), 1%(○○), 0.1%(○○○)で有意な差があることを示す。3回目の運動中の血圧が4回目の運動中の値に比べて5%(◆), 1%(◆◆), 0.1%(◆◆◆)で有意な差があることを示す。

最初の運動後安静時には最大筋力の50%の強度の運動のみにおいては運動前の値より高い値を保った。その他の低い強度の運動における第1回目の安静時の血圧は運動前の値と差がなかった。最大筋力の30%の強度の運動では、第3回目の運動後安静時の血圧は運動前の値より有意に低い値であった。その他の運動の後の値は運動前の値と差はなかった。最大筋力の35%の強度の運動後安静では、すべて運動前の値に復帰した。最大筋力の40%の強度では、第1回目及び2回目の運動後安静で、運動前の値と有意差がなくなったが、第3回目及び4回目の運動後安静1分では運動前の値よりも高い値に維持された。最大筋力の50%の強度の運動では第1回目及び第3回目の運動後安静時の血圧は有意に運動前の値より高かったが、その他は運動前の値に比べて有意な差は観察されなかつた。

かった。

③平均血圧 第1回目の運動時の平均血圧はすべての強度において運動前の値に比べて有意に高かった。第2回目以後の等尺性運動では、最大筋力の30%の強度では、第1回目の運動後に比べて、有意な上昇は観察されなかった。最大筋力の35%の強度の運動では第2回目及び第4回目の運動後の平均血圧は第1回目の値より有意に高い値を示した。最大筋力の40%の強度の等尺性運動では2回目の運動時の血圧は1回目の運動時の値に比べて有意に上昇し、さらに3回目の運動時の値は第2回目の運動時の値より有意に高くなった。また、第4回目の運動時の血圧も第3回目の値より有意に上昇し、この強度では運動回数が増えるにつれて血圧が漸増することが観察された。最大筋力の

表6 最大筋力の40%の等尺性ハンドグリップ運動時の血圧と心拍数の変化（平均値±標準偏差）

	収縮期血圧	拡張期血圧
運動前の血圧	115±12 mmHg	80±11mmHg
運動中の最大血圧	146±24 mmHg	102±15 mmHg

50%の強度の運動では第3回目以降の運動時の血圧は第1回目のものより有意に高い値であった。また第3回目及び第4回目の運動時の平均血圧は第2回目の運動時の値に比べて有意に高い値であった。

最初の運動後安静時には最大筋力の35%及び50%の強度の運動で運動前の値より高い値を保った。その他の低い強度の運動における第1回目の安静時の血圧は運動前の値と差がなかった。最大筋力の30%の強度の運動では、第3回目の運動後安静時の血圧は運動前の値より有意に低い値であった。その他の運動後の値は運動前の値と差はなかった。最大筋力の35%の強度の運動後安静では、すべて運動前の値に復帰した。最大筋力の40%の強度では、第1回目の運動後安静で、運動前の値と有意差がなかったが、第2回目以降の運動後安静では運動前の値よりも高い値に維持された。最大筋力の50%の強度の運動では第1回目の運動後安静時の血圧は有意に運動前の値より高かったが、その他は運動前の値に比べて有意な差は観察されなかった。

[実験2] 最大筋力の40%の強度の筋力発揮時の血圧反応と年齢の関係

最大筋力の40%の強度の等尺性運動により収縮期血圧及び拡張期血圧は有意に上昇した ($p < 0.001$)。運動中の収縮期血圧の最高値から安静時の値を引いたものを縦軸に、年齢を横軸にとると、図のように有意な相関関係が観察された ($r = 0.75$, $p < 0.001$)。この関係より、相対的に同一強度の筋収縮でも年齢が高くなるほど血圧の上昇が大き

表7 最大筋力の30%の等尺性ハンドグリップ運動時の血圧と心拍数の変化（平均値±標準偏差）

	収縮期血圧 (mmHg)	拡張期血圧 (mmHg)	心拍数 (拍/分)
運動前	118±5	84±7	70±7
運動後	149±14	121±13	81±6

くなることが明らかになった。回帰式のY切片は -1 ではなく 0 であり、また傾きは 0.96 ではなく 1 であり、両者の関係がほぼ1対1であった。

[実験3] 最大筋力の30%の強度のハンドグリップ運動が血液中のホルモン濃度に与える影響

運動開始から14分後の収縮期及び拡張期血圧は両者とも、運動前の値に比べて有意に増加した ($p < 0.001$) (表7)。心拍数も安静時の値に比べて10拍以上有意に上昇した ($p < 0.05$)。血漿ACTH(副腎皮質刺激ホルモン)、アルドステロン、ADH(抗利尿ホルモン)、HANP(ヒト・心房性ナトリウム利尿蛋白)、エピネフリン、ノルエピネフリン、ドーパミン、レニン活性、アンギオテンシンI及びアンギオテンシンIIの運動前後の値を表8~10に示す。運動前の値についてアンギオテンシンIIの他は基準値内の値であったが、本実験の被検者のアンギオテンシンIIは基準値よりも高い値であった。これらのホルモンや酵素及び基質濃度は血圧に関係すると推測されているが、すべての測定項目とも運動前後の値には統計的に有意な差はみられなかった ($p > 0.10$)。また、血清カリウム及びナトリウム濃度も、運動前後で統計的に有意な差は観察されなかった ($p > 0.10$)。

考 察

[実験1]

等尺性筋運動1分（最大筋力の50%の強度では45秒）・安静1分という同一の手順で最大筋力の30%~50%の強度で等尺性筋運動同じ時間行った。

すると表2から表5までのようにかなり異なる血圧反応が観察された。最大筋力の30%の強度では1回目から4回目まで、それほど血圧は上昇せず、逆に安静時では運動前の値より低下するという結果も観察された。これは、昇圧に対する降圧反応が起こったためであると考えられる、また、最大筋力の30%と35%の強度では、それほど昇圧反応はおこらないが、最大筋力の40%を越えるとその反応が急激に増加した。また、最大筋力の40%の強度の等尺性筋運動では1回目よりは2回目、2回目よりは3回目と回を追うにつれて有意に血圧反応が増大した。これは、この強度より強い強度の等尺性筋運動では回を重ねるにつれて昇圧刺激が増大したと考えられる。ハンドグリップ運動のような活動筋量のそれほど多くない運動では抹消血管抵抗は、それほど増加しないと報告されている^{2),11)}。特に、最大筋力の30%程度の等尺性運動では、交感神経系の活動はそれほど増加しない^{9),10)}。したがって、血圧、特に拡張期血圧を上昇させているのは中心循環、特に心拍数の上昇による心拍出量の増加であると考えられ、それにセントラルコマンドや抹消の受容器からの情報が、血圧反応を修飾していると考えられている。実際に実験2の最大筋力の40%の強度の等尺性筋運動の場合、運動中の心拍数の増加量(bpm)と拡張期血圧の上昇量(mmHg)との間に高い相関関係が観察された($r = 0.82$, $p < 0.01$, $n = 18$)。一方、心拍数の増加量と収縮期血圧には相関関係はみられなかった。

この実験の結果より、血圧が上昇しない中高年者に安全な運動強度は最大筋力の3分の1程度であることが示唆された。この強度は筋力の増強効果が期待できる強度である。

[実験2]

実験2の手順による収縮期血圧の昇圧反応と年齢がほぼ1対1で対応していることが示された。すなわち、同一相対強度で等尺性運動を行えば高齢化するほど収縮期血圧が増加するということである。先行研究も最大筋力の30%の電気刺激による2分間の非随意筋収縮で高齢者の方が若年者より有意に大きな昇圧反応をしめしたことが報告さ

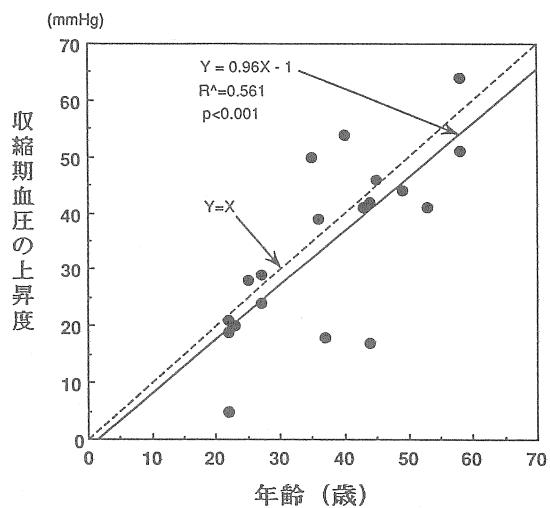


図1

れている¹⁴⁾。これは高齢者の動脈壁が厚く、堅いことに関係があるらしい⁸⁾。この動脈壁の硬化は、血圧を增幅するという形で影響を表す。したがって、安静時では、それほど影響がないが、血圧が上昇すると差が顕在化するのであろうと考えられている。実際に本研究の被検者でも年齢の高いひとが、それほど安静時の収縮期血圧が高いという傾向はなかった。したがって、この年齢による血圧反応の差は等尺性運動をすることによりはじめて顕在化するものである。この反応の機序は、明らかではないが、電気刺激のような非随意筋収縮でも高齢者の方が収縮期血圧が高いという先行研究の結果からみると、セントラルコマンド(central command)の関係しないものであると考えられる。

血圧の上昇には心拍出量(心拍数)の増加が関係していると述べたが、年齢が増加すると心拍数の反応が低下することが知られている^{4),5)}。本研究の実験2においても有意ではないが、年齢が高いほど、等尺性運動中の心拍数の増加が少ない傾向がみられた。したがって、収縮期血圧と拡張期血圧は異なるメカニズムにより制御されていることが示唆されている。

本研究の50歳以上の被検者は安静時の血圧は正常域にある。しかし、このような等尺性運動を行うと若い人よりも血圧が上昇する。このことからも、中高年者の場合、安静時の血圧が正常域のひ

表8 最大筋力の30%の強度の等尺性ハンドグリップ運動後における血漿ACTH(副腎皮質刺激ホルモン), アルドステロン, ADH(抗利尿ホルモン)及び心房性ナトリウム利尿ホルモン濃度の変化(平均値±標準偏差)

	運動前	運動後
ACTH (ng/l) 基準値:9~52	26±12	32±18
アルドステロン (ng/l) 基準値:35~240	121±33	127±39
ADH (ng/l) 基準値:0.3~3.5	1.4±0.6	2.3±1.9
HANP (ng/l) 基準値:40以下	全員 10以下	一人11, その他は10以下

とでも、等尺性運動を実施する場合には注意する必要がある。

図1においてみられるように若年者と比較的年齢の高い被検者の点は比較的回帰直線上に分布したが、30~40歳代の被検者の点は回帰直線から離れるものが多かった。この理由がいかなるものか不明であるが、この年代において、回帰直線からはずれる理由と高血圧症発症の関係があるか否かは興味深い。

[実験3]

本実験で用いた手順は先行研究により安静時の血圧を低下させることに成功したトレーニングの手順と同じものである¹⁵⁾。したがって、この実験の目的は、この等尺性筋運動により血圧が低下する機序を内分泌的に明らかにすることであった。

活動筋の活動により筋漿中から漏出するカリウムは静脈のカリウム濃度を上昇させ、それが微

表9 最大筋力の30%の強度の等尺性ハンドグリップ運動後における血漿エピネフリン、ノルエピネフリン、ドーパミン濃度の変化(平均値±標準偏差)

	運動前	運動後
エピネフリン(ng/l) 基準値:100以下	39±13	43±25
ノルエピネフリン(ng/l) 基準値:100~450	331±106	406±210
ドーパミン(ng/l) 基準値:20以下	8±2	10±5

少静脈に端を発する求心性線維であるGroup III及びGroup IV化学受容器を刺激し血圧を上昇させることが示唆されている¹⁾。また、自転車エルゴメーター運動において求心性線維を脊髄でブロックすると血圧の反応が低下することから³⁾、抹消の情報により血圧が上昇する可能性がある。実験3においては、運動前後でカリウム濃度に差はみられなかった。これは、運動後の採血に時間のかかった被検者がいたこと、及び採血が非活動筋の肘静脈であったために活動筋から漏出したカリウムが体全体の血液で希釈されたことに関係するものと考えられる。したがって、今後は、活動筋の肘静脈から採血を行うべきであると考えられる。

実験3で、血圧調節に関係していることが示唆されているホルモンを含む各種の血中物質濃度を測定した。しかし、どの項目についても統計的に有意な差はみられなかった。このことが、今回測定したこれらの物質が等尺性筋運動時の血圧に影響を与えていないとは考えられない。個人個人のデータをみると、血中のカテコールアミン濃度やアンギオテンシンII濃度など多くの被検者でかなり上昇した。一方、運動前の値に大きな差があったり、運動後に逆に減少していた被検者もあつたために、統計的な有意性がみられなかったと考えられる。

表10 最大筋力の30%の強度の等尺性ハンドグリップ運動後における血漿レニン活性、アンギオテンシンI及びアンギオテンシンII濃度の変化(平均値±標準偏差)

	運動前	運動後
レニン活性($\mu\text{g}/\text{l}/\text{hr}$) 基準値:0.3~2.9	1.8±0.5	2.3±0.6
アンギオテンシンI(ng/l) 基準値:250以下	175±86	197±120
アンギオテンシンII(ng/l) 基準値:25以下	29±16	30±22

えるべきである。すなわち、血圧のコントロールには多くの因子があり、それらは個人個人で異なる程度の影響を与えていていると考えられる。観点を変えると、今回の被検者の年齢は平均41歳で典型的な中年男性であり、収縮期血圧が90mmHgを越えるいわゆる境界域高血圧症とみなされるものが含まれている。この高血圧症発症のメカニズムはみな同じではなく、個人個人で異なることが示唆されているからである。そこで、次にこれらの測定項目の運動前後における変化の程度と血圧の変化の関係をみた。まず、ノルエピネフリン濃度の変化($\Delta\text{ng}/\text{l}$)と心拍数の変化量(Δbpm)について有意な相関関係が観察され、心拍数の変動に交感神経系の活動が関与していることが確認された。

血漿ノルアドレナリン濃度の増加量と拡張期血圧の増加量には相関関係が観察された。本研究では抹消抵抗は測定していないが、おそらく交感神経系の活動が等尺性運動により高まり、抹消の抵抗が増加することが、このような運動における血圧上昇の一部を説明しているかも知れない。

また、血漿アンギオテンシンII濃度の増加量と収縮期及び拡張期血圧の上昇との有意な相関関係が観察された。表10で示されたように本実験で用いた被検者のアンギオテンシンIIの運動前(早朝空腹安静時)の平均値は基準値を上回っており、

表11 最大筋力の30%の強度の等尺性ハンドグリップ運動後における血清ナトリウム及びカリウム濃度の変化(平均値±標準偏差)

	運動前	運動後
Na (mEq/l) 基準値:137~145	138±1	139±2
K (mEq/l) 基準値:3.3~4.8	4.6±0.3	4.6±0.4

そのことが影響した可能性もある。このような被検者では等尺性運動時の昇圧反応にレニンーアンギオテンシン系が関与している可能性がある。

血漿ACTH, ADH, アルドステロンの増加量と血圧の増加量には有意な相関関係はみられなかつた。この結果は、本実験の条件ではこれらのホルモンの血圧調節に大きな影響を与えなかつたということを示していると考えられる。

血漿ACTH濃度の増加量と血漿ADHの増加量には有意な相関関係が観察された。インスリンの静注による脳下垂体のACTH分泌は視床下部から門脈へ分泌されるCRF(副腎皮質刺激ホルモン放出因子)と脳下垂体で分泌されるADHが影響を与えという報告⁶⁾がある。本研究のような等尺性筋運動においても、この2つのホルモンに有意な高い関係が観察された($r=0.95$, $p<0.01$)。これは、等尺性運動においても、ACTHとADHが同じ刺激により分泌されているのか、あるいはACTHの分泌がADHによっているの2つの可能性を考えられるということである。

また、運動前後における血漿ACTH濃度の変化とアルドステロンの変化にも有意な相関関係が観察された。先行研究においてもアルドステロンの分泌にACTHが関与している可能性が示唆されている¹²⁾。一方、アンギオテンシンIIの増加量とアルドステロンの増加量には相関関係が観察されなかつた。

血中の ADH の増加量とアンギオテンシン II の増加量には相関関係がなかった。

田中らによると最大酸素摂取量の 50% 程度の強度の自転車運動によるトレーニングを行うと血圧が低下する理由は、この運動中に降圧作用の強い HANP が増加するが昇圧ホルモンが増加しないからであるとしている¹³⁾。本実験で明らかになったようにこの運動では HANP は増加しなかった。したがって、もし等尺性筋力トレーニングを用いたトレーニングで安静時の血圧が低下するなら、そのメカニズムは自転車エルゴメータ運動のようなダイナミックな運動によるトレーニングにより安静時血圧が低下するメカニズムとは異なると考えられる。

今後は、①今回測定し血圧との関係が深いことが示唆された血中物質と抹消抵抗を同時に測定し、それらの関係を詳細に分析し、このような等尺性運動における昇圧反応の機序を明らかにすること、②多くの被検者について測定し、それらを昇圧反応とホルモンの反応からいくつかのグループにわけ、各グループにおける特徴的反応を明らかにすることにより、各グループ毎の昇圧反応の機序を明らかにする必要がある。

おわりに

実験 2 で示されたように、同じ相対強度の等尺性運動でも年齢が高い方が反応が大きいことより、年齢毎に筋力トレーニングの処方を考えるべきであることが示唆された。最大筋力の 30% 程度の強度の等尺性筋運動では血圧の反応はそれほど大きくなく、さらに運動後に血圧が低下することからも、血圧反応の大きい年齢の高いひとでも最大筋力の 3 分の 1 程度の強度でトレーニングを行うなら、それほど危険ではないことが明らかになった。また、血圧のそれほど上昇しない中年者においては、それよりも少し高い強度で筋力トレーニングを行ってもそれほど危険ではないと考えられる。

昇圧反応と血中物質との関係は複雑であり、個人差が大きい。血圧の上昇の大きい被検者でも、その理由は個人個人で異なることが推測される。したがって、今後は個人の血圧反応と血中物質及び生理学的変量との関係をさらに、詳細に分析し、

それに合った安全な筋力トレーニングを処方すべきであると考えられる。また、安静時に顕在化しない等尺性運動時の間に現れる反応より、それらの被検者をグループ分けできるスクリーニングの方法を開発する必要がある。

引用文献

- 1) Coot JH, SM Hilton, JF Perez-Gonzalez. The reflex nature of the pressor response to muscular exercise. *J Physiol (London)*. 215 : 789–804, 1971.
- 2) Kagaya A, M Kuno. Brachial artery blood flow, measured using Doppler ultrasound method, and blood pressure during static handgrip contraction at different exercise intensities. (in press)
- 3) Kjaer M, NH Secher, FW Bach, S Sheikh, H Galbo. Hormonal and metabolic responses to exercise in humans : effect of sensory nervous blockade. *Am J Physiol* 257 (Endocrinol Metab 20) : E95–E101, 1989.
- 4) Kino M, VQ Lance, A Shahamatpour, DH Spodick. Effects of age on responses to isometric exercises. Isometric handgrip in noninvasive screening for cardiovascular disease. *Am Heart J* 90 : 575–581, 1975.
- 5) Lakatta EG. Cardiovascular regulatory mechanism in advanced age. *Physiol Rev* 73 : 413–467, 1993.
- 6) Liu J-P, PJ Robinson, JW Funder, D Engers. The biosynthesis and secretion of adrenocorticotropin by the ovine anterior pituitary is predominantly regulated by arginin vasopressin. *J Biol Chem* 265 : 14136–14142, 1990.
- 7) 根本勇, 青山正恵, 石村久乃, 柳田美佳, 山川純, 木村靖夫, 吉武裕, 橋口満. 中高年者のレジスタンストレーニングが持久性能力と血中脂質に及ぼす影響. *体力研究* 83 : 164–180, 1993.
- 8) Nichols WW, MF O'Rourke, AP Avolio, T Yaginuma, JP Murgo, CJ Pepine, CR Conti. Effects of age on ventricular-vascular coupling. *Am J Cardiol* 55 : 1179–1184, 1985.
- 9) Seals DR, PB Chase, J Andrew Taylor. Autonomic mediation of the pressor responses to isometric exercise in humans. *J Appl Physiol* 64 : 2190–2196, 1988.

- 10) Seals DR, RG Victor. Regulation of muscle sympathetic nerve activity during exercise in humans. *Exercise Sport Sci Rev* 19 : 313—349, 1991.
- 11) Seals D. Influence of muscle mass on sympathetic neural activation during isometric exercise. *J Appl Physiol* 67 : 1801—1809, 1989.
- 12) Sundsfjord JA, SB Stromme, A Aakvaag. Plasma aldosterone (PA), plasma renin activity (PRA) and cortisol (PF) during exercise. In Metabolic adaptatioin to prolonged physical exercise, p.p.308—314, Ed. H. Howald and JR Poortmans, Birkhauser Verlag, Basel, 1975.
- 13) Tanaka H, M Shindo, J Gutkowska, A Kinoshita, H Urata, M Ikeda, K Arakawa. Effect of acute exercise on plasma immunoreactive atrial natriuretic factor. *Life Sci* 39 : 1685—1693, 1986.
- 14) White, MJ., CA Carrington. The pressor response to involuntary isometric exercise of young and elderly human muscle with reference to muscle contractile characteristics. *Eur J Appl Physiol* 66 : 338—342, 1993.
- 15) Wikey RL, CL Dunn, RH Cox, NA Hueppchen, MS Scott. Isometric exercise training lowers resting blood pressure. *Med Sci Sports Exerc* 24 : 749—754, 1992.

4. 中高年者の最大筋出力パワーと骨密度

報 告 者	江橋 博 ¹⁾
研究協力者	福永 哲夫 ²⁾ 深代 千之 ²⁾ 松尾 彰文 ²⁾ 船渡 和男 ²⁾
	石毛 勇介 ²⁾ 篠原 稔 ²⁾ 岡田 純一 ³⁾ 朽木 勤 ¹⁾
	真田 義樹 ¹⁾ 越塙 直幸 ⁴⁾ 松木 兼治 ⁴⁾

はじめに

加齢とともに生じる生理的機能の低下することは周知の事実である。特に中高年期になると個人差も著しくなり、機能低下の水準は顕著となる。このことは身体活動の減退を促進させ、その結果疾病や障害をもたらすことになる。加齢によるこのようなパターンに対して、可能なかぎり生理的機能の低下を抑制させることは、高齢に達しての「Quality of Life」の維持に重要であると考えられる。特に筋機能は日常生活行動の基本となるものであるため、他の生理機能よりは深刻である。

これまでの報告によると、中高年者は当然のことながら、高齢者でも積極的な身体活動や筋力トレーニングは筋機能の低下防止に役立つことが多くの研究で確かめられている^{④)}。

そこで本研究では、中高年者を対象にできるだけ日常生活動作に即した状態での筋出力パワーを測定し、筋機能向上のためのトレーニングプログラム作成の基礎資料を得ることを目的とした。さらに中高年者にとっては筋機能低下とともに日常生活行動に重要である骨密度との関連についても検討を加えた。

方 法

1. 対象者

本研究における対象者は、A群とB群である。すなわちA群は東京都心にあるフィットネスクラブに所属する40歳代から70歳代までの中高年者で、男性が89名、女性は118名の合計207名である。男

性の平均年齢と標準偏差は 56.7 ± 9.46 歳、女性は 53.5 ± 9.89 歳である。これらの対象者はフィットネスクラブの会員といえども全員が定期的に運動習慣を有しているとは限らない。一方、B群は茨城県の東南部に位置する人口約11,000人の村で、農業人口は約50%であるが兼業が多い。このB群は男性47名、女性71名の合計118名が対象で、男性の平均年齢と標準偏差は 54.0 ± 9.11 歳、女性は 54.7 ± 8.09 歳である。表1に両群の性、年齢別の身体的特徴を示した。

2. 筋出力パワーの測定装置

各種動作時の筋出力パワー測定は福永ら²⁾によって報告されたものと同様である。すなわち、この測定装置はワイヤー巻取装置、ワイヤーの巻取装置の回転軸パルス検出装置、ワイヤーの張力検出装置、そしてワイヤーの負荷装置の4つの構成によって成立している。機械的パワーを測定するためにはワイヤーを引張るわけであるが、この引出し速度はワイヤー巻取装置の回転軸に取付けられているロータリーエンコーダーから発するパルス（1/500回転毎）間隔によって計測される。ワイヤーの張力はロードセルによって検出される。ワイヤーに作用する負荷はパウダーブレーキによって等張性で与えられ、その強度はパウダーブレーキに供給される電圧の調節装置によってコントロールされる。これらの信号は500Hzでパーソナルコンピューターに取り込まれ、力、速度、パワー曲線として記録することができる。

1) スパ・フィットネス研究所 2) 東京大学教養学部 3) 日本体育協会スポーツ科学研究所 4) スパ白金

表1 研究対象者の身体特性

A群

	年代	N	年齢		身長		体重		B M I		骨幅肘		骨幅足	
				(yrs)		(cm)		(kg)		(kg/m ²)		(cm)		(cm)
male	40	19	mean	44.5	168.4	67.8	23.9	6.6	7.2					
			sd	2.39	6.27	7.58	2.09	0.41	0.37					
	50	35	mean	54.4	167.2	67.6	24.2	6.6	7.2					
			sd	3.34	5.22	6.85	1.83	0.39	0.38					
	60	24	mean	63.9	166.2	66.2	23.9	6.6	7.2					
			sd	3.08	3.90	9.45	3.13	0.27	0.30					
Female	70	10	mean	72.7	165.1	63.9	23.4	6.9	7.2					
			sd	1.70	4.80	6.72	2.43	0.28	0.32					
	total	89	mean	56.7	167.0	66.8	23.9	6.6	7.2					
			sd	9.46	5.10	7.71	2.33	0.36	0.34					
	30	7	mean	34.1	159.0	51.6	20.4	5.6	6.3					
			sd	3.13	6.03	6.59	2.38	0.26	0.37					
Female	40	31	mean	45.4	158.1	52.6	21.1	5.7	6.5					
			sd	2.68	5.01	6.79	2.94	0.27	0.30					
	50	46	mean	54.0	155.2	51.9	21.5	5.8	6.4					
			sd	2.56	5.34	5.93	2.04	0.30	0.27					
	60	27	mean	63.8	154.4	52.8	22.1	5.9	6.5					
			sd	2.90	6.01	6.43	2.21	0.27	0.27					
	70	6	mean	72.0	150.5	49.7	22.0	5.7	6.4					
			sd	3.52	4.17	4.83	2.59	0.22	0.22					
	total	118	mean	53.5	155.8	52.2	21.5	5.8	6.4					
			sd	9.89	5.67	6.18	2.39	0.28	0.28					
	total	207	mean	54.9	160.6	58.5	22.5	6.1	6.8					
			sd	9.82	7.75	10.00	2.65	0.54	0.48					

B群

	年代	N	年齢		身長		体重		B M I		骨幅肘		骨幅足	
				(yrs)		(cm)		(kg)		(kg/m ²)		(cm)		(cm)
male	40	18	mean	44.1	167.4	68.5	24.4	6.5	7.2					
			sd	2.83	6.27	11.29	3.38	0.27	0.43					
	50	14	mean	55.4	165.0	68.0	25.1	6.6	7.3					
			sd	2.85	5.47	7.77	3.46	0.20	0.22					
	60	15	mean	64.5	162.0	62.9	23.9	6.6	7.1					
			sd	2.92	5.88	6.78	1.60	0.23	0.36					
	total	47	mean	54.0	165.0	66.6	24.4	6.5	7.2					
			sd	9.11	6.22	9.19	2.93	0.25	0.36					
Female	40	18	mean	44.1	154.0	57.8	24.4	5.5	6.4					
			sd	2.80	5.45	5.19	2.29	0.25	0.34					
	50	30	mean	54.0	152.3	58.2	25.1	5.7	6.5					
			sd	2.87	5.55	8.42	3.19	0.25	0.28					
	60	23	mean	64.0	150.5	53.9	23.1	5.9	6.5					
			sd	2.73	5.34	6.97	3.98	0.24	0.31					
	total	71	mean	54.7	152.2	56.7	24.3	5.7	6.5					
			sd	8.09	5.54	7.41	3.35	0.29	0.31					
	total	118	mean	54.4	157.3	60.6	24.3	6.1	6.8					
			sd	8.48	8.55	9.46	3.18	0.48	0.46					

3. 筋出力パワー測定の動作様式

本研究における筋出力パワーを測定する動作様式は図1に示したような3つの動作である。すなわち全て下肢の動作で、膝伸展と股関節屈曲および斜めスクワットである。膝伸展は高さ約65cmの長椅子に仰臥位姿勢をとり、膝関節を90度の位置から最大努力で伸展させた。股関節屈曲動作も約65cmの長椅子上に仰臥させ、膝関節を90度に保ったまま、股関節を最大努力で屈曲させた。図2は肘屈曲とスクワット動作時の筋出力パワー測定風景である。

4. 筋出力パワー測定の手順

対象者には各動作姿勢に慣れるため、予め準備運動を十分に行わせた後、1~2回動作の練習を行い、その後最大努力による筋出力パワーを測定した。測定に際しては、ワイヤーが引けなくなる負荷まで漸増的に増大させた。本研究では、各動作における1試行時に見られるパワー曲線のピーク値が見られた時の力一パワー曲線から最大パワーを求めた。

5. 骨密度の測定

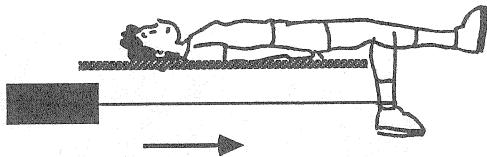
骨密度の測定は米国オステオン社製のオステオアナライザーシステムII（日本総代理店：株式会社松本医科器械）を用いた。この装置はX線方式による単一光子骨塩定量分析装置で、測定精度については再現性が非常に優れていることが報告されている¹⁰⁾。被検骨は踵骨で、この骨は新陳代謝の盛んな海綿骨の占める割合が95%以上あり、骨塩量の減少に影響され易いため、骨粗鬆症の進行や診断には良い指標になるといわれている。また測定に要する時間も4~5分と短い。図3に骨密度の測定状況を示した。

結果と考察

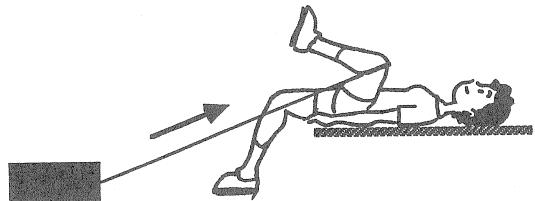
1. 最大筋出力パワー

図の4~6は各動作時の最大筋出力パワーの加齢による変化を、対象群および性別に示したものである。これらの値をさらに年代別、対象群別に平均値と標準偏差値で比較したものが図7~9である。

膝伸展



股関節屈曲



スクワット

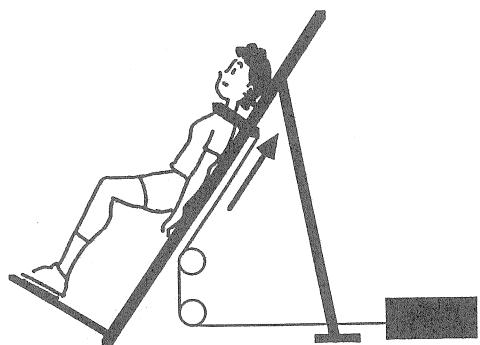


図1 筋出力パワー測定の動作

図4~6に示した各動作様式時の最大筋出力パワーは、ほとんどの動作においてA群とB群とも加齢とともに低下することが認められた。しかしスクワット動作時のA群男性の成績のみ加齢にともなう有意な低下は認められなかった。

図7~9は上段が男性、下段が女性の成績である。なおA群には70歳代の男性が10名、女性が6名、30歳代には女性が7名の測定値が含まれている。図7は膝伸展筋出力パワーの成績である。これは大腿四頭筋群が主働筋のパワーで、女性の40歳代にA群（フィットネスクラブ）、B群（茨城県

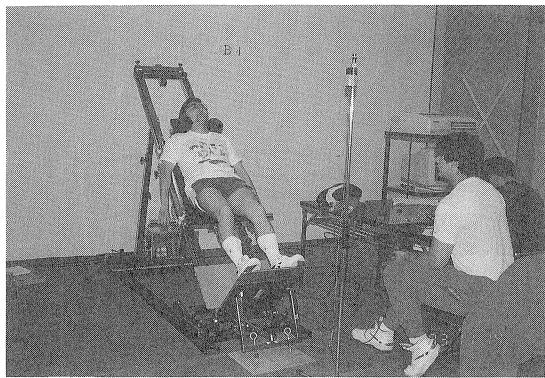


図2 スワット動作時の最大筋出力パワーの測定

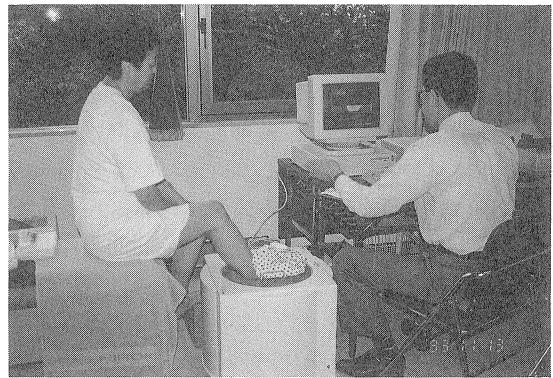


図3 骨密度の測定

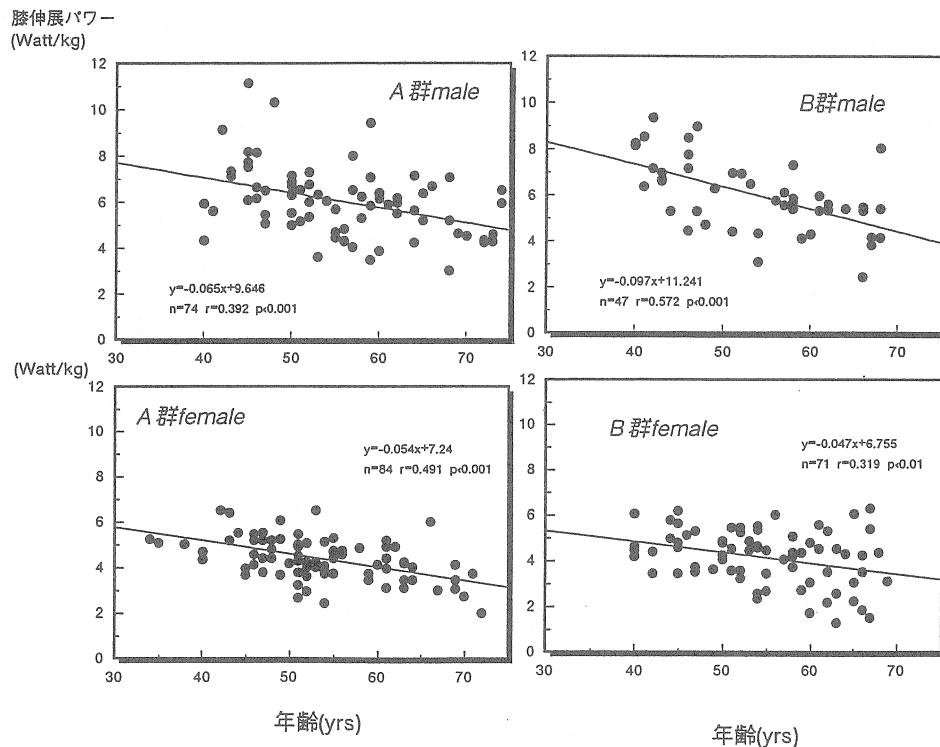


図4 年齢と膝伸展最大筋出力パワーの関係

股関節屈曲パワー
(Watt/kg)

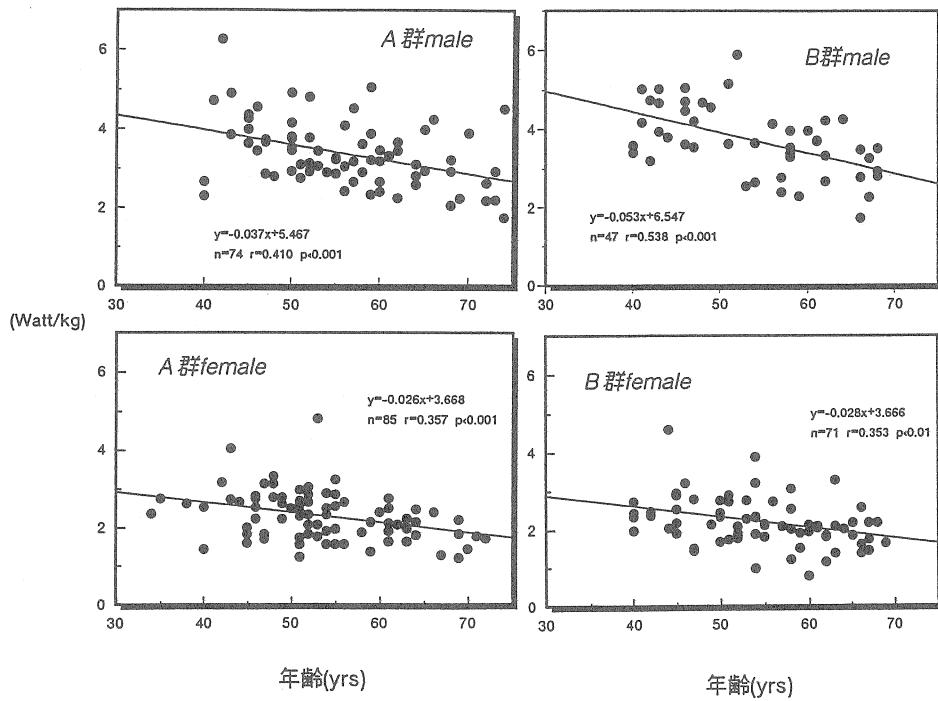


図 5 年齢と股関節屈曲最大筋出力パワーの関係

スクワットパワー
(Watt/kg)

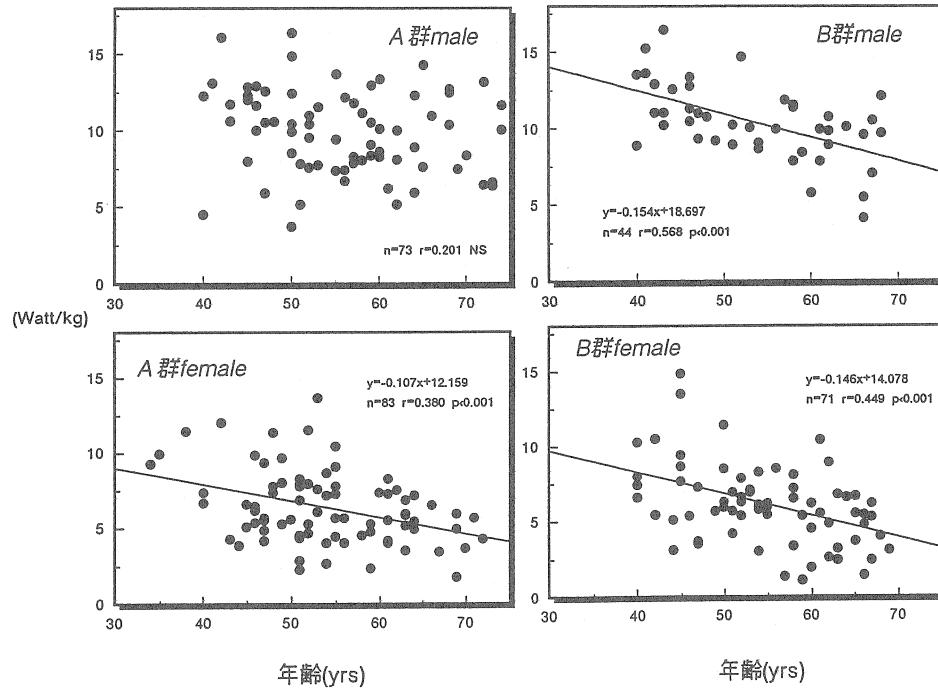


図 6 年齢とスクワット最大筋出力パワー

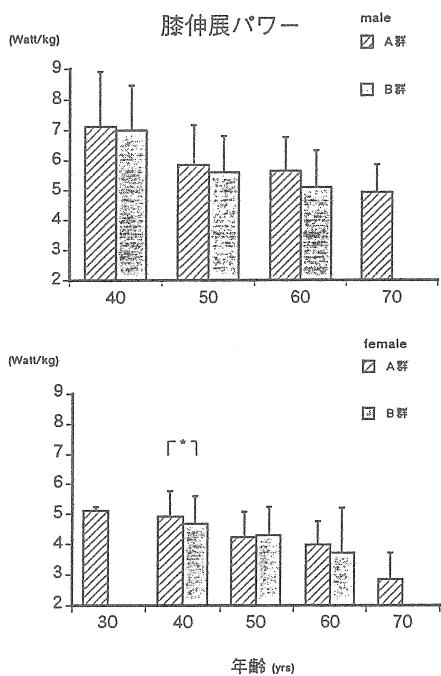


図7 膝伸展最大筋出力パワーの対象群別平均値と標準偏差

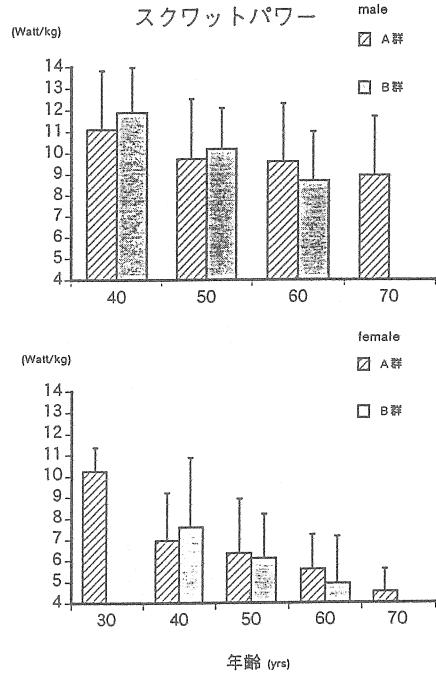


図9 スクワット動作時の最大筋出力パワーの対象群別平均値と標準偏差

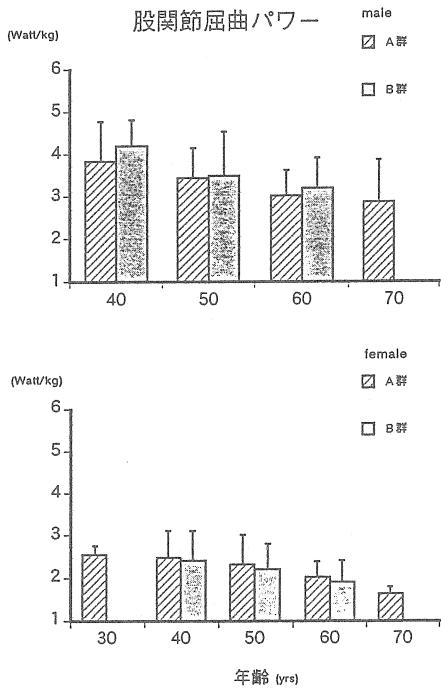


図8 股関節屈曲最大筋出力パワーの対象群別平均値と標準偏差

某村) 両群間に有意差が認められたのみである。股関節屈曲動作時の最大筋出力パワーは図8のとおりである。この動作様式は主に腸腰筋が主働筋として作用し、それに腹筋群などが関係してくる。この動作時の最大筋出力パワーは、男女各年代とも両群間に有意差は認められなかった。

図9は斜スクワット動作時の最大筋出力パワーである。この動作様式では下腿の筋群、大腿の筋群の総合された筋出力パワーであると考えてよい。図で明らかのように他の動作様式時の筋出力パワーの成績に比べて個人差が著しい。この動作様式は他の動作に比べて多くの筋が参加するために個人差が顕著に現われたものと考えられる。

以上のように本研究で対象とした中高年者は、A群、すなわち都心の会員制スポーツクラブに所属し、日頃から比較的運動の習慣になじんでいる集団と、B群、すなわち茨城県の某村民で、運動習慣はほとんど有していない兼業農家の人たちである。図の4から9までの成績で明らかのように、各動作様式時における最大筋出力パワーは、加齢による低下が認められたが、しかしA、B両群に

よる有意差は、ほとんどの年代で認められなかつた。当然スポーツクラブ会員であるA群の方が高値を示すと予測されるが、よく運動を実践しているといえども中高年者であるため、彼らの個別運動の内容は有酸素的な運動が中心となっており、筋力トレーニングの比重は著しく小さい。B群は運動習慣はないものの農作業がトレーニングとして考えることができ、これらのことから、A B両群間の最大筋出力パワーに有意差が認められない要因と考えられる。

2. 骨密度

骨格筋機能に影響を及ぼすと考えられる骨量は加齢にともない男女とも低下することが明らかにされている。特に中高年女性では閉経によって骨量の減少速度は加速し、男性に比べて著しく早く、これによって骨粗鬆症の状態に陥る。骨粗鬆症の危険因子で最も重要な点はカルシウム摂取不足と考えられていたが、近年では運動や筋活動が大きな影響を及ぼすことが多くの研究で明らかにされてきた。

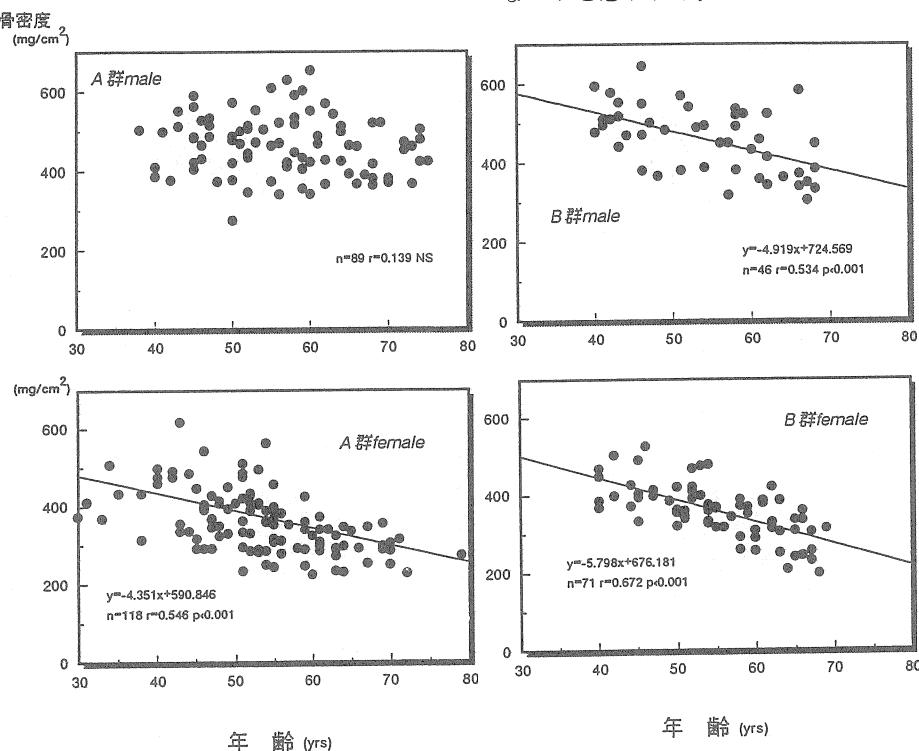


図10 年齢と骨密度の関係

以上のような背景もあって、本研究では骨密度についても検討を加えてみた。図10は年齢と骨密度との関係を対象群別、男女別に示したものである。図で明らかなようにA群、すなわちスポーツクラブ会員の男性以外は、いずれも骨密度は加齢にともない低下することが認められた。A群男性に相関がみられないのは、60歳代に達しても骨密度の低下が認められないためである。図11はA B両群の平均値を年代別、男女別にしたものである。この図でも明らかなようにA群男性の骨密度は40歳代から60歳代まではほとんど差が認められず、70歳代でも低下水準が小さい。そしてA B両群で有意差が認められた年代は男性の60歳代のみである。これらのこととは、A群男性では日常生活における運動習慣の形成が骨密度の低下を抑制しているのではないかと考えられる。

一方、女性についてみると、運動習慣を有する女性といえども加齢にともなう有意な低下が認められ、女性の場合骨密度に対しては運動習慣の実践よりも閉経にともなう影響の方が大きいのではないかと思われる。

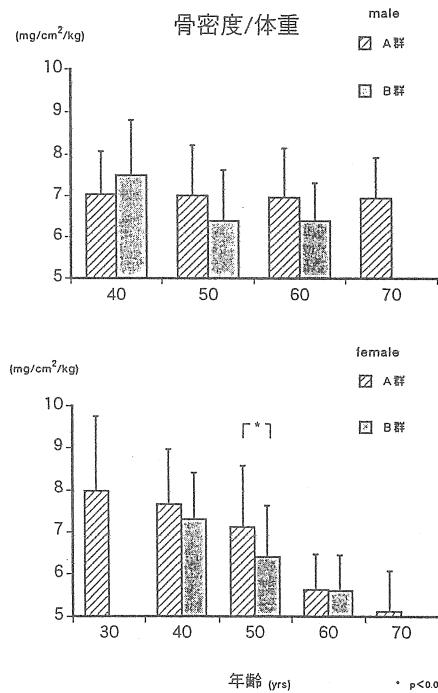
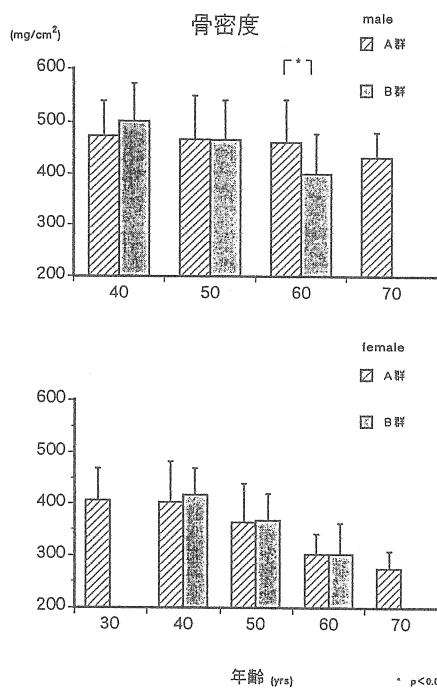


図11 骨密度の対象群別平均値と標準偏差

図13 体重当たりの骨密度の対象群別平均値と標準偏差

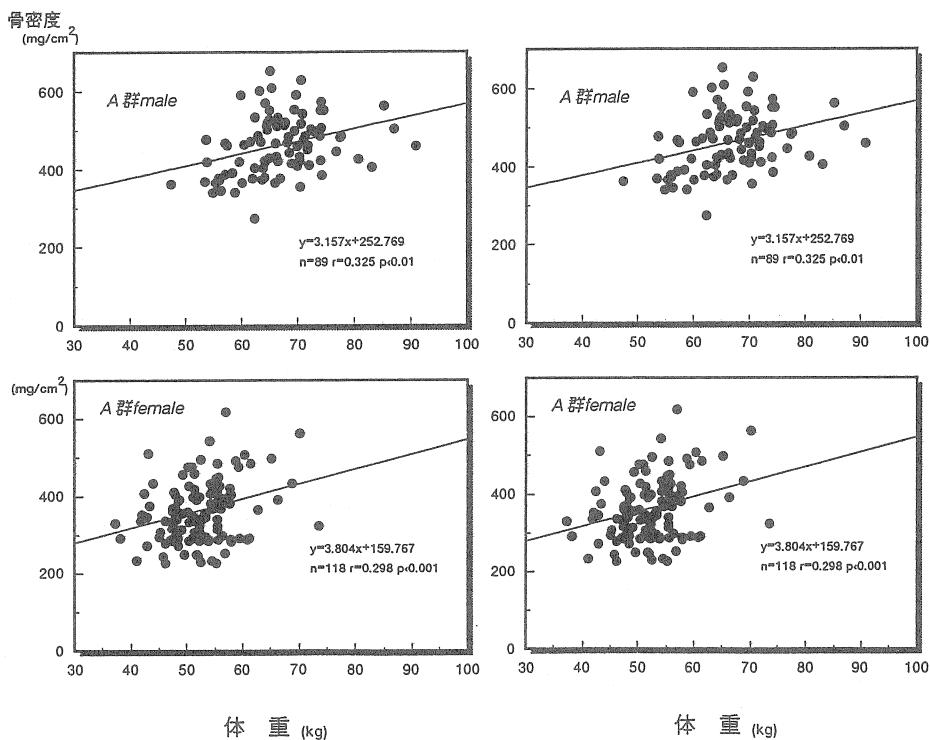


図12 体重と骨密度の関係

図12は骨密度と体重の関係をみたものである。図のようにA B両群、男女とも有意な正の相関が認められた。この骨密度と体重との関係の先行研究では、本研究のように相関が認められたという報告⁷⁾⁸⁾⁹⁾と反対に認められないという報告³⁾⁴⁾があり、現在のところ一致した知見は得られていないようである。これまでの報告で骨密度と体重に相関が認められない例では、中高年の一般女性を対象としているが、骨密度の測定部位は腰椎骨であり、本研究のように重力が直接加わる踵骨ではないことが異なる傾向を示した誘因かも知れない。

一般に骨粗鬆症の予防のためには骨に重力が加わるような身体活動が必要であるとの指摘が多い。下肢の骨は体重を支えており常に重力が加わった状態になっているため、体重の重い人は骨密度の値が高い傾向にあるものうなずけよう。

骨密度は体重に影響されるという結果から、骨密度を体重当りに算出して各年代別に平均値と標準偏差で表示したものが図13である。図12の測定

値と比べると、A B両群の差が明らかとなり、男性では50歳代、60歳代、女性では40歳代、50歳代でA群の方が高い傾向を示し、女性の50歳代では5%水準で有意差が認められた。

3. 最大筋出力パワーと骨密度の関係

3つの動作様式（膝伸展、股関節屈曲、斜スクワット）によって求めた最大筋出力パワーと骨密度との関係についてみたものが図14から図16である。

図14の膝伸展最大筋出力パワーでは、A群男性以外はすべて有意な正相関が認められ、大腿四頭筋群の発揮パワーが大きいほど骨密度は高い傾向が明らかとなった。スポーツクラブに所属するA群男性では、60歳をすぎると、膝伸展筋パワーは加齢に応じて低下が認められるが、骨密度の低下水準が著しく低いために、骨密度との間に相関が得られなかったのである。これは図10の年齢と骨密度の関係からみてもうなずける。

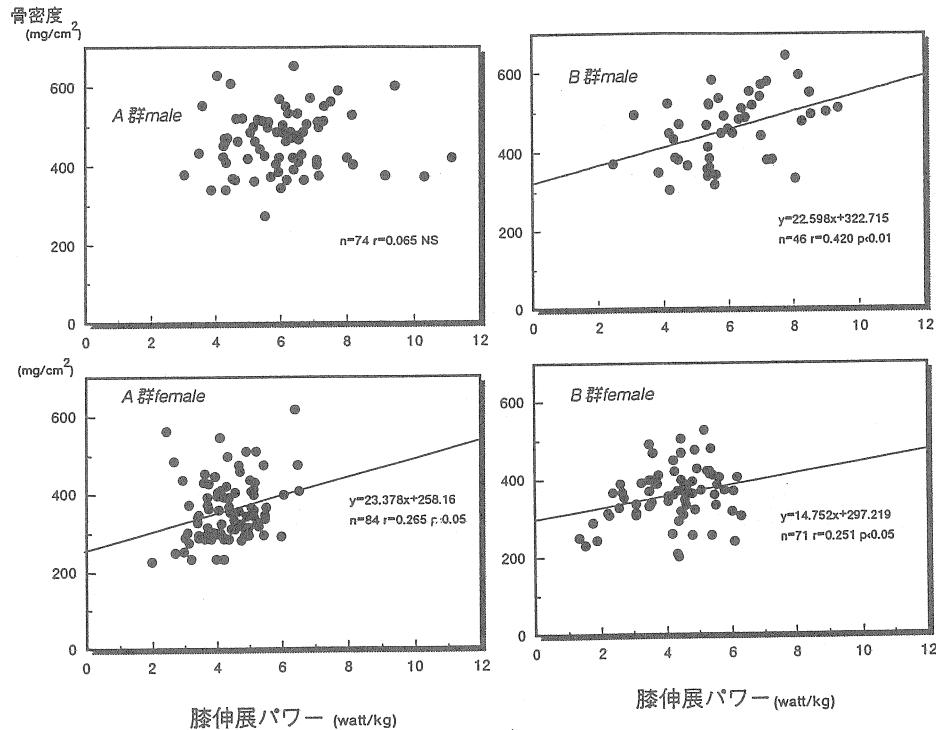


図14 膝伸展最大筋出力パワーと骨密度の関係

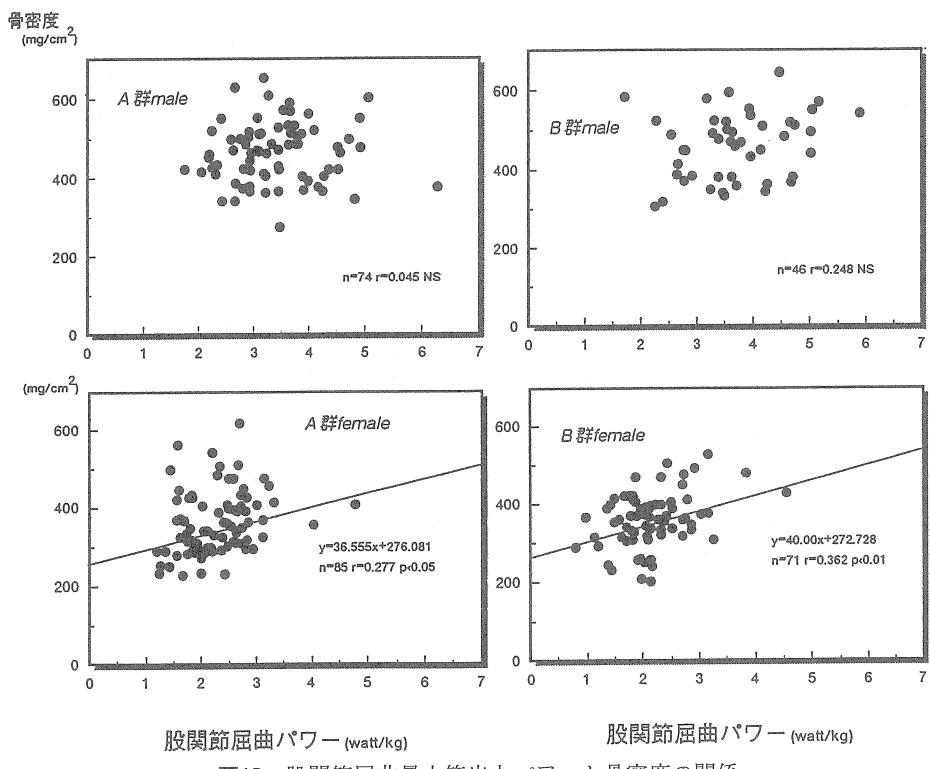


図15 股関節屈曲最大筋出力パワーと骨密度の関係

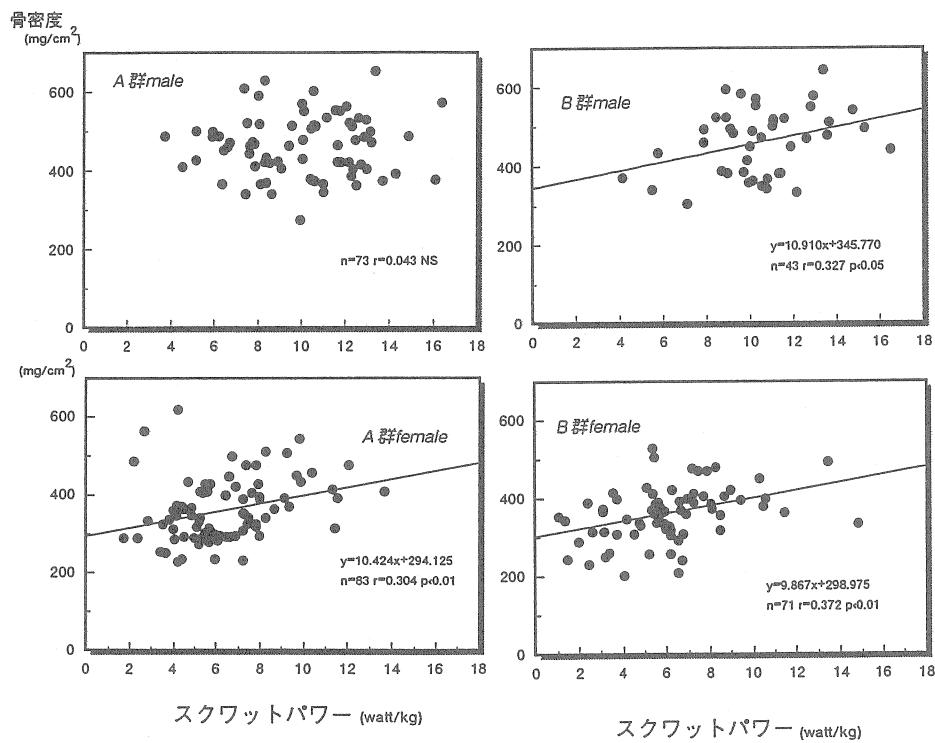


図16 スクワット動作時の最大筋出力パワーと骨密度の関係

中高年女性を対象に腰椎骨の骨塩量とサイベックスIIを用いた膝の伸展筋力について調べた東野³⁾らの報告によると、角速度60°/sec, 180°/sec時とも有意な正相関が認められたという。また増田ら⁵⁾は平均年齢33.6歳の男性43名、平均年齢34.9歳の女性35名を対象に膝伸展筋力を大腿骨頸部骨塩量との関係について調べている。その結果、運動速度60°/secでは両者とも有意な正相関が認められたと報告している。また井本ら⁴⁾は30歳から70歳未満の健常人女性175名に対して腰椎骨塩濃度と基礎体力との関係について報告している。それによると、脚伸展パワーとの間には0.1%の水準で有意な相関が認められとのべている。また脚筋パワーの指標と考えられる立ち幅とびや垂直とびなどとの間にも同様な水準で相関が認められたということも報告している。

以上のように本研究で得られた成績や先行研究による結果からも、脚の伸展筋機能水準の高い人は骨密度も高いということが推測される。

図15は股関節屈曲最大筋出力パワーと骨密度の関係を示したものである。この動作はもも上げの動作を意味し、この成績はA、B両群とも女性にのみ有意な相関が認められた。下肢筋力と骨塩量との関係について調べた Zimmermanら¹¹⁾の報告によると、股関節の屈曲筋力と第2～第4腰椎の骨塩量との相関がもっとも強かったとのべている。また、股関節外転筋力と大腿骨大転子部の骨塩量の間にも相関を認めたと報告している。そしてこれらのメカニズムとして筋の直接的な作用であると解釈しているが、膝の伸展筋力と大腿骨頸部、大転子部に加え腰椎骨塩量との間にも有意な相関が認められることから、間節的な作用も考えられるとして、これをAntigravity functionと呼んでいる。

図16は斜スクワット動作時の最大筋出力パワーと骨密度との関係である。この動作は下肢筋群全体の筋パワーを示しており、加齢にともなう骨密度の低下が認められないA群男性の成績以外はそれぞれ有意な相関が認められた。すなわち下肢筋群の発揮パワーが大きいほど骨密度は高いのである。

本研究ではかかとの踵骨の骨密度であり、測定

した下肢筋が直接付着して関与している訳ではない。にもかかわらず筋パワーと相関が認められるのは、Zimmermanらが指摘しているように、下肢筋群の間節作用によって踵骨の骨密度は影響されているものと考えられる。

ま と め

中高年者の筋機能を高めるためにはどのようなトレーニングプログラムが必要であるかを検索する一環として、筋出力パワーおよび骨密度の実態を明らかにしようとした。

対象は都心のフィットネスクラブに所属する40歳代から70歳代までの男女207名と茨城県東南部の人口11,000名の某村の住民男女118名である。この村は兼業農家が50%を占めている。なお平均年齢は前者の男性が56.7±9.46歳、女性は53.5±9.89歳、後者はそれぞれ54.0±9.11歳と54.7±8.09歳である。

最大筋出力パワーの測定はパワープロセッサを用いて行い、発揮動作は、膝伸展、股関節屈脚、斜スクワットの3つである。

骨密度はアメリカ・オスティオン社製のオステオアナライザーシステムIIを用いた。測定部位は右足の踵骨である。

その結果次のような知見を得た。

- 1) 3つの各動作における最大筋出力パワーは加齢による低下が認められた。
- 2) 各動作時の最大筋出力パワーをフィットネスクラブ会員（A群）と茨城県村民（B群）とで比較したところ、男女ともほとんど有意差はみられなかった。これはフィットネスクラブ会員といえども運動は有酸素系が主体で、筋力トレーニングの比重が著しく小さいことが要因ではないかと考えられる。
- 3) 骨密度はA群男性を除き加齢による有意な低下が認められた。A群男性は50歳以降の骨密度の低下が著しく小さく、これは運動の実践が影響しているものと考えられる。
- 4) 女性はA群といえども加齢による骨密度の低下は顕著で、運動実践より閉経の影響の方が大きいことを示唆しているものと思われる。
- 5) 骨密度と体重は、A B両群、男女とも有意な

正相関があり、骨密度は体重に依存する割合の大きいことが認められた。

6) 膝伸展および斜スクワット動作時の最大筋出力パワーと骨密度との間には、A群男性を除き正相関が認められ、下肢筋群の発揮パワーが大きいほど骨密度は高い傾向であった。このことから、踵骨の骨密度は下肢筋群の間節的な作用も影響しているものと考えられる。

参考文献

- 1) Benestad, A. M. : Trainability of old man. *Acta Medica Scand.*, 178, 321-327, 1965
- 2) 福永哲夫, 松尾彰文, 船渡和男, 矢田秀和, 沼沢秀雄, 湯浅景元, 勝亦肱一 : 短距離疾走能力を決定する因子, 平成3年度日本オリンピック委員会スポーツ医・科学的研究報告 No VI, 第3報, 147-154, 1991.
- 3) 東野十三雄, 山崎節正, 澤井一彦ら : 中高年女性における骨塩量と筋力との関係について, *臨床スポーツ医学*, 8(8), 875-881, 1991.
- 4) 井本岳秋, 中島仁子, 桜井洋子, 高沢竜一ら : 女性の腰椎骨塩濃度と基礎体力, *臨床スポーツ医学*, 10(6), 701-706, 1993.
- 5) 増田研一, 玉置哲也, 佐々木俊二 : 大腿部の筋力と骨塩量との局所関係について, *臨床スポーツ医学*, 10(11), 1372-1375, 1993.
- 6) Moritani, T. and H. A. Vries : Potential for gross muscle hypertrophy in old men. *J.Gerontol.*, 35, 672-682, 1980
- 7) 澤井和彦, 宮下充正 : 活動的な女性の閉経後の骨密度, *J.J.S.S.*, 12(9), 589-593, 1993
- 8) 鳥居俊 : 疲労骨折と骨密度 : *臨床スポーツ医学*, 10(8), 918-924, 1993.
- 9) 辻秀一, 勝川史憲, 大西祥平, 山崎元 : 若手アスリートの腰椎骨塩量と背筋力, *臨床スポーツ医学*, 10(6), 707-711, 1993.
- 10) 山本逸雄 : 骨塩定量法臨床応用上の問題点, *日骨形態誌*, 2巻, 199-205, 1992.
- 11) Zimmermann, C.L. et al. : Relationship of extremity muscle torque and bone mineral density in postmenopausal woman, *Physical Therapy*, 70, 302-309, 1990.

5. (1)大都市近郊農漁村部の中高年者における筋組織厚および 皮下脂肪厚の加齢変化

報告者 安部 孝¹⁾ 福永 哲夫²⁾

身体を構成する脂肪や筋組織の量、あるいはその分布は生活環境や習慣、社会的環境に大きく影響されていることが知られている。我々はこれまで成人男女を対象に、都市部生活者、農村部生活者および漁村部生活者の筋組織厚や皮下脂肪厚分布の特徴について検討してきた(Fukunaga et al., J. Therm. Biol. 1993)。皮下脂肪の分布は肥満という観点だけではなく、循環器系疾患の危険因子の誘発度の面から注目されており、その特徴を検討することは成人病の予防という視点から極めて重要である。また、筋組織厚の分布は日常の身体活動の状態を示す指標として、さらには高齢者にみられる歩行障害や骨折等を予期する指標としても有効であると考えられる。

本調査研究では、大都市近郊部にある農漁村部の中高齢者の筋組織厚および皮下脂肪厚の加齢変化を検討するとともに、これまで筆者らが実施してきた他の地域における調査結果と比較検討することを目的とした。

方 法

本調査の対象者は、茨城県太洋村に在住する40才以上の中高齢男女118名であった。対象者は調査の目的やその安全性を充分理解し、自主的に調査に参加した。各年齢別の人数は表1(男性)および表2(女性)に示した通りである。皮下脂肪厚および筋組織厚の測定はアロカ社製の超音波Bモード装置(SSD-500)を用い、立位姿勢で行なった。測定部位は前腕部の前面、上腕部の前後面、腹部、肩甲骨下部、大腿部の前後面および下腿部の前後面の合計9ヶ所で、すべてからだの右側とした。超音波測定に際し、測定部位の位置を決定

するため形態計測を行なった(Abe et al., Am. J. Human Biol. 1994)。各部位から得られた超音波断層画像より皮下脂肪厚(皮膚から皮下脂肪と筋組織の境界線までの距離)および筋組織(皮下脂肪と筋の境界線から骨までの距離)の厚さをミリメートル単位で計測した。同一検者による測定の再現性は、皮下脂肪厚、筋組織厚とも1mm以内であった。

結果と考察

各年齢別の皮下脂肪厚および筋組織厚の平均値を表1(男性)と表2(女性)に示した。男性の皮下脂肪厚では腹部が最も大きな値を示し、40才代の平均が約21mmであった。また、前腕や下腿部といった末梢部では約5mmと最も低い値を示した。男性の皮下脂肪厚には加齢による変化は観察されなかった。女性においても腹部の皮下脂肪が最も厚く、平均で約34-36mmであり、男性のそれよりも約15mm高い値であった。また、60才代の女性では40才代に比べ、肩甲骨下部および大腿部後面の皮下脂肪厚が有意に低かった。男性の皮下脂肪厚は同年代の大都市生活者(例えば、腹部皮下脂肪厚の平均が約22mm)とほぼ一致していたが、東北農村部の中年男性(例えば、腹部皮下脂肪厚の平均が約15mm)と比較すると明らかに高い値を示していた。女性の皮下脂肪では、東京在住者や東北農村部生活者の値に比べ本調査の結果は明かに高い値を示し、特に腹部の皮下脂肪厚では顕著であった。平均値でみると、皮下脂肪の分布パターンには地域による大きな差は観察されなかった。

本調査の筋組織厚を年代別に比較すると、男女

1) 東京都立大学 2) 東京大学

表1 男性の筋組織厚および皮下脂肪厚分布

	Age class (years)		
	40-49	50-59	60-69
N	18	14	15
Age(years)	44.1(2.9)	55.2(2.8)	64.5(2.9)
Height(cm)	167.4(6.3)	164.7(5.2)	161.9(6.1)*
Weight(kg)	68.1(11.2)	67.2(8.7)	62.1(6.5)
BMI(kg/m ²)	24.2(3.3)	24.9(3.7)	23.7(1.4)
Subcutaneous AT thickness (mm)			
Forearm	5.0(1.3)	4.7(1.0)	4.6(0.6)
Biceps	4.4(1.1)	4.2(1.1)	4.1(1.1)
Triceps	6.8(1.6)	6.7(1.9)	7.1(1.2)
Abdomen	21.2(8.3)	20.9(8.8)	19.4(5.4)
Subscapula	11.1(3.4)	10.9(3.5)	10.7(2.6)
Quadriceps	6.8(1.8)	6.5(2.3)	7.6(1.8)
Hamstrings	5.8(1.3)	6.2(1.7)	6.5(1.7)
Tibialis anterior	4.4(0.5)	4.4(0.9)	4.5(0.5)
Gastrocnemius	4.9(1.2)	5.2(1.3)	5.3(0.8)
Muscle thickness (mm)			
Forearm	22.2(3.4)	21.9(3.7)	20.5(2.7)
Biceps	31.1(3.0)	32.3(2.9)	29.2(2.6)‡
Triceps	35.6(5.1)	33.9(5.9)	31.3(4.9)*
Abdomen	12.4(1.8)	12.3(2.5)	10.9(1.8)*
Subscapula	23.4(4.2)	22.6(4.1)	21.9(3.3)
Quadriceps	48.4(6.0)	44.8(6.3)	41.3(5.0)*
Hamstrings	58.6(6.1)	59.6(6.4)	55.4(4.6)
Tibialis anterior	30.8(3.2)	29.9(1.8)	28.2(3.2)*
Gastrocnemius	67.7(5.5)	64.1(5.0)	64.5(4.5)

BMI, body mass index; WHR, waist/hip circumference ratio

* Significant difference between 40-49 group and 60-69 group.

‡ Significant difference between 50-59 group and 60-69 group.

表2 女性の筋組織厚および皮下脂肪厚分布

	Age class (years)		
	40-49	50-59	60-69
N	18	30	23
Age(years)	44.1(2.8)	53.9(2.9)	64.0(2.7)
Height(cm)	154.3(5.5)	152.2(5.4)	150.8(5.3)*
Weight(kg)	57.4(5.3)	56.8(9.3)	53.8(7.1)
BMI(kg/m ²)	24.1(2.3)	24.5(3.5)	23.6(2.6)
Subcutaneous AT thickness (mm)			
Forearm	6.2(1.2)	6.4(1.3)	6.3(1.3)
Biceps	7.0(2.0)	7.5(2.6)	7.2(1.6)
Triceps	12.8(2.5)	12.5(3.0)	12.2(2.2)
Abdomen	33.9(9.1)	36.4(13.4)	34.2(7.6)
Subscapula	19.1(6.0)	17.6(5.9)	15.1(3.8)*
Quadriceps	13.3(4.1)	11.9(3.5)	11.8(3.2)
Hamstrings	11.5(3.5)	10.3(3.7)	9.3(2.5)*
Tibialis anterior	6.2(1.1)	5.8(1.7)	5.3(1.0)
Gastrocnemius	7.5(1.7)	6.9(1.7)	6.8(1.7)
Muscle thickness (mm)			
Forearm	18.1(2.3)	18.6(2.9)	16.6(2.6)*
Biceps	24.2(2.7)	24.1(2.5)	22.0(3.1)*‡
Triceps	26.8(4.0)	28.8(3.3)	27.7(4.9)
Abdomen	9.3(1.5)	9.3(1.4)	8.1(1.3)*‡
Subscapula	18.4(4.2)	19.5(4.6)	19.3(3.7)
Quadriceps	43.4(5.0)	42.8(5.3)	38.9(6.6)*‡
Hamstrings	55.4(3.5)	56.2(6.4)	53.0(5.3)*
Tibialis anterior	26.7(2.2)	26.0(2.4)	25.0(3.1)*
Gastrocnemius	61.9(5.4)	59.7(4.2)	57.0(4.4)

BMI, body mass index; WHR, waist/hip circumference ratio

* Significant difference between 40-49 group and 60-69 group.

‡ Significant difference between 50-59 group and 60-69 group.

とも40代と50代の間には有意な差は認められなかったが、60代では他の年代に比べ幾つかの部位において有意な低下が観察された。特に上腕前面や腹部、大腿部の筋厚ではその低下が他の部位よりも大きかった。一方、肩甲骨下部や下腿部後面のように男女とも加齢による明らかな変化が認められない部位もみられた。これまでの報告では、加齢によって大腿部前面の筋厚が顕著に低下するこ

とを観察しているが、今回の結果でも同様の傾向が認められた。40代と50代の筋組織厚を比較すると、ほとんど変化がみられない部位と大腿部前面のように他の部位にさきがけて低下（統計的に有意ではないが）している部位もみられる。上記の結果は、大腿四頭筋が加齢による筋組織量の低下を最初にあらわしている部位である可能性を示唆するものである。

5. (2) 中高年者における筋の形態的特性

報 告 者 川上 泰雄¹⁾ 福永 哲夫¹⁾

緒 言

日本人の平均寿命は延長の一途をたどっており、21世紀を待たずしてわが国は急速に高齢化社会を迎えている。その一方で、生活環境の機械化が進み、日常生活における身体活動量の減少と運動の必要性が叫ばれて久しい。

老化とともに身体の機能がある程度衰えることはやむを得ないが、機能低下の程度を最小限にいくとめ、行いたい動作を不自由なくできるという身体の状態を保つておくことは、必要不可欠なことである。そのための方策を検討することは、人口に占める中高年の割合が増加してきているとともに、身体活動量が絶対的に減少している現代において、最も必要な検討課題であるといえよう。そのための第一歩として、現在の中高年の特徴を身体の形態的および機能的な側面から把握しておくことが大切である。しかし、中高年の筋力や持久力などといった運動遂行能力、すなわち身体の機能的特性についての報告はこれまでに数多くなされている^{1,7)}ものの、身体運動の源である筋の形態的特性について中高年を対象とした調査はこれまでほとんどみられない。

本報告においては、中高年男女を対象として、筋の形態的側面からアプローチを試みた。特に、身体運動において頻繁に使用される体肢の骨格筋群について、超音波法によって筋の量的特性（筋厚）と筋内の筋線維配置について検討を加えた。

方 法

被検者は東京都内に在住する中高年男女289名（女性162名、男性127名）であった。表1に被検者の身体的特性を示す。被検者の年齢は40歳から78歳にわたっていた。被検者には測定の方法につ

いて説明し、測定への参加に対する同意を得るとともに、測定結果を説明を加えて提供した。被検者は全年齢層において比較的活動レベルの高い人から座業がちの人まで含まれていた。

形態計測は通常の方法にしたがって身長、体重、体肢長、周径囲について行った。また、体肢筋群（上肢については上腕三頭筋、下肢については外側広筋と腓腹筋）の3筋について、超音波法を用いて測定を行った。測定位置は上腕三頭筋（TB）が上腕長の遠位60%，外側広筋（VL）が大腿長の50%の位置、腓腹筋（内側頭、MG）が下腿長の遠位30%であり、周径囲の測定と同一部位であった。Bモード超音波装置（アロカ社製 SSD-500）を用いて、TB、VL、MGについて、筋厚（MT）と羽状角（FA）を測定した。TBの筋厚は、超音波による組織横断像において皮下脂肪とTBの境界と、TBと上腕骨の境界との間の距離とし、VL、MGについてはそれぞれが接する筋（中間広筋、ヒラメ筋）までの距離とした（図1）。各測定部位において、筋厚が最も大きくなる部位（ほぼ筋幅の中央）を測定した。羽状角については、超音波による縦断像より、それぞれの筋（上腕三頭筋については長頭）の深部腱膜と筋束とのなす角度とした。図2に上腕三頭筋について超音波画像と測定例を示す。測定の精度および再現性については別途確認した³⁻⁶⁾。さらに、MTとFAから以下の式によって筋束長（深部腱膜から表在腱膜までわたっている筋束の距離）を推定した⁵⁾。

$$FL = MT / \sin(FA)$$

なお、分析にあたっては表1に示したように、被検者を男女に分け、さらにそれぞれ40歳台、50歳台、60歳台、70歳台にグループ分けした。

1) 東京大学教養学部

表 1 被検者の身体的特性

	女性			男性				
	40歳台	50歳台	60歳台	70歳台	40歳台	50歳台	60歳台	70歳台
被検者数	42	64	53	3	37	43	35	12
年齢(歳)	45	54	64	71	44	54	64	73
	(2.8)	(2.6)	(2.7)	(1.0)	(2.6)	(3.1)	(3.0)	(1.9)
身長(cm)	156.6	154.2	152.3	149.7	167.9	166.4	165.3	162.8
	(5.4)	(5.8)	(6.0)	(4.6)	(6.2)	(5.5)	(5.4)	(4.3)
体重(kg)	55.1	54.8	53.4	52.1	68.1	67.6	64.2	59.9
	(6.2)	(7.7)	(6.5)	(3.0)	(9.4)	(7.3)	(7.9)	(6.8)
上腕長(cm)	28.8	28.3	28.2	27.2	30.8	31.0	31.0	30.8
	(1.3)	(1.3)	(1.8)	(0.8)	(2.0)	(1.3)	(1.3)	(1.7)
上腕圍	26.1	26.4	26.3	26.0	28.6	28.6	27.5	26.0
	(2.6)	(2.4)	(2.0)	(1.8)	(2.6)	(1.9)	(2.3)	(1.8)
大脛長	35.9	35.5	35.0	33.0	38.0	37.6	37.3	37.3
	(2.1)	(2.1)	(1.7)	(2.3)	(2.5)	(2.1)	(1.7)	(1.9)
大脛圍	47.3	46.5	45.7	44.5	49.4	48.9	47.3	45.8
	(4.1)	(5.7)	(3.4)	(1.3)	(3.4)	(2.8)	(3.3)	(2.6)
下腿長	34.9	34.7	34.2	33.0	37.5	37.3	37.1	35.8
	(1.7)	(1.7)	(1.6)	(2.0)	(2.1)	(2.0)	(1.5)	(2.9)
下腿圍	34.0	33.4	32.7	32.3	35.9	35.7	35.2	34.6
	(2.4)	(2.1)	(2.2)	(1.1)	(2.6)	(2.1)	(2.4)	(2.0)

平均値 (SD)

Triceps brachii (long head)

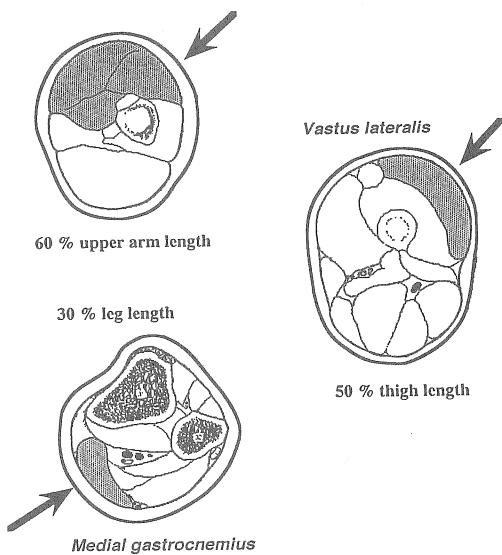


図 1 測定部位

Triceps brachii(long head) : 上腕三頭筋(長頭)

Vastus lateralis : 外側広筋

Medial gastrocnemius : 内側腓腹筋

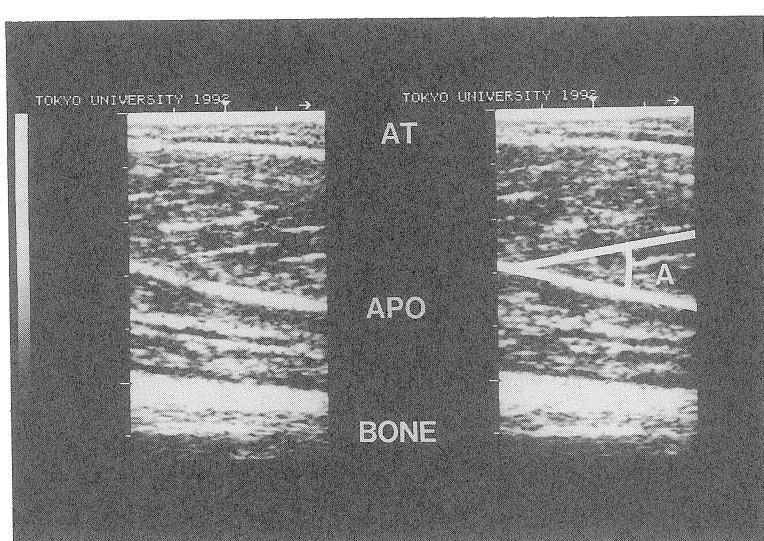


図 2 超音波による上腕三頭筋の縦断画像

AT : 皮下脂肪

APO : 上腕三頭筋長頭の深部腱膜

BONE : 上腕骨

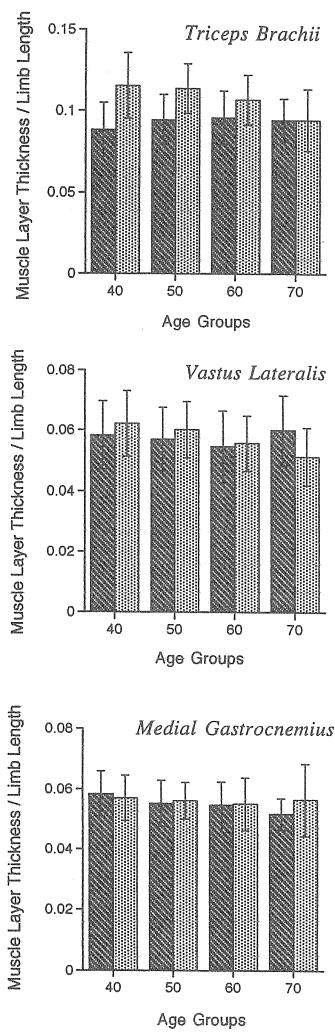


図3 体肢長当たりの筋厚

棒グラフの左側は女性、右側は男性の平均値±SD,
以下同様

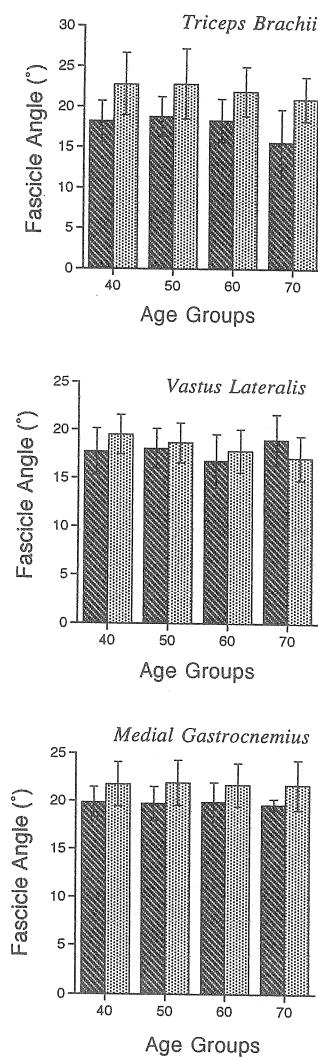


図4 年齢と羽状角の関係

図中の表示方法は図3と同様

結果と考察

図3に、各年代におけるMTの平均値を示した。MTは筋量を反映し、また、筋量は体格の影響を受けると考えられることから、この図では、筋厚をそれぞれが存在する体肢の長さで除することによって正規化している。図からわかるように、TBおよびVLにおいては、男性では加齢に伴って筋厚に減少傾向が認められた。一方、女性ではそのような一貫した傾向はみられず、平均値はほとんど同じであった。また、MGについては、男女とも年齢による違いは認められなかった。加齢に伴う筋厚の減少は、筋の使用頻度の低下を反映していると考えられ、この傾向が男性において顕著にみられたことは、男性における活動量の低下を示すものと考えられる。女性においては、日常生活の中で身体を動かす機会が多く、このことが筋厚（筋量）の低下を押さえているのではないだろうか。MGは足関節の底屈に関与する筋であるが、立位姿勢でもある程度活動している筋であるため、加齢に伴う筋厚の低下は他の2筋ほど顕著には認められなかつたのではないかと考えられる。

各年齢群におけるFAについて示したのが図4であるが、MTほど明確な傾向は認められなかった。TBおよびVLでは加齢に伴って若干の低下傾向を示したが、MTほどは顕著ではなかった。MTとFAとの間には正の相関関係があり、筋肥大は羽状角の増加を伴うことが先行研究において示されているが³⁾、本研究ではMTの低下はFAの減少を必ずしも伴わない結果が認められた。これは、FAの減少が測定誤差のなかにも埋もれてしまったことによる⁸⁾か、もしくは筋萎縮における筋architectureの変化は筋肥大と完全に逆の過程を経るわけではない²⁾ことを示唆しているが、どちらによるもののかは、同一被検者による縦断的な研究を待たねばならぬ、今後の検討課題である。

図5は、推定筋束長の各年齢群における平均値を示している。これもFAと同様、明確な傾向はみられないが、MGにおいては特に女性において若干の低下傾向を示している。本研究の方法で求めたFLは、屍体の解剖による筋線維長の実測長とほぼ等しい⁵⁾ことから、筋線維長を示しているもの

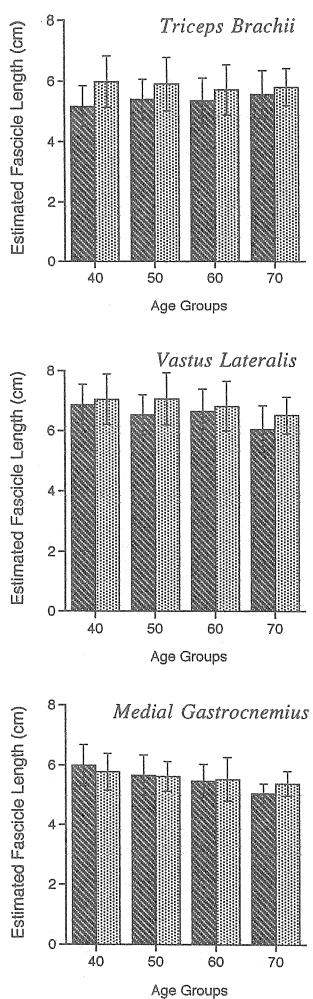


図5 年齢と推定筋束長の関係
図中の表示方法は図3と同様

と考えることができるが、加齢に伴い減少した結果は、中高年における筋萎縮が筋線維の横断面積の減少のみならず筋線維長の短縮をも伴うことを示唆しており、動物の発育期における筋線維長の変化についての先行研究の結果⁹⁾と逆の傾向であり興味深い。ただし、TB および VL ではこのような傾向ははっきりとは示されなかった。筋群による差異であるか、測定誤差の問題であるかは今後の検討が必要である。

参考文献

- 1) Åstrand, P.O. : Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta Physiol. Scand.*, 49 (Suppl.), 169, 1960.
- 2) Huijing, P.A. and Heslinga, J.W. : Muscle fibre (hyper-)trophy and atrophy in relation to fibre angle. XIII International Congress of Biomechanics Proceedings, 1991, pp. 14-15.
- 3) Kawakami, Y., Abe, T., and Fukunaga, T. : Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J. Appl. Physiol.*, 74 : 2740-2744, 1993.
- 4) 川上泰雄, 安部 孝, 福永哲夫: 筋厚と筋線維角度に基づいた羽状筋のアーキテクチャモデルー第1報ー。東京大学教養学部体育学紀要, 27 : 9-13, 1993.
- 5) 川上泰雄, 福永哲夫: 筋群間にみられる筋厚と筋線維角度の相互関係。東京大学教養学部体育紀要, 28, 1994 (印刷中)
- 6) Kawakami, Y., et al. : Changes in muscle architecture as result of resistance training. in preparation.
- 7) 宮下充正, 武藤芳照(編) : 高齢者とスポーツ。東京大学出版会, 東京, 1986.
- 8) Rutherford O.M. and Jones D.A. : Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 65 : 433-437, 1992.
- 9) Willems, M.E.T. and P.A. Huijing : Effect of growth on architecture of rat semimembranosus lateralis muscle. *Anat. Rec.*, 233 : 25-31, 1992.

5. (3)中高年者のパワー発揮特性について

報 告 者 松尾 彰文¹⁾

研究協力者 船渡 和男¹⁾ 岡田 純一²⁾ 福永 哲夫¹⁾

1. 目 的

人の筋の収縮特性をみると加齢にともない筋力は減少し、その収縮速度も減少するといわれている。しかしながら、どちらの要因が加齢による影響を受けやすいかは十分に検討されていない。本研究では中高年齢者を対象に比較的軽い負荷強度をかけた動作において発揮される力と速度を測定し、パワーの発揮特性を明らかにしようとした。

2. 方 法

2. 1. 被験者

本研究の被験者は年齢が40歳以上70歳未満の茨城県大洋村在住の男女134名、東京都内在住の男女188名であった。本研究では年令を基準に6つの年令群に分けた（40男；40才台の男子、50男；50才台の男子、60男；60才台の男子、40女；40才台の女子、50女；50才台の女子、60女；60才台の女子）。年令群別にみた被験者の身体特性を表1に示した。

2. 2. パワー測定装置

各種動作様式でのパワーを測定するためにもついた測定装置はワイヤーの巻取装置、巻取装置の回転軸パルス検出装置、ワイヤーの張力検出装置及びワイヤーの負荷装置により構成されている(図1)。ワイヤーの引き出し速度はブーリーの回転軸に取付られたロータリーエンコーダの1/500回転毎に発するパルス間隔により、また、張力はロードセルによりそれぞれ検出される。ワイヤーに作用する負荷はパウダーブレーキによる等張力性で与えられ、その強度はパウダーブレーキに供給される電圧調節装置で制御される。装置全体の機械的な慣性が含まれるため、パウダーブレーキに供

給される電圧が0Vでも約1kgの負荷がワイヤーにかかっている。最大負荷は電圧24Vで140kgである。いろいろな動作でワイヤー引いたときに得られる力と引き出し速度のデータは500Hzでパソコンコンピュータに取り込まれ、力、速度およびパワーの時間経過にともなう変化の算出に用いられる。

本研究では、一動作の最大パワー(P)、および最大パワー出現時の力(F)およびスピード(V)について分析した(図2)。

2. 3. パワー測定姿勢

本研究で測定した動作は膝関節の伸展及び屈曲動作、股関節の屈曲動作、および下肢の伸展動作であった(図3)。なお、膝の屈脚動作については大洋村の被験者についてのみ測定した。次にそれぞれの動作を説明する。

1. 膝の伸展動作 (KE) ; 仰臥位にて足首にワイヤーを接続し、膝関節角度90度から膝関節を伸展する動作。
2. 膝の屈曲動作 (KF) ; 伏臥位にて足首にワイヤーを接続し、膝を最大に伸展させた姿勢から膝を屈曲させる動作。
3. 股関節の屈曲動作 (HF) ; 仰臥位にて膝関節にワイヤーを接続し、膝関節を90度に保ちながら股関節を屈曲させる動作。
4. 脚の伸展動作 (ISQ) ; 45度に傾斜した台で、膝関節を90度屈曲した状態から膝関節及び股関節を伸展させる動作。

2. 4. 測定手順

被験者はそれぞれの動作になれるための練習を十分に行った後に、最大努力によるパワーを測定

1) 東京大学教養学部 2) 日本体育協会スポーツ医科学研究所

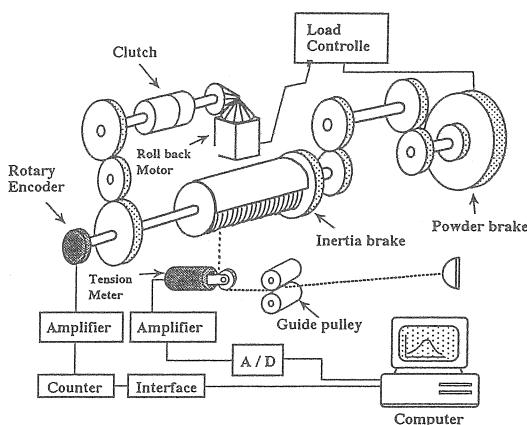


図1 パワー測定装置の構成図。

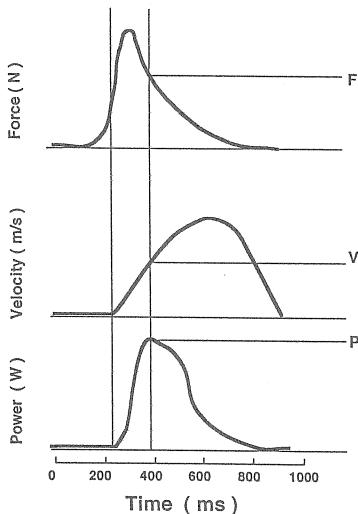


図2 パワー測定装置により測定された力、速度およびパワー。

表1 被験者の身体的特性

sex	Group	n	age year	Ht cm	Wt kg
Male	40	37	44.3 ± 2.6	167.9 ± 6.2	68.1 ± 9.4
	50	49	54.7 ± 3.2	166.5 ± 5.3	67.7 ± 7.0
	60	37	64.3 ± 3.0	164.8 ± 5.1	65.2 ± 8.7
	total	134			
Female	40	49	44.9 ± 2.8	156.6 ± 5.5	54.5 ± 6.7
	50	76	54.0 ± 2.7	154.1 ± 5.6	54.4 ± 7.6
	60	50	63.9 ± 2.8	152.6 ± 6.0	53.3 ± 6.6
	total	188			

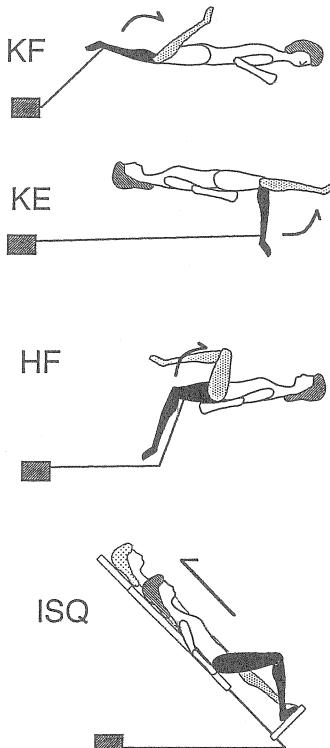


図3 パワー測定姿勢。

した。ワイヤーの負荷はISQをのぞき測定装置の0 Vからはじめ、ワイヤーが引き出せなくなる負荷まで、漸増的に増大させていった。ISQでは、ワイヤーの負荷が体重に相当する条件からはじめた。いずれの負荷でも2回から3回の測定を実施し、パワーの値がもっとも高い値を示した試行で得られたデータをその負荷における代表値とした。

2.5. 統計処理

膝では1kgと5kg、股関節伸展では1kg、5kgおよび13kg、脚伸展では男が57kgから120kgまで、女が42kgから70kgまでの負荷強度で得られた値を分析した。本研究では負荷強度ごとにパワー、速度及び力を年令別に平均値と標準偏差を算出した。

3. 結果及び考察

3. 1. 膝関節の伸展および屈曲動作時のパワー

膝関節の伸展動作 (KE) 及び屈脚動作 (KF) における P, V および F を年令ごとに負荷別の平均値と標準偏差でみたものを表 2 に示した。負荷強度と P および V の関係を平均値でみたものを図 4 に示した。

KE についてみると P と V ともに男女を問わばどの負荷でも高齢者ほど低い値を示す傾向がみられた。女の V ではどの年齢でも負荷強度の増大にともない減少した。KF では P と V ともに男女を問わば同じ負荷では高齢者ほど低い値を示した。V はどの年令でも負荷強度の増加にともない減少する傾向がみられた。

50歳および60歳の値を40歳を基準としたパーセントとし、負荷別にみたものが図 5 である。KE についてみると50男のP, V およびFは80%から95%, 60男では80%から90%の値を示し、P, V お

より F ともに年齢が高いほど低い値を示す傾向がみられた。女子についてみると P, V および F は 50女ではおよそ 90% から 95%, 60女では 70% から 80% の値を示した。KF についてみると 50 男はほぼ KE と同じ水準の値 (85% から 95%) を示したが、60 男の値はそれぞれに 10% づつ低い値 (70% から 85%) を示した。また、50 女では 80% から 90%, 60 女では 60% から 85% の値を示した。KF ではいずれの群でも P, V および F とも高齢者ほどパワー、速度および力が低かった。

Viitasalo, J.T.ら (1985) は30歳から70歳の男において等尺性の力は肘、膝および腰などの場所により年令の影響が異なり、肘関節ではその影響が比較的少なかったことを報告している。本研究結果では男では彼らのような傾向がみられなかった。しかしながら、60男では負荷強度の増大にともない力は40男に近づく傾向がみられており、等尺性に近づくと彼らと同様の結果が得られる可能性があると考えられる。

表 2 膝関節伸展および屈曲動作時の年齢ごとにみた負荷別の P, V および F の平均値と標準偏差。
上段が伸展、下段が屈曲

Knee Extension			
Age	Load	n	
	kg		P watt
Male	40	1	27
			365.4±85.8
	5	27	384.3±88.8
			2.171±0.345
	5	29	319.2±74.6
			2.112±0.355
	5	28	357.4±83.9
			2.159±0.335
	60	1	23
			288.7±81.9
			1.969±0.340
	5	23	312.0±78.9
			1.998±0.364
	5	23	154.7±22.4
Female	40	1	29
			233.6±40.6
	5	30	247.1±51.7
			1.783±0.233
	5	43	218.6±52.9
			1.828±0.299
	5	44	228.2±49.6
			1.727±0.235
	60	1	31
			155.8±61.3
			1.621±0.394
	5	29	171.1±59.7
			1.465±0.341
	5	29	113.8±14.7

Knee Flexion			
Age	Load	n	
	kg		P watt
Male	40	1	19
			237.1±64.3
	5	19	268.3±66.2
			2.083±0.310
	5	16	231.3±83.9
			2.025±0.327
	5	16	240.5±74.3
			1.790±0.292
	60	1	17
			176.7±50.3
			1.768±0.340
	5	17	187.4±53.0
			1.626±0.256
Female	40	1	18
			138.9±26.7
	5	18	147.1±29.5
			1.420±0.224
	50	1	31
			112.3±32.8
	5	31	120.5±37.9
			1.511±0.255
	60	1	23
			94.8±30.5
	5	23	92.8±35.7
			0.992±0.287
	5	23	91.0±11.8

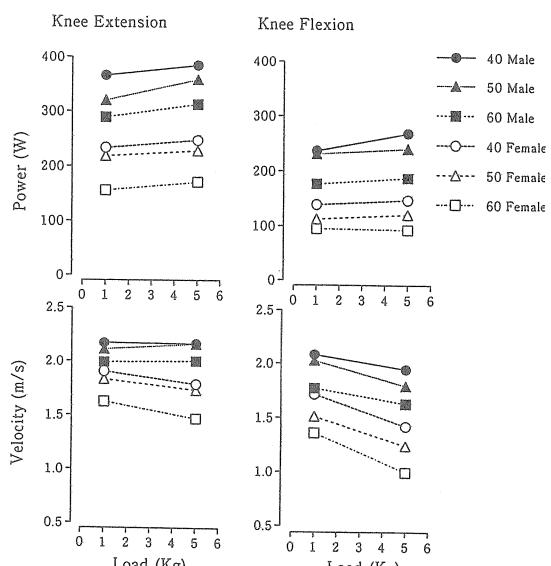


図 4 膝関節伸展 (KE) および屈曲動作 (KF) 時における負荷強度と P および V の関係。値は年齢別の平均値と標準偏差。左図が伸展、右図が屈曲である。

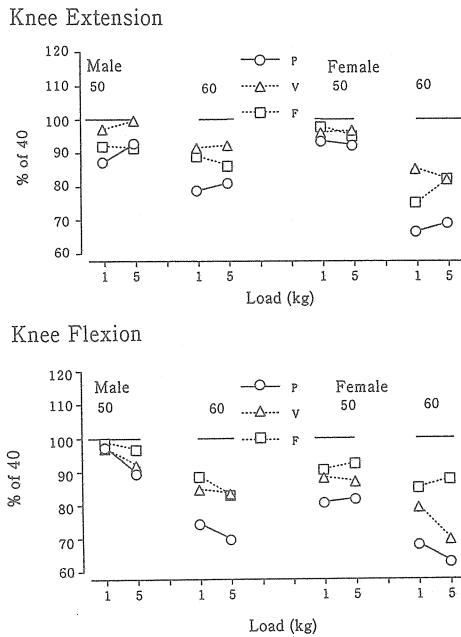


図 5 40歳を基準にした50歳および60歳の膝関節屈曲 (KE) および伸展動作 (KF) 時のP, VならびにFと負荷強度の関係。値は平均値と標準偏差。上段が伸展、下段が屈曲。

3. 2. 股関節の屈曲動作時のパワー

股関節の屈脚動作 (HF) 時のP, VおよびFを年令ごとに負荷別の平均値と標準偏差でみたものを表3に示した。負荷強度とPおよびVとの関係を平均値でみたものを図6に示した。

Pは負荷強度の増大にともない男では13kgまで増大する傾向がみられた。一方、女子では5kgでもっとも高い値を示した。また、男女ともにどの負荷でも高齢者ほど低い値を示す傾向がみられた。Vは60女をのぞきどの群でも負荷強度5kgで最大となった。また、男では負荷強度が13kgにおいて高齢者ほど低い値を示し傾向が顕著であった。女ではどの負荷でも高齢者ほど低い値を示した。

40歳を基準にした50歳と60歳のパーセントを負荷別にみたものが図9である。50男のPは80%から90%, Vは90%から95%, Fは80%から90%, 60男のPはおよそ70%から80%, Vは80%から100%の値を示し、Vでは負荷強度が重いほど低い値を示す傾向がみられた。50女のPはおよそ90%, Vは95%, Fはほぼ100%, 60女のPは80%, Vは

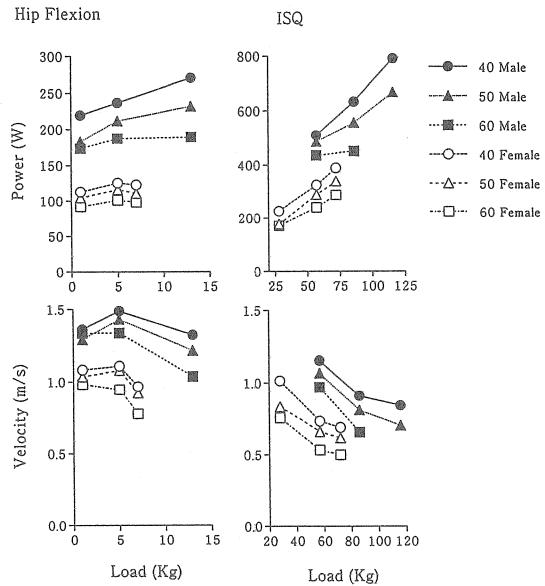


図 6 股関節屈曲 (HF) および傾斜台上での脚関節屈脚 (ISQ) 時における負荷強度とPおよびVの関係。値は年齢別の平均値と標準偏差。左図が股関節屈曲、右図が脚伸展である。

80%から90%, Fは90%の値を示し、特にVでは負荷強度が重いほどVが減少する傾向がみられた。

3. 3. 脚伸展動作時のパワー

傾斜台における脚伸展動作 (ISQ) におけるパワー発揮特性を負荷別、年齢別の平均値と標準偏差でみたものが表3である。負荷強度とPおよびVとの関係を平均値でみたものを図6に示した。

ISQのPはどの群も負荷強度の増大に比例して増加する傾向がみられた。Vは逆に減少する傾向がみられた。また、どの群でもPおよびVはいずれの負荷強度でも高齢者ほど低い値を示す傾向がみられた。

40歳を基準にして50歳および60歳の値をパーセントで表したものを負荷別にみたものが図9である。負荷強度の増大にともない50男のPおよびVは90%から80%へ、60男では80%から70%に減少する傾向がみられた。一方、50男のFはほぼ一定の値(100%)を示したが、60男のFは100%から90%へと減少した。50女のPおよびVはともに80%から90%の範囲の値、60女では70%から75%の

表3 股関節伸展および傾斜台上での脚伸展動作時のP, VおよびFを年齢ごとにみた負荷別の平均値と標準偏差。上段が股関節伸展、下段が脚伸展動作。

Hip Flexion

	Age	Load	n	P watt	V m/s	F N	
Male	40	1	35	219.4±55.5	1.362±0.337	184.6±53.0	
		5	35	236.8±55.4	1.468±0.331	189.2±66.9	
		13	35	270.7±64.4	1.324±0.241	218.2±43.8	
	50	1	44	182.9±56.5	1.292±0.303	153.8±46.1	
		5	42	211.7±51.8	1.430±0.388	165.0±49.9	
		13	42	231.7±60.5	1.217±0.289	197.3±38.2	
	60	1	33	173.4±47.7	1.336±0.340	152.5±59.2	
		5	34	187.3±39.7	1.338±0.338	164.4±54.7	
		13	32	189.0±45.9	1.037±0.275	191.6±39.0	
	Female	1	43	112.8±29.5	1.084±0.376	124.5±47.7	
		5	42	125.5±32.0	1.110±0.265	124.0±36.9	
		7	34	122.9±39.2	0.967±0.263	134.8±32.6	
		50	1	61	104.4±33.5	1.036±0.394	127.0±49.4
		5	62	116.3±30.9	1.081±0.223	125.5±45.4	
		7	47	110.7±32.2	0.921±0.256	134.5±41.6	
		60	1	36	91.8±23.6	0.983±0.336	113.1±42.2
		5	36	100.9±34.9	0.946±0.242	114.9±32.2	
		7	31	98.4±39.6	0.775±0.256	128.9±27.8	

ISQ

	Age	Load	n	P watt	V m/s	F N	
Male	40	57	14	509.6±123.4	1.154±0.304	445.7±31.6	
		86	21	633.1±183.3	0.909±0.278	706.4±78.9	
		116	17	790.8±198.4	0.841±0.241	953.5±92.1	
	50	57	20	485.5±112.9	1.067±0.245	456.6±43.9	
		86	29	555.8±163.2	0.808±0.240	691.0±57.5	
		116	18	657.8±240.2	0.702±0.251	950.6±71.3	
	60	57	17	434.6±64.6	0.968±0.127	452.1±64.2	
		86	17	450.7±186.4	0.655±0.249	664.2±118.7	
		116	17	285.8±79.1	0.894±0.226	318.5±28.0	
	Female	42	18	325.1±117.0	0.731±0.251	444.3±40.7	
		57	21	386.6±148.2	0.688±0.248	562.4±44.0	
		72	18	390.9±99.6	0.616±0.182	552.2±46.8	
		50	42	252.0±77.8	0.784±0.239	321.9±27.3	
		57	27	288.2±100.8	0.659±0.217	433.9±53.6	
		72	24	339.0±104.3	0.629±0.288	318.0±58.3	
		60	42	27	210.1±104.3	0.629±0.288	345.8±57.4
		57	25	239.5±118.7	0.533±0.249	350.1±125.3	
		72	20	267.3±169.5	0.500±0.263	318.0±58.3	

値を示した。一方、Fは両群ともほぼ100%を示したが、60女は負荷強度が重いほど減少する傾向がみられた。ISQ動作における年令が高いほど、また、負荷強度が重いほどPおよびVの減少が顕著であるが、Fはほぼ同じ値であることがわかった。本研究で用いたパワー測定装置の等張力性の負荷でこのような差が生じるのは、動作の開始からの力の立ち上がりが高齢者ほど鈍いてために、パワーが最大になるまでの力積が少ないためと考えられる。

年令によるパワー、速度および力と負荷強度の関係は測定条件や部位によって異なっていた。しかしながら、特にKE, KF, HFおよびISQなどの下肢の筋群を主に使う動作において60歳でパワーの値が低かった。等尺性の膝関節伸展トルクは50歳を過ぎてから急激に減少することが報告され

Hip Flexion

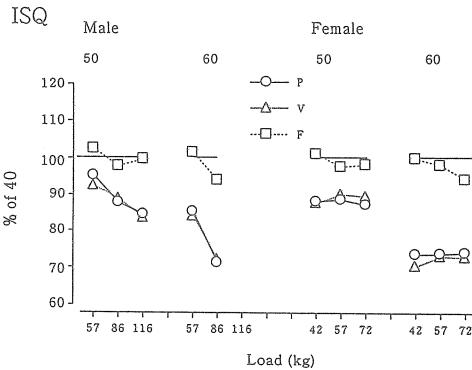
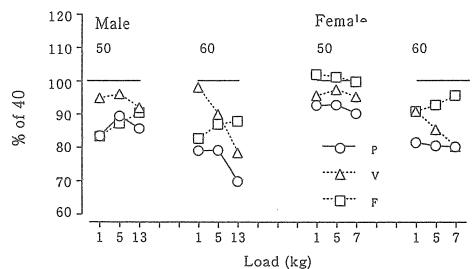


図7 40歳を基準にした50歳および60歳の股関節屈曲(HF)および脚伸展動作(ISQ)時のP, VならびにFと負荷強度の関係。値は平均値と標準偏差。上段が股関節伸展、下段が脚伸展動作。

ている(Fisher, N.M.ら, 1990)。また, Viitasalo, J.T.ら(1985)の報告でも高齢者の筋力は上肢の筋群よりも下肢の筋群のほうが低い値を示す傾向にある。

膝関節や股関節の動作時に発揮されるパワーと速度および力はどれも高齢者ほど低い値を示す傾向がみられるが、脚伸展動作の力は年令による顕著な差がみられなかった。とくに脚伸展動作におけるパワー、速度と力の関係から、高齢者ほど、パワー、速度や力が低くなるだけではなく、力の立ち上がりも鋭くなることが示唆された。すなわち、高齢になると、持久性のトレーニングだけでなく、機敏な動きが維持できるような力やハイパワーのトレーニングが必要になるのではないだろうか。

4. まとめ

本研究では中高年齢者のパワー発揮特性を明らかにするため、男子134名、女子188名を対象にして、膝関節の屈曲および傾斜台における脚伸展動作におけるパワーをいろいろな負荷強度で測定した。負荷強度は膝、股関節では1kgから13kg、脚伸展動作では男では57kgから116kg、女では42kgから72kgまでであった。年令による差異は負荷強度や部位により異なっていた。脚伸展動作についてみると男女ともパワー速度で年令による差異が顕著であったが、力では顕著ではなかった。

5. 参考文献

- 1) Fisher, N. M., D. R. Pendergast, and E. C. Calkins ; Maximal isometric torque of knee extension as a function of muscle length in older subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 71 : 729 -734, 1990
- 2) Viitasalo, J. T., P. Era, A.-L. Leskinen and E. Heikkinen ; Muscular strength profiles and anthropometry in random samples of men aged 31-35, 51-55 and 71-75 years. *Ergonomics*, 28(1) : 1563-1574, 1985.

6. 日常動作を用いての中高年者の上・下肢筋力の評価

報 告 者 沢井 史穂¹⁾ 村山 光義¹⁾

緒 言

高齢化社会から高齢社会へと着実に進行しつつある現在、高齢者が自立・自助の生活を営むことができるだけでなく、社会活動に積極的に参加できるだけの体力・運動能力をできるだけ長く保持していくことが、非常に重要な課題である。そのためには、高齢者並びにその予備群である中年者にとって必要な体力・運動能力とは何かを明らかにする必要があるが、そもそもヒトが身体活動を行うためには、それを発現させる筋機能を有していることが最低限の必要条件であり、全身の非活動状態である寝たきりを防ぐためにはもちろん、日常生活を不自由なく送り、なお一層活動範囲を広げるためには、一定水準以上の筋の機能を保持することが肝要だといえよう。小林⁷⁾、生山ら⁶⁾も、高齢者にとって必要な体力要素として筋機能を挙げており、宮下¹⁰⁾はより具体的に「20段くらいの階段をしっかりと足どりで上がれる」下肢筋群の筋力を指摘している。ところが実際に高齢者の筋力を評価しようとする場合、多くは握力測定のように最大筋力を測定するための測定方法が採用されていることが多く、その成績が他の運動能力を反映する指標となる¹³⁾ことはあっても、だからといってその成績が日常生活と密接に結び付いているとは考えにくい。その点、高齢者に必要な体力を「高齢者が家庭や社会において独立して日常生活を営むために必要な身体活動能力」として「生活体力」と呼び⁵⁾、日常生活の主要動作の所要時間によって評価しようという明治生命体力医学研究所の試み¹⁾²⁾¹¹⁾¹²⁾や、政二と宮下⁹⁾の提案する「健康に関連した体力テスト」としての「基礎生活体力テスト」と「快適生活体力テスト」などは、実生活に結び付く体力の評価方法だと思われる。しか

しそこで用いている測定項目は、あくまでも高齢者の自立を考えて作成されたものであり、中年層を含めて筋機能を評価するにはかなり消極的なレベルである。

そこで本研究は、中高年者にとって必要な筋機能を、単なる身の周りの始末や座業に従事できる程度の低い活動水準の能力にとどまるのではなく、より積極的な活動を行うために必要とされる能力として捉え、それを日常生活動作そのものを用いたテストで評価すること、さらにその成績とその動作の主働筋群の最大発揮パワーとの関係を明らかにすることで、中高年者が保持すべき上・下肢の筋力のガイドライン作成を目指そうとするものである。

方 法

中高年者が積極的な活動を送るためには、日常的にどのような上・下肢の筋力発揮能力が必要とされるかを考え、本研究では、多少の荷物を持って運べる腕力と行きたい所へ自由に歩いて行ける脚力を取り上げた。

スポーツ場面と違って日常生活の中では、上肢は瞬発的に最大筋力を発揮することよりも持続的に一定の力を出し続けることが多い。すなわち、重い荷物を一気に持ち上げる作業より、通勤や買物、旅行などで、一定の重さの荷物を保持し続けることの方が日常的に頻繁に行われている作業である。そこで上肢の場合、動的な最大筋力発揮ではなく、静的な最大下筋力発揮を持続的に行う作業として、一定負荷の保持時間をテスト項目とした。

一方、老化は足からと言われるように、加齢に伴う筋力低下は下肢において著しいことが報告されている³⁾⁸⁾¹⁴⁾。こうした下肢の筋力低下が進み、

1) 慶應義塾大学体育研究所

表1-a 対象者の身体特性（男性）

全男性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	44.41	168.00	68.01
(N=37)	SD	2.68	6.15	9.23
50歳代	Mean	54.53	166.27	67.27
(N=45)	SD	3.05	5.31	7.07
60歳代	Mean	63.88	164.90	64.61
(N=33)	SD	2.78	5.22	7.77
70歳代	Mean	72.57	164.23	62.61
(N=7)	SD	1.29	4.41	6.81
全体	Mean	55.02	166.31	66.51
(N=122)	SD	9.00	5.66	8.12

N群 男性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	44.11	167.40	68.46
(N=18)	SD	2.87	6.10	10.97
50歳代	Mean	55.21	165.00	68.04
(N=14)	SD	2.73	5.27	7.49
60歳代	Mean	64.47	162.03	62.93
(N=15)	SD	2.78	5.68	6.55
全体	Mean	53.91	165.00	66.60
(N=47)	SD	8.98	6.10	9.10

T群 男性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	44.68	168.57	67.59
(N=19)	SD	2.45	6.14	7.16
50歳代	Mean	54.23	166.85	66.93
(N=31)	SD	3.14	5.22	6.85
60歳代	Mean	63.39	167.29	66.01
(N=18)	SD	2.69	3.23	8.41
70歳代	Mean	72.57	164.23	62.61
(N=7)	SD	1.29	4.41	6.81
全体	Mean	55.72	167.15	66.47
(N=75)	SD	8.94	5.15	7.45

直立歩行というヒトの基本的運動能力までも衰えをみせると、活動範囲が狭められ、積極的な社会活動の制限因子となることは明らかである。したがって、人間らしく生きて行くために最低限必要とされる下肢筋力は、自分の体重を支え運ぶ歩行を可能にするだけの筋力であり、さらに積極的に生きるために、水平移動だけでなく、重力に抗して自分の体重を持ち上げることのできる筋力、すなわち宮下のいうところのしっかりした足どりで階段を登ることのできる筋力を保持することが重要であろう。そこで下肢に関しては、階段登行時間をテスト項目とした。

ただし、階段登行は日常生活に則しているとはいえ、測定場所の設定に困難をともなう場合があるので、それに代わる簡便性を備えた脚力テストとして、踏台一段分の昇降運動テストと椅子座位からの立上がりテストを併せて実施し、その有用性を検討した。

一方、上・下肢の単関節運動における最大発揮

表1-b 対象者の身体特性（女性）

全女性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	44.81	156.42	54.85
(N=43)	SD	2.79	5.26	6.38
50歳代	Mean	53.79	154.29	55.29
(N=63)	SD	2.63	5.84	7.73
60歳代	Mean	63.71	152.62	53.74
(N=45)	SD	2.75	6.08	6.47
60歳代	Mean	71.00	149.73	52.05
(N=3)	SD	0.82	3.74	2.46
全体	Mean	54.52	154.31	54.65
(N=154)	SD	7.98	5.94	6.98

N群 女性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	44.06	154.04	57.77
(N=18)	SD	2.72	5.29	5.05
50歳代	Mean	53.93	152.32	58.19
(N=30)	SD	2.82	5.46	8.28
60歳代	Mean	64.00	150.54	53.95
(N=23)	SD	2.67	5.23	6.82
全体	Mean	54.69	152.18	56.71
(N=71)	SD	8.03	5.51	7.36

T群 女性		年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
40歳代	Mean	45.36	158.14	52.74
(N=25)	SD	2.71	4.52	6.41
50歳代	Mean	53.67	156.08	52.65
(N=33)	SD	2.43	5.59	6.09
60歳代	Mean	63.41	154.81	53.53
(N=22)	SD	2.81	6.14	6.07
70歳代	Mean	71.00	149.73	52.05
(N=3)	SD	0.82	3.74	2.46
全体	Mean	54.37	156.13	52.89
(N=83)	SD	7.94	5.68	6.11

パワーの測定を行い、上記パフォーマンステストの結果との関係を検討した。また、踵骨の骨密度の測定も併せて行い、パフォーマンステストの結果との関係を調べた。

測定方法は以下の通りである。

(1)対象者

身体活動レベルの異なる40~74歳の中高年者

計276名（男性122名、女性154名）

うち、特別な運動習慣を有しない群（N群）

計118名

（男性47名、女性71名）

スポーツクラブ所属群（T群）

計158名

（男性75名、女性83名）

表1-a, bに対象者の身体特性を記した。

(2)測定項目と方法

A. パフォーマンステスト

①腕持久力テスト（図1-a）

立位で、上肢を体側に沿って自然に降ろし（体幹に上肢を接触させない），右肘関節を90°屈曲位に保った状態で、図のような取っ手のついたバーにウエイトを巻き付けた負荷を保持できる時間をストップウォッチで計測した。負荷は、若年者を対象とした予備実験の結果、過度に重すぎたり軽すぎたりすることなく、2分間保持するとほぼ疲労困憊する程度であった体重の10%に相当する重量（バーの重さを含む）とした。肘関節が設定した関節角度を維持できず、側方からの観察で明らかに関節が伸展し始めた時点までの時間を測定し、2分を上限とした。

②階段登行テスト（図1-b）

一般建造物内の1～3階分に相当する数の階

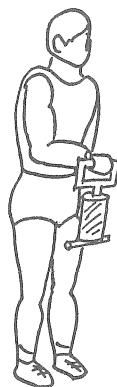


図1-a 腕持久力テスト

段を登行してもらい、1～2階までの前半のラップ、2～3階までの後半のラップ、総タイムをストップウォッチで計測した。ただし、N群に関しては、測定場所の建造物が2階建てであったため、1～2階までの階段登行を連続して2回行ってもらい、1回目と2回目のラップ及び総タイムを計測した。階段の登り方は、段を抜かしたり手すりや壁の助けを借りたりせず、一段ずつできるだけ速く歩いて登るよう指示した。N群に関しては、2階まで登ったらただちに速やかに一段ずつ下まで歩いて降りることとし、足元が危ない場合は手すりや壁に手をついてよいとした。できるだけ速く階段を登るという課題を遂行することで転倒の危険性を招かないよう、階段の登り降りに関しては、一人一人に細かく注意を与えた。さらに、運動が心臓への過度な負荷にならないかを確かめるために、運動前に各人に腕時計式の心拍モニター計

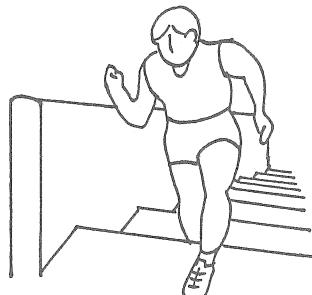


図1-b 階段登行テスト

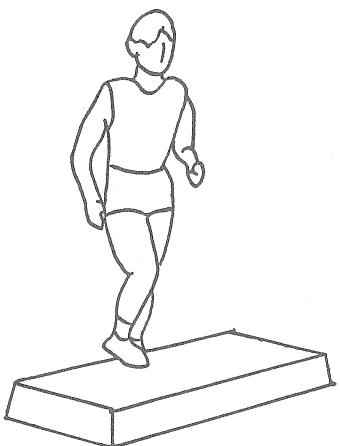


図1-c 1段昇降テスト

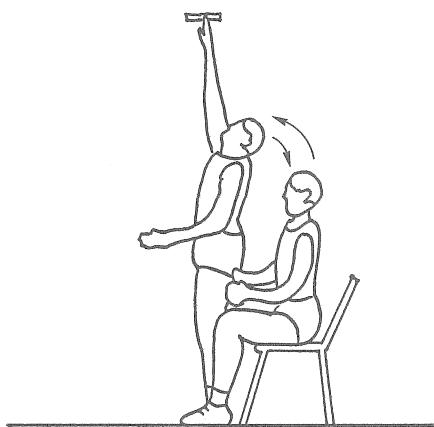


図1-d 椅座位立ち上がりテスト

(日本光電社製 MRC-1200)を装着し、心拍数が安静レベルであることを確認してからテストを開始し、テスト終了時の心拍数も記録した。

③1段昇降テスト(図1-c)

一般建造物の階段一段分に相当する高さ(約15cm)の踏台に昇って降りる動作を連続10回、できるだけ速く行ったときの時間をストップウォッチで計測した。昇り降り動作はいわゆる踏台昇降運動と同様に、前向きに昇り後向きに降りるというもので、台から足を踏み外さないよう足元を注視し、台上に昇るときは体重を残して足部だけ台に乗せるのではなく、体重をしっかりと台上まで持ち上げるよう指示した。

④椅子座位立上がりテスト(図1-d)

壁から20cm離して設置した一般事務用の椅子(高さ約40cm)に右体側が壁側になるように腰掛けた状態から、立ち上がって側方の壁に記し

た目標線に右手で触り、すぐまた元のように台に腰掛けるという一連の動作を連続10回、できるだけ速く行ったときの時間をストップウォッチで計測した。目標線は、各自が壁に沿って直立し右上肢を垂直に拳上したときの、右母指先端の高さとした。これは、椅子座位から立ち上がる動作の最終局面で身体を完全に直立した姿勢にさせることを目的としたもので、目標線への正確な達成度は問題にしていない。すなわち、10回の試行の中で明らかに不完全な直立姿勢や椅子姿勢が認められたり、動作の途中で壁を触ったり、座ったときに姿勢のバランスを崩して他者の助けを借りたりした場合には、失敗試技とし、再測定を行った。

B. 筋力測定

①握力

表2-a 上肢関係測定結果(男性)

全男性

		握力(kg)	腕持持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W
40歳代 (N=37)	Mean	42.70	94.49	6.55	487.60	7.24	174.04	2.55
	SD	5.67	24.28	0.35	67.82	1.15	52.89	0.66
50歳代 (N=45)	Mean	41.99	90.49	6.63	468.90	7.01	157.16	2.32
	SD	5.57	26.35	0.35	78.38	1.18	50.38	0.67
60歳代 (N=33)	Mean	37.32	86.39	6.64	429.60	6.66	119.76	1.87
	SD	4.12	27.89	0.24	84.12	1.08	38.83	0.59
70歳代 (N=7)	Mean	36.14	80.71	6.83	431.10	6.95	123.29	1.98
	SD	6.35	30.49	0.29	43.49	0.91	24.55	0.36
全体 (N=122)	Mean	40.61	90.03	6.62	461.60	6.98	151.46	2.27
	SD	5.85	26.71	0.33	79.03	1.15	50.44	0.66

N群 男性

		握力(kg)	腕持持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W	肘伸展パワー(W)	肘伸展パワー/W
40歳代 (N=18)	Mean	44.97	95.39	6.46	502.50	7.45	193.44	2.81	172.42	2.50
	SD	5.29	27.91	0.26	68.44	1.27	55.96	0.61	52.43	0.59
50歳代 (N=14)	Mean	42.92	90.29	6.55	466.40	6.90	160.82	2.34	131.57	1.91
	SD	6.06	32.52	0.19	72.02	1.08	53.86	0.67	45.82	0.56
60歳代 (N=15)	Mean	36.51	83.73	6.61	400.30	6.36	118.93	1.88	113.67	1.79
	SD	4.84	26.94	0.23	74.37	0.88	34.67	0.50	32.53	0.42
全体 (N=47)	Mean	41.70	90.15	6.53	458.20	6.92	159.95	2.37	141.50	2.10
	SD	6.70	29.47	0.24	83.36	1.20	58.43	0.71	51.56	0.62

T群 男性

		握力(kg)	腕持持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W
40歳代 (N=19)	Mean	40.55	93.63	6.64	474.30	7.06	155.66	2.31
	SD	4.46	20.20	0.39	64.42	1.00	42.26	0.60
50歳代 (N=31)	Mean	41.57	90.58	6.66	470.00	7.06	155.50	2.32
	SD	5.28	23.02	0.39	81.06	1.21	48.65	0.67
60歳代 (N=18)	Mean	37.99	88.61	6.66	454.10	6.91	120.44	1.86
	SD	3.26	28.48	0.25	83.98	1.15	41.97	0.66
70歳代 (N=7)	Mean	36.14	80.71	6.83	431.10	6.95	123.29	1.98
	SD	6.35	30.49	0.29	43.49	0.91	24.55	0.36
全体 (N=75)	Mean	39.90	89.96	6.67	463.60	7.01	146.07	2.20
	SD	5.10	24.82	0.36	76.18	1.12	43.78	0.61

スマドレー型デジタル握力計(竹井機器社製)を用い、文部省式の測定方法に準じて、右手の握力を測定した。

②上・下肢筋パワー

パワープロセッサー(VINE社製)を用い、肘関節屈曲、股関節屈曲、膝関節伸展、スクワットのそれぞれの動作について、ピークパワーを測定した。N群に関しては、肘関節伸展と膝関節屈曲パワーも加えて測定した。測定方法の詳細は、同掲書の福永らの報告に記されているのでここでは割愛する。

C. 骨密度測定

超音波を用いた骨密度測定装置(松本医科器械社製)により、右足踵骨の骨密度(BMD)を測定した。本来ならば、筋力を発揮する運動部位の骨密度の測定を行うことが望ましいが、今回のようなフィールドワークでは携帯可能で測定が簡便な

装置を利用することとした。そして、骨密度を測定できなかった運動部位については、形態測定(上肢では肘幅、下肢では足幅)を行った。詳細は、同掲書の江橋らの報告に記されているのでここでは割愛する。

(3)統計処理

各測定の結果については、全て平均値と標準偏差を示した。対象者の群間の平均値の差の検定はt検定、年代間の差の検定は一元配置の分散分析を用い、測定項目間の関係は相関係数の値を計算した。いずれも危険率5%を以て有意とした。

結 果

表2-a~dに、上肢と下肢の筋力にそれぞれ関係する測定項目の平均値(Mean)と標準偏差(SD)を性別、対象者群別に示した。T群に関しては、肘伸展パワー及び膝屈曲パワーを測定していないので該当欄が空欄になっている。

表2-b 上肢関係測定結果(女性)

全女性

		握力(kg)	腕持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W	
40歳代 (N=43)	Mean	28.71	69.63	5.67	407.58	7.48	69.66	1.27	
	SD	4.80	29.95	0.27	67.85	1.24	19.29	0.31	
50歳代 (N=63)	Mean	25.81	71.48	5.77	372.54	6.83	68.35	1.24	
	SD	4.39	31.07	0.27	61.54	1.34	18.44	0.32	
60歳代 (N=45)	Mean	24.14	58.80	5.91	298.16	5.57	60.24	1.12	
	SD	4.87	28.07	0.24	49.67	0.88	21.81	0.36	
60歳代 (N=3)	Mean	20.00	49.33	5.67	261.33	5.06	47.83	0.93	
	SD	1.99	13.91	0.19	36.94	0.95	19.83	0.43	
全体 (N=154)	Mean	26.03	66.88	5.78	358.42	6.61	65.93	1.21	
	SD	5.01	30.26	0.28	74.72	1.41	20.30	0.34	

N群 女性

		握力(kg)	腕持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W	肘伸展パワー(W)	肘伸展パワー/W
40歳代 (N=18)	Mean	29.42	64.44	5.53	417.90	7.29	79.50	1.38	69.53	1.20
	SD	5.00	27.59	0.25	50.07	1.08	19.15	0.32	20.43	0.32
50歳代 (N=30)	Mean	26.84	70.40	5.73	367.70	6.43	73.28	1.28	64.35	1.12
	SD	3.75	33.02	0.24	49.70	1.21	16.95	0.32	13.71	0.27
60歳代 (N=23)	Mean	23.97	51.82	5.90	301.60	5.59	61.37	1.13	62.26	
	SD	5.52	24.77	0.24	59.46	0.83	21.95	0.37	19.94	
全体 (N=71)	Mean	26.60	63.03	5.74	359.00	6.37	71.00	1.26	64.99	
	SD	5.13	30.32	0.28	69.31	1.25	20.52	0.35	17.94	

T群 女性

		握力(kg)	腕持久力(sec)	肘骨幅(cm)	BMD	BMD/W	肘屈曲パワー(W)	肘屈曲パワー/W
40歳代 (N=25)	Mean	28.20	73.36	5.77	400.12	7.63	62.58	1.19
	SD	4.58	31.00	0.24	77.33	1.33	16.00	0.27
50歳代 (N=33)	Mean	24.88	72.46	5.79	376.97	7.20	63.73	1.21
	SD	4.72	29.15	0.29	70.31	1.35	18.58	0.33
60歳代 (N=22)	Mean	24.31	65.77	5.92	294.55	5.56	59.07	1.10
	SD	4.11	29.42	0.25	36.41	0.85	21.61	0.34
70歳代 (N=3)	Mean	20.00	49.33	5.67	261.33	5.06	47.83	0.93
	SD	1.99	13.91	0.19	36.94	0.95	19.83	0.42
全体 (N=83)	Mean	25.55	70.12	5.81	357.92	6.82	61.55	1.16
	SD	4.86	29.83	0.27	79.06	1.51	19.06	0.33

測定項目の分析結果をまとめると以下のようである。

1. 対象者群間のパフォーマンステスト成績の比較

N群とT群のパフォーマンステストの結果の平

均値を比較したところ、腕持久力テストの成績に男女とも群間の差はなかったが、脚力の各種テストでは、多くの項目で群間に有意差が求められた。すなわち、男性においては、40歳代を除いた全年代の1段昇降テストと立上がりテストの成績、女性においては、全ての年代の1段昇降テストと立

表2-c 下肢関係測定結果（男性）

全男性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)
40歳代	Mean				10.09	9.03	7.18	487.60	7.24	476.08	7.07	272.40	4.03	779.70	11.46
(N=37)	SD				1.24	1.29	0.39	67.82	1.15	101.82	1.57	56.13	0.79	193.90	2.37
50歳代	Mean				11.15	10.32	7.19	468.90	7.01	383.82	5.72	231.00	3.43	671.10	9.97
(N=45)	SD				1.83	2.11	0.35	78.38	1.18	90.37	1.27	60.05	0.82	168.60	2.37
60歳代	Mean				12.43	11.92	7.16	429.60	6.65	350.63	5.41	201.20	3.15	591.50	9.27
(N=33)	SD				2.52	2.96	0.34	84.12	1.08	90.32	1.18	41.67	0.64	154.30	2.51
70歳代	Mean				13.44	11.63	7.16	431.10	6.95	306.14	4.93	173.70	2.87	556.70	8.95
(N=7)	SD				1.68	2.20	0.32	43.49	0.91	47.74	0.85	37.75	0.93	163.30	2.55
全体	Mean				11.28	10.43	7.18	461.60	6.98	398.76	6.01	232.50	3.51	677.50	10.19
(N=122)	SD				2.13	2.45	0.36	79.03	1.15	107.31	1.52	61.58	0.86	190.10	2.59

N群 男性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	脚屈筋パワー(0W)	脚屈筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)	
40歳代	Mean	7.27	6.67	0.60	26.79	10.11	9.20	7.16	502.50	7.45	287.94	4.21	478.44	7.04	287.17	4.24	817.78	11.90
(N=18)	SD	1.28	1.48	0.59	2.98	1.03	1.35	0.42	68.44	1.27	65.88	0.88	111.07	1.42	45.17	0.59	196.84	2.03
50歳代	Mean	9.29	8.20	1.09	31.70	12.51	12.50	7.26	466.40	6.90	253.50	3.67	378.79	5.58	242.31	3.52	718.08	10.25
(N=14)	SD	1.55	1.48	1.03	4.36	1.31	1.91	0.21	72.02	1.08	89.03	1.09	87.40	1.17	81.35	1.00	129.69	1.83
60歳代	Mean	10.39	9.13	1.26	35.63	16.00	14.85	7.07	400.30	6.36	194.93	3.09	319.67	5.08	202.67	3.23	546.71	8.70
(N=15)	SD	1.85	1.45	1.00	4.86	1.43	2.74	0.34	74.37	0.88	58.36	0.88	74.75	1.19	46.31	0.69	140.67	2.23
70歳代	Mean	8.87	7.91	0.96	31.07	12.04	11.96	7.16	458.20	6.92	248.00	3.66	398.09	5.98	246.81	3.70	704.34	10.43
(N=47)	SD	2.05	1.81	0.92	3.51	2.58	3.04	0.36	83.36	1.20	81.42	1.06	115.45	1.54	68.48	0.88	199.89	2.45

T群 男性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	脚屈筋パワー(0W)	脚屈筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)
40歳代	Mean	6.13	6.12	0.00	12.25	10.08	8.92	7.20	474.30	7.06	473.84	7.11	258.32	3.84	743.60	11.04	
(N=19)	SD	0.79	0.79	0.41	1.52	1.36	1.23	0.36	64.42	1.00	92.15	1.69	61.63	0.89	184.00	2.58	
50歳代	Mean	6.80	6.57	0.23	13.38	10.84	9.40	7.16	470.00	7.06	386.10	5.78	225.94	3.40	652.30	9.86	
(N=31)	SD	0.73	0.82	0.49	1.47	1.78	1.39	0.38	81.05	1.21	91.58	1.31	46.52	0.72	178.40	2.54	
60歳代	Mean	7.12	7.05	0.05	14.17	11.43	10.30	7.23	454.10	6.91	377.94	5.71	199.94	3.07	628.40	9.73	
(N=18)	SD	1.03	1.00	0.46	1.78	1.74	1.45	0.32	83.98	1.15	93.97	1.09	37.06	0.58	155.30	2.64	
70歳代	Mean	8.34	8.49	-0.15	16.83	13.44	11.63	7.16	431.10	6.95	306.14	4.93	173.71	2.87	556.70	8.95	
(N=7)	SD	1.05	0.88	0.48	1.88	1.68	2.20	0.32	43.49	0.91	47.74	0.85	37.75	0.93	163.30	2.55	
全体	Mean	6.85	6.76	0.09	13.61	11.03	9.70	7.19	463.60	7.01	399.19	6.02	223.34	3.38	661.30	10.05	
(N=75)	SD	1.00	1.08	0.48	2.03	1.90	1.65	0.36	76.18	1.12	101.81	1.50	54.84	0.83	182.13	2.65	

表2-d 下肢関係測定結果（女性）

全女性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	脚屈筋パワー(0W)	脚屈筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)	
40歳代	Mean	9.00	8.53	0.47	31.44	10.85	10.93	6.46	407.58	7.48	264.10	4.82	136.63	2.52	406.67	7.40		
(N=43)	SD	1.13	1.03	0.49	3.09	1.59	1.80	0.31	67.85	1.24	55.30	0.89	35.15	0.73	158.89	2.82		
50歳代	Mean	9.97	9.43	0.54	34.68	11.06	11.64	6.48	372.54	6.83	233.00	4.25	122.64	2.24	336.82	6.12		
(N=63)	SD	1.69	1.89	0.66	6.66	1.72	2.00	0.29	61.54	1.34	47.57	0.84	29.74	0.55	129.53	2.17		
60歳代	Mean	11.32	10.82	0.50	39.34	12.52	12.64	6.54	298.16	5.57	203.90	3.81	102.93	1.92	279.52	5.20		
(N=45)	SD	1.64	1.75	0.81	4.95	2.27	2.37	0.28	49.67	0.88	64.98	1.18	26.46	0.45	114.33	1.93		
70歳代	Mean	8.84	9.48	-0.64	18.33	13.70	13.83	6.23	261.33	5.06	145.70	2.83	84.33	1.62	235.00	4.54		
(N=3)	SD	1.09	1.15	0.30	2.22	2.83	0.74	0.13	36.94	0.95	29.91	0.71	7.85	0.14	36.34	0.84		
全体	Mean	10.17	9.65	0.51	35.36	11.46	11.69	6.49	358.42	6.61	231.20	4.25	120.01	2.21	337.53	6.18		
(N=154)	SD	1.79	1.88	0.68	6.19	2.10	1.84	0.31	69.31	1.25	38.00	0.61	71.49	1.18	36.00	0.63	142.44	2.45

N群 女性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	脚屈筋パワー(0W)	脚屈筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)	
40歳代	Mean	9.00	8.53	0.47	31.44	11.76	12.15	6.43	417.90	7.29	148.56	2.58	270.67	4.67	140.61	2.45	439.72	7.37
(N=18)	SD	1.13	1.03	0.49	3.09	1.26	1.62	0.33	50.07	1.08	28.29	0.48	61.92	0.87	37.02	0.69	188.85	3.16
50歳代	Mean	9.97	9.43	0.54	34.68	12.15	12.90	6.50	367.70	6.43	122.67	2.12	246.50	4.28	126.83	2.21	352.53	6.10
(N=30)	SD	1.69	1.89	0.66	6.66	2.01	1.45	0.28	47.90	1.21	36.15	0.56	55.14	0.93	52.59	0.59	130.65	2.05
60歳代	Mean	11.32	10.82	0.50	39.34	14.00	14.80	6.54	301.60	5.59	98.35	1.84	198.39	3.70	100.26	1.87	264.48	4.90
(N=23)	SD	1.64	1.75	0.81	4.95	2.35	1.86	0.30	59.46	0.83	31.89	0.56	79.47	1.46	77.48	0.48	126.40	2.16
70歳代	Mean	10.17	9.65	0.51	35.36	12.51	13.00	6.50	359.00	6.37	121.35	2.14	237.04	4.19	121.72	2.16	346.11	6.09
(N=1)	SD	1.79	1.88	0.68	6.19	2.10	1.84	0.31	69.31	1.25	38.00	0.61	71.49	1.18	36.00	0.63	160.71	2.61

T群 女性

		ラップ(1回) ラップ(2回) ラップ(3回) 締タイム(0回) 立上がりテスト(0回) 肘掛けテスト(0回)			足背幅(cm)	BMD	BMD/W	脚伸筋パワー(0W)	脚伸筋パワー(1W)	脚屈筋パワー(0W)	脚屈筋パワー(1W)	股直筋パワー(0W)	股直筋パワー(1W)	股屈筋パワー(0W)	股屈筋パワー(1W)	スクリットパワー(0W)	スクリットパワー(1W)
40歳代	Mean	7.24	7.27	-0.03	14.51	10.41	10.05	6.48									

上がりテストの成績が、T群の方が有意に優れていた。また、階段登行テストに関しては、対象者群によって測定場所が異なるため所要時間の絶対値を比較することができなかつたので、階段1段の高さ(18cm)と奥行き(29.5cm)、段数(N群では23段、T群では22段)、そして途中のたたきの分を含めた登行距離(1~2階分)を所要時間で除した登行スピードを比較したところ、男性では両群間に有意差はなかったが、女性においてT群の方が有意に速い平均スピードを示した。

2. 加齢とパフォーマンステスト成績

表3-a～dに、上肢と下肢それぞれの運動部位に関する測定項目間に有意な相関が得られたものについて、その相関係数を記した。

パフォーマンステストのうち、腕持久力テストの結果は女性全体を除き年齢との相関はなかったが、下肢を用いるテスト(階段登行、立上がり、1段昇降)の結果はすべて年齢と有意な正の相関

表3-a 上肢関係測定項目間の相関(男性)

全男性					
All(n=122)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長	*** -0.268				
体重	*** -0.253	*** 0.528			
握力	*** -0.421	*** 0.4309	*** 0.484		
腕持久力				** 0.2596	
肘幅					*** 0.4248
BMD	** -0.298	* 0.1986	*** 0.4144	** 0.2914	
BMD/W				** -0.292	
肘屈曲パワー	*** -0.432	** 0.2478	*** 0.4937	*** 0.578	* 0.1923
肘屈曲パワー/W	*** -0.383			*** 0.438	** 0.2771

N群男性

All(n=47)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長	*** -0.423				
体重	* -0.347	*** 0.4882			
握力	*** -0.559	*** 0.5373	*** 0.5264		
腕持久力				** 0.3766	
肘幅					*** 0.4747
BMD	*** -0.537				** 0.423
BMD/W	* -0.337				* -0.294
肘屈曲パワー	*** -0.587	* 0.3398	*** 0.6446	*** 0.6651	
肘屈曲パワー/W	*** -0.571			* 0.317	*** 0.5682
肘伸展パワー	*** -0.561	* 0.3706	*** 0.6507	*** 0.6824	
肘伸展パワー/W	*** -0.542			* 0.3361	*** 0.5741
					* 0.3136

T群男性

All(n=75)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長					
体重					*** 0.5848
握力	* -0.2988	*** 0.4063	*** 0.4505		
腕持久力					*** 0.6065
肘骨幅					*** 0.5109
BMD					** 0.3669
BMD/W					* -0.241
肘屈曲パワー	* -0.2959				*** 0.3461
肘屈曲パワー/W					*** 0.4648
					* 0.2411
					* 0.2945
					* 0.2786

が認められた。そして、各年代ごとの下肢のパフォーマンステストの平均値を比較してみると、T群の立上がりテスト以外すべて年代間に有意差が認められた。

3. パフォーマンステストと筋パワーとの関係

①腕持久力テストと上肢の筋力の関係について(表3-a, b)

男性全体では、腕持久力の成績と握力及び肘屈曲パワー(絶対値及び体重(W)当りの値とも)との間には有意な正の相関が認められた。対象者群別にみてみると、腕持久力と正の相関があったのは、N群では握力と肘屈曲パワー/W、T群では肘屈曲パワー、肘屈曲パワー/Wであった。男性全体について年代別にみると、40歳代では腕持久力テストの成績と有意な相関があったのは握力であり、50歳代では肘屈曲パワーと肘屈曲パワー/W、60歳代では肘屈曲パワー/Wのみであった。

女性全体では、腕持久力テストと有意な相関が

表3-b 上肢関係測定項目間の相関(女性)

全女性					
All(n=154)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長	** -0.2896				
体重					** 0.2918
握力	*** -0.3804	** 0.3212			*** 0.392
腕持久力	* -0.2047				
肘骨幅	*** 0.3196	** 0.2716			* 0.2324
BMD	*** -0.6376	*** 0.3906			** 0.2958
BMD/W	*** -0.5701	* 0.2182			*** 0.5351 * 0.2221
肘屈曲パワー	* -0.2292				** 0.2988
肘屈曲パワー/W	* -0.2048				*** 0.2994 *** 0.3297
					*** 0.4033 *** 0.5676
					*** 0.4456 ** 0.2799

N群女性

All(n=71)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長	* -0.257				
体重					*** 0.4742
握力	*** -0.395	** 0.3785			*** 0.4657
腕持久力					
肘骨幅	*** 0.5043				* 0.2732
BMD	*** -0.672	*** 0.4315			*** 0.6234 * 0.2709
BMD/W	*** -0.553				* -0.271 *** 0.3295 *** 0.4051
肘屈曲パワー	** -0.323				*** 0.3502 *** 0.5397
肘屈曲パワー/W	* -0.249				** 0.362
肘伸展パワー					*** 0.3476 *** 0.5355
肘伸展パワー/W					*** 0.3462 * 0.2598

T群女性

All(n=83)	年齢	身長	体重	握力	腕持久力
年齢					
身長	** -0.3367				
体重					*** 0.3734
握力	*** -0.3747	*** 0.3783			** 0.2893
腕持久力					
肘骨幅					* 0.29 * 0.2765
BMD	*** -0.6151	*** 0.4066			*** 0.4729
BMD/W	*** -0.5943				* -0.2771 ** 0.3177 * 0.2588
肘屈曲パワー					*** 0.3256 *** 0.3788 *** 0.5798 *** 0.3019
肘屈曲パワー/W					*** 0.5106 *** 0.3746

表3-c 下肢関係測定項目間の相関（男性）

***; p<0.001, **; p<0.01, *; p<0.05

全男性

All(n=122)	年齢	身長	体重				立上がりテスト	昇降テスト
年齢								
身長	** -0.268							
体重	** -0.253	*** 0.528						
立上がりテスト	*** 0.5077							
昇降テスト	*** 0.4406						*** 0.6884	
足骨幅		*** 0.6205	*** 0.5949					
BMD	** -0.298	* 0.1986	*** 0.4144					
BMD/W			** -0.292					* -0.209
膝伸展パワー	*** -0.518	*** 0.3444	*** 0.43				*** -0.364	*** -0.382
膝伸展パワー/W	*** -0.445						*** -0.441	*** -0.441
股屈曲パワー	*** -0.546	* 0.2292	*** 0.3773				*** -0.402	** -0.263
股屈曲パワー/W	*** -0.453						*** -0.469	*** -0.311
スクワットパワー	*** -0.433	*** 0.3862	*** 0.395				** -0.321	* -0.236
スクワットパワー/W	*** -0.343						*** -0.367	** -0.292

N群男性

All(n=47)	年齢	身長	体重	ラップ1	ラップ2	ラップ差	総タイム	立上がりテスト	昇降テスト
年齢									
身長	** -0.4234								
体重	* -0.3471	*** 0.4882							
ラップ1	*** 0.7042	* -0.2921							
ラップ2	*** 0.6432			*** 0.8942					
ラップ差	* 0.3104			*** 0.4785					
総タイム	*** 0.7244	* -0.2923		*** 0.8588	*** 0.8823				
立上がりテスト	*** 0.8608			*** 0.6929	*** 0.7548		*** 0.8219		
昇降テスト	*** 0.7579			*** 0.687	*** 0.7513		*** 0.7614	*** 0.7938	
足骨幅		*** 0.6913	*** 0.6494						
BMD	*** -0.5368			*** 0.4747	*** -0.5572	*** -0.4693	* -0.318	*** -0.5365	* -0.4045
BMD/W	* -0.3373			* -0.2942	*** -0.4787	*** -0.4622		*** -0.4691	* -0.3242
膝伸展パワー	*** -0.6509	** 0.4122	*** 0.4991	*** -0.468	** -0.4336		*** -0.5103	** -0.6097	*** -0.541
膝伸展パワー/W	*** -0.5647			** -0.4545	*** -0.4785		*** -0.5196	*** -0.6667	*** -0.5827
股屈曲パワー	*** -0.608	* 0.3291	*** 0.532	** -0.4232	** -0.3758		*** -0.4995	** -0.5469	* 0.4189
股屈曲パワー/W	*** -0.5314			** -0.3974	** -0.3993		*** -0.505	** -0.5964	** -0.4452
膝屈曲パワー	*** -0.5941	* 0.3172	*** 0.6066	** -0.3968	* -0.3507		** -0.4354	** -0.5862	* -0.3825
膝屈曲パワー/W	*** -0.5414			** -0.386	** -0.3824		** -0.4417	*** -0.6306	* -0.3945
スクワットパワー	*** -0.6233	*** 0.5906	*** 0.6	** -0.4611	** -0.4134		** -0.4181	* -0.4722	* -0.3942
スクワットパワー/W	*** -0.5694	** 0.3822		** -0.4505	** -0.4568		** -0.4207	** -0.5847	** -0.4333

T群男性

All(n=75)	年齢	身長	体重	ラップ1	ラップ2	ラップ差	総タイム	立上がりテスト	昇降テスト
年齢									
身長									
体重		*** 0.5843							
ラップ1	*** 0.5544								
ラップ2	*** 0.5433			*** 0.8977					
ラップ差					*** -0.378				
総タイム	*** 0.5632			*** 0.9721	*** 0.976				
立上がりテスト	*** 0.4634			*** 0.6119	*** 0.5521		*** 0.5963		
昇降テスト	*** 0.4429			*** 0.6277	*** 0.6234		*** 0.6421	*** 0.5908	
足骨幅		*** 0.5823	*** 0.5598					* 0.266	
BMD			** 0.3669						
BMD/W		* -0.241	* -0.292						
膝伸展パワー	*** -0.428	* 0.2954	** 0.3702	** -0.321	** -0.345		** -0.342	* -0.283	** -0.326
膝伸展パワー/W	** -0.372			** -0.33	** -0.353		** -0.351	*** -0.375	*** -0.407
股屈曲パワー	*** -0.493		* 0.238	*** -0.454	*** -0.445		*** -0.461	*** -0.4	** -0.37
股屈曲パワー/W	*** -0.388			*** -0.441	*** -0.424		*** -0.443	*** -0.467	*** -0.429
スクワットパワー	* -0.295	* 0.2701		*** -0.408	*** -0.465		*** -0.449	** -0.31	** -0.276
スクワットパワー/W				*** -0.404	*** -0.468	* 0.228	*** -0.448	** -0.326	** -0.333

表3-d 下肢関係測定項目間の相関（女性）

***; p<0.001, **; p<0.01, *; p<0.05

全女性

All(n=154)	年齢	身長	体重				立上がりテスト	昇降テスト
年齢								
身長	** -0.29							
体重		** 0.292						
立上がりテスト	*** 0.345							
昇降テスト	** 0.322	** -0.285	* 0.202				*** 0.5924	
足骨幅		*** 0.356	*** 0.365					
BMD	*** -0.638	*** 0.391	** 0.296				*** -0.332	** -0.318
BMD/W	*** -0.57	* 0.218	** -0.299				*** -0.383	*** -0.439
膝伸展パワー	*** -0.426	* 0.248	*** 0.333				** -0.317	** -0.259
膝伸展パワー/W	*** -0.394						*** -0.377	*** -0.373
股屈曲パワー	*** -0.431	* 0.248	* 0.223				*** -0.394	** -0.259
股屈曲パワー/W	*** -0.39		* -0.23				*** -0.428	*** -0.35
スクワットパワー	*** -0.406		** 0.263				** -0.285	*** -0.332
スクワットパワー/W	*** -0.394						** -0.322	*** -0.423

N群女性

All(n=71)	年齢	身長	体重	ラップ1	ラップ2	ラップ差	総タイム	上がりテスト	昇降テスト
年齢									
身長	* 0.257								
体重		*** 0.4742							
ラップ1	*** 0.4815								
ラップ2	*** 0.4737			*** 0.9327					
ラップ差						** -0.315			
総タイム	*** 0.5141			*** 0.94	*** 0.9367				
立上がりテスト	* 0.3676				* 0.4192		* 0.3757		
昇降テスト	** 0.4509				** 0.4005	*** 0.4889	** 0.4415	*** 0.5886	
足骨幅		* 0.2777	** 0.4056						
BMD	*** -0.672	*** 0.4315	* 0.3752	*** -0.446	*** -0.449		*** -0.43	* -0.427	** -0.363
BMD/W	*** -0.553		* -0.271	*** -0.424	*** -0.422		*** -0.464	* -0.345	** -0.409
膝伸展パワー	*** -0.393	** 0.3499	** 0.378	*** -0.546	*** -0.577		*** -0.495	* -0.348	
膝伸展パワー/W	*** -0.322			*** -0.565	*** -0.596		*** -0.549		
股屈曲パワー	*** -0.43	* 0.2537	* 0.2932	*** -0.471	*** -0.479		*** -0.464		
股屈曲パワー/W	** -0.356			*** -0.457	*** -0.465		*** -0.486		
スクワットパワー	*** -0.468		** 0.3114	*** -0.444	*** -0.493		*** -0.495		*** -0.476
スクワットパワー/W	*** -0.446			*** -0.464	*** -0.515		*** -0.538		*** -0.53
膝屈曲パワー	*** -0.53	* 0.2387	** 0.346	*** -0.48	*** -0.529		*** -0.504	* -0.444	** -0.379
膝屈曲パワー/W	*** -0.487			*** -0.502	*** -0.554		*** -0.561	*** -0.436	** -0.433

T群女性

All(n=83)	年齢	身長	体重	ラップ1	ラップ2	ラップ差	総タイム	立上がりテスト	昇降テスト
年齢									
身長	** -0.337								
体重		*** 0.3734							
ラップ1	*** 0.4762	** -0.312							
ラップ2	*** 0.5087	** -0.326		*** 0.9323					
ラップ差						*** -0.371			
総タイム	*** 0.5016	** -0.325		*** 0.9816	*** 0.9842				
立上がりテスト	*** 0.4271			** 0.358	** 0.349		** 0.3594		
昇降テスト	*** 0.4532	* -0.266		*** 0.6773	*** 0.6558		*** 0.6777	*** 0.4977	
足骨幅		*** 0.4651	** 0.3356						
BMD	*** -0.615	*** 0.4066	* 0.2498	*** -0.514	*** -0.553		*** -0.544	*** -0.369	*** -0.444
BMD/W	*** -0.594			*** -0.517	*** -0.552		*** -0.544	*** -0.39	*** -0.466
膝伸展パワー	*** -0.494	* 0.2419	* 0.2395	*** -0.450	*** -0.489		*** -0.479	*** -0.439	*** -0.536
膝伸展パワー/W	*** -0.481		** -0.289	*** -0.443	*** -0.479		*** -0.47	*** -0.451	*** -0.54
股屈曲パワー	*** -0.439	** 0.3102		*** -0.476	*** -0.498		*** -0.496	*** -0.455	*** -0.461
股屈曲パワー/W	*** -0.419		** -0.304	*** -0.444	*** -0.463		*** -0.462	*** -0.453	*** -0.453
スクワットパワー	** -0.345	** 0.351		*** -0.491	*** -0.496		*** -0.503	** -0.34	*** -0.496
スクワットパワー/W	** -0.341			*** -0.504	*** -0.514		*** -0.518	** -0.359	*** -0.516

あったのは握力と肘屈曲パワー／Wであった。対象者群別にみると、N群では握力と肘伸展パワー／W、T群では握力、肘屈曲パワー、肘屈曲パワー／Wが、腕持久力テストと有意な相関関係にあった。さらに女性に関しては、全ての群で腕持久力テストの成績と骨密度（特に体重当りの値）との間に有意な相関が認められ、この点は男性にない特徴であった。

②下肢のパフォーマンステストと筋パワーの関係について（表3-c, d）

全対象者について共通に実施した下肢のパフォーマンステスト（立上がりテスト、1段昇降テスト）と下肢の筋パワーの測定項目すべての値との間には、男女ともに有意な負の相関が認められた。この関係は、男性では対象者群の違いによらず一致しており、女性ではT群が同様の結果を示した。そして、中でもパフォーマンステストとの間の相関係数の値が最も高かった筋パワーは、男性の立上がりテストに対しては股屈曲パワー／W ($r = -0.469$)、1段昇降テストに対しては膝伸展パワー／W ($r = -0.441$)、女性の立上がりテストに対しては股屈曲パワー／W ($r = -0.428$)、1段昇降テストに対してはスクワットパワー／W ($r = -0.423$) であった。

階段登行テストのラップ及び総タイムについては、対象者群別に下肢の筋パワーとの関係をみたところ、N群、T群とも男女を問わず全ての測定項目と有意な負の相関関係にあった。中でも1～2階分のラップとの間の相関係数が最も高かった筋パワーは、男性N群では膝伸展パワー ($r = -0.468$)、T群では股屈曲パワー ($r = -0.454$)、女性N群では膝伸展パワー／W ($r = -0.565$)、T群ではスクワットパワー／W ($r = -0.504$) であった。

また、下肢のパフォーマンステストについても、男性に比べ女性において骨密度との間に明らかな相関が認められた。

考 察

加齢にともない身体諸機能が低下することは、限りある生命体である以上避けることのできない

現象である。しかし、現代人に関しては、単なる老化だけでなく日常活動量の減少が諸器官の機能低下に拍車をかけていることはいうまでもない。高齢者ほど体力レベルの個人差が大きいのは、長い年月に渡る生活習慣の違いによるものであり、別な言い方をすれば、活動的な生活習慣を続けていれば、年をとっても高い体力レベルを保つことは可能なのである。したがって、本研究のねらいは、高齢者が自宅の中で生活する上で不自由しない程度の必要最低限の筋機能を考えるというではなく、中年以降老化による筋機能の低下が進むとしても、できるだけ長期間に渡って広い活動範囲を保ち続けられるために必要な筋機能のガイドラインをみきわめようというものである。そこで積極的に外界と関わり、活動範囲を広げる上で必要とされる日常的な筋力発揮動作の達成度で、上・下肢の筋機能を評価することを試みた。つまり、一般的な体力テストで行われているような最大筋力そのものが何kgかを測定するのではなく、目的は自分の体格にみあった荷物を一定時間（あるいは一定距離）休まず持ち運べるだけの上肢の筋機能を有しているか、また建物の3階くらいまでは余裕を持って階段を登れるだけの下肢の筋機能を有しているか、を評価することであり、それらの運動能力を確保するには、単あるいは多関節運動でどの程度のパワーを発揮できなければならないかを明らかにすることである。

測定の結果、本研究で実施したパフォーマンステストの成績は、男性の腕持久力テストを除いてすべて加齢とともに明瞭に低下していくことが確認された。また、スポーツクラブに所属している集団の方が特別な運動習慣を有さない集団より下肢を使ったパフォーマンステストの成績が優れていた。このことは、老化による運動能力の低下は避けられないとしても、定期的な運動習慣を持つことで運動能力水準を高く保つことができるという通説を裏付ける結果である。

そして、上肢、下肢それぞれを用いたパフォーマンステストの成績は、同じく上肢・下肢それぞれの主要筋群の単あるいは多関節運動時におけるピークパワーと有意な相関関係にあり、それも絶対値より体重当りのパワーとの相関の方が強かつ

た。これは、今回実施したパフォーマンステストでは負荷がすべて体重に比例してかかるようにできているためと考えられる。実際、女性における1段昇降テストの成績以外、パフォーマンステストと体重との相関はなく、これらのテストは個人の体格に応じた運動能力を判定できるものだといえるであろう。

問題は、本研究のパフォーマンステストの成績をどのように評価するかであるが、腕持久力テストに関しては、体重の10%に相当する負荷を2分間持続できることを目標とした。自然歩行のスピードは一般に75m／分前後であるので、150mぐらいうつ関節の角度を一定に保った状態でも体重の一割程度の荷物を持っていられれば、買い物や旅行をするのも労苦にならないのではないかと予想される。腕持久力テストの成績が2分間に達した者と達しなかった者の群に分けて、それぞれの年齢、握力、肘屈曲パワー／Wの平均値の差の検定を行ってみたところ、男女とも両群間に年齢の差はなく、男性では肘屈曲パワー／W、女性では握力と肘屈曲パワー／Wの両方に群間で有意な差が認められた。すなわち、負荷保持時間が2分間に達した者の群の肘屈曲パワーの平均値は、男性4.9 Watt/W、女性1.5 Watt/Wであったのに対し、2分間保持できなかった者の平均値は、男性4.4 Watt/W、女性1.2 Watt/Wと低かった。

階段登行テストについては、測定場所が同一でないと同等に評価することが難しく、今回のN群に関しては1～3階分の測定場所が確保できなかつたので、それができたT群の平均スピードを参考にしてみると、男性は1.25m／秒、女性は1.11m／秒であった。しかし、宮下のいう20段くらいの階段をしっかりした足どりで上がる下肢筋力とは階段登行スピードでどの程度を目標とすべきかについては、年齢別にさらに測定対象者を増やして検討すべきであろう。

階段登行の測定に代えて下肢の筋力を評価するテストとして、今回試みた1段昇降テストと椅子位立上がりテストは、男女とも階段登行テスト及び下肢のすべての筋パワーとの間に同じ程度の係数で有意な相関があり、下肢の筋機能を反映するテストとしてどちらをも用いることができる可能

性がうかがえた。椅子位立上がりテストは、CsukaとMacCarty⁴⁾によって1985年に、下肢筋力の簡便な評価法として“Timed-Stands”Testという名ですでに紹介されており、年齢及び膝の伸展・屈曲力との相関があったことが報告されている。フィールドワークにおいて階段登行のような歩行能力を直接測定することが困難な場合などに、下肢の筋機能を簡単に評価する方法としては、こうしたテストが有用かもしれない。ただし、下肢のパフォーマンステストはいずれも動作所要時間を測定するというもののため、安全性に関して十分な配慮が必要である。階段登行テストは心拍数をモニターしたこと、心臓への過度な負担はなさそうだということは確認できた（運動後の心拍数は平均120拍／分前後であった）が、慌てて転倒したり段を踏み外してケガをする危険性が考えられるので、身体機能がかなり低下している状態の高齢者を対象にする場合にはこうしたテストを行うことは適当でなく、あくまでも機能障害を来していない中高年向けテストと考えるべきであろう。

今後の課題

本研究は、日常動作を用いて中高年に必要な上・下肢の筋機能を評価するためのガイドラインを作成することを目指したものであったが、現段階においてはパフォーマンステストの成績と身体特性、筋パワーとの関係を検討したに留まり、中高年者にとって必要と思われる筋機能の水準を具体的な数値として明らかにするまでには至っていない。そのためには今後、中高年者に加えその対照群として若年者の標準値を知ること、パフォーマンステストの妥当性、再現性、客観性について詳細に検証することが必要であろう。その上でさらに筋機能を向上させるトレーニングによって日常での筋力発揮動作がどの程度改善されるのかを検討したいと考えている。

参考文献

- 1) 荒尾 孝ら：高齢者の日常生活における身体活動能力（生活体力）測定法の開発に関する研究 第2報 起立能力及び上肢作業能力について。体力研究 78：10-18, 1991.

- 2) 荒尾 孝ら：高齢者の日常生活における身体活動能力（生活体力）測定法の開発に関する研究－第6報 総合評価の妥当性について－。体力研究 82： 1-13, 1993.
- 3) Bembom, M.G., et al.: Isometric muscle force production as a function of age in healthy 20-to 74-yr-old men. Med. Sci. Sports Exerc. 23 : 1302-1310, 1991.
- 4) Csuka, M. and D. J. McCary: Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. Am. J. Med. 78 : 77-81, 1985.
- 5) 江橋 博, 荒尾 孝：高齢者の生活体力とその測定。保健の科学 35, 87-92, 1993.
- 6) 生山 匡ら。広範囲の高齢者に利用可能な身体活動水準調査法の開発。体力研究 78 : 25-46, 1991.
- 7) 小林寛道：高齢者の総合体力。老人の健康とスポーツ。pp.15-30, 1990, 世界保健通信社, 大阪。
- 8) McDobagh, M.J.N. et al.: Different effects of aging on the mechanical properties of human arm and leg muscles. J. Gerontology 30 : 49-59, 1984.
- 9) 政二 慶, 宮下充正：体力再考と新しい体力診断法. Jpn. J. Sports Sci. 12 : 631-636, 1993.
- 10) 宮下充正：老人の体力. 老年医学 20 : 54-60, 1981.
- 11) 永松俊哉ら：高齢者の日常生活における身体活動能力（生活体力）測定法の開発に関する研究 第3報 歩行能力について。体力研究 78 : 19-24, 1991.
- 12) 永松俊哉ら：高齢者の日常生活における身体活動能力（生活体力）測定法の開発に関する研究－第5報 フィールドテストとしての測定法の有用性について－。体力研究 81 : 11-19, 1992.
- 13) Shibata, H., W. Koyano, et al.: Physical changes and predictive factors of longevity during 5years in 70 and 80 years old Japanese urban residents. Abstracts. X III International congress of Gerontology, New York, 1985.
- 14) Viitasalo, J.T., et al.: Muscular strength profiles and anthropometry in random samples of men aged 31-35, 51-55 and 71-75 years. Ergonomics 28 : 1563-1574, 1985.

平成 5 年度 財団法人日本体育協会
スポーツ科学専門委員会

委員長 菊池 章（東京都水泳協会）
委 員 青木純一郎（順天堂大学）
〃 浅見 俊雄（東京大学）
〃 石井 喜八（日本体育大学）
〃 猪俣 公宏（中京大学）
〃 加賀 秀夫（お茶の水女子大学）
〃 加賀谷淳子（日本女子体育大学）
〃 勝田 茂（筑波大学）
〃 嘉戸 脩（東京学芸大学）
〃 川原 貴（東京大学）
〃 河野 一郎（筑波大学）
〃 小林 修平（国立健康・栄養研究所）
〃 白川 博（近江屋）
〃 鈴木 正成（筑波大学）
〃 高沢 晴夫（横浜市立港湾病院）
〃 高橋 敏（宮城県体育協会）
〃 武安 義光（資源協会）
〃 立川 晴一（立川総合病院）
〃 千葉 敬伍（大森高校）
〃 中嶋 寛之（東京大学）
〃 本宿 尚（藤田総合病院）
〃 真野 高一（日本大学）
〃 武藤 芳照（東京大学）
〃 村田 光範（東京女子医科大学）

財団法人日本体育協会 スポーツ科学研究所

塚越 克己 岡田 純一
雨宮 輝也 加藤 守
伊藤 静夫 原 孝子

平成 5 年度 財団法人 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集

編集代表者 菊池 章 笹原 正三
発行者 下宮 進 向井 正剛
平成 6 年 3 月 31 日 発行

平成 5 年度 財団法人日本オリンピック委員会
選手強化本部 科学・情報専門委員会

委員長 笹原 正三（体力つくり指導協会）
委 員 青山 昌二（東京大学）
〃 浅見 俊雄（東京大学）
〃 川原 貴（東京大学）
〃 土ヶ端竹志（星岡物産株）
〃 滝沢 康二（日本体育大学）
〃 帖佐 寛章（日本エアロビクスセンター）
〃 中村 良三（筑波大学）
〃 服部 光男（稻城市立病院）
〃 松林 肇（日本大学）
〃 安田 矩明（中京大学）
〃 山田 重雄（日立製作所）

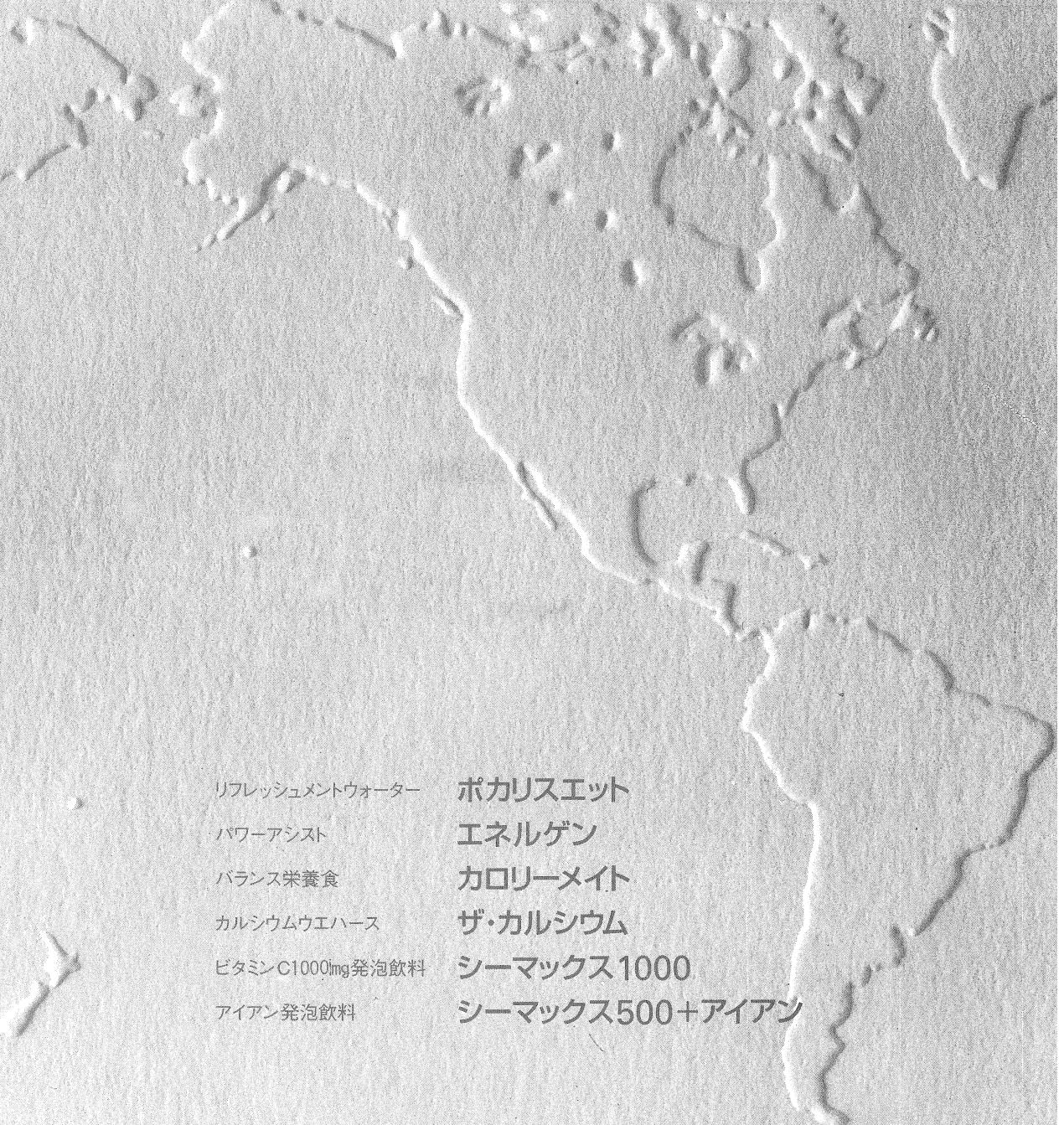
財団法人日本オリンピック委員会選手強化本部

土屋 和平 五重目純夫
平 真 黒川 仁美
伊藤 弘一

発行所 財団法人 日本体育協会
東京都渋谷区神南 1-1-1
TEL (03) 3481-2240

スポーツの科学を応援します。

Otsuka
people creating
new products
for better health
worldwide



リフレッシュメントウォーター

パワーアシスト

バランス栄養食

カルシウムウエハース

ビタミンC1000mg発泡飲料

アイアン発泡飲料

ポカリスエット

エネルギー

カロリーメイト

ザ・カルシウム

シーマックス1000

シーマックス500+アイアン

(財)日本体育協会のスポーツ医・科学の振興を応援しています。

大塚製薬

