

日本人就労高齢者における最大発揮トルクと運動履歴との関係

樋口 雅俊^{*1}, 岡田 明^{*1}, 久本 誠一^{*2}, 宮野 道雄^{*1}

^{*1} 大阪市立大学大学院生活科学研究科

^{*2} 独立行政法人製品評価技術基盤機構

The relationship between maximum voluntary contraction and exercise history in the Japanese elderly.

Masatoshi HIGUCHI^{*1}, Akira OKADA^{*1}, Seiichi HISAMOTO^{*2}, Michio MIYANO^{*1}

^{*1} Graduate School of Human Life Science, Osaka City University

^{*2} National Institute of Technology and Evaluation

Summary

The purpose of this study was to investigate the relationship between maximum voluntary contraction (MVC) and current exercise in the healthy Japanese elderly (245 subjects). The joints of the upper limbs investigated were the shoulder and elbow and those of the lower limbs were the knee and leg joint. The MVC of these joints were measured by isometric "make" tests in the sagittal plane, and was analyzed by ANOVA with Fisher's PLSD to determine dependence on the presence or absence of current exercises. The analysis of the relationship between MVC and exercise revealed a significant difference between the subjects, both male and female, with or without current exercise concerning MVC of the upper limbs.

Keywords : 日本人高齢者 *Japanese elderly*, 最大発揮トルク *maximum voluntary contraction*, 運動履歴 *exercise history*

1. はじめに

近い将来,超高齢化社会を確実に迎える日本にとって,高齢者のQOLを確保する事は非常に重要な課題となっている.高齢者自らが社会参加し,健康的な生活を送るためには,高齢者の体力を想定した高齢者重視の製品の創出が望まれるところであるが,そのデザインや設計に必要なデータの一つにヒトの最大発揮トルクデータが挙げられる.発揮トルクは筋収縮力とモーメントアーム長ファクターに依存する関節の外部出力値であるが,ヒトの動作は主にこれら各関節の発揮トルクと関節可動域により決定されることから,加齢により筋機能が低下するとされている高齢者世代の動態特性を検討する上では,最大発揮トルクは非常に重要なデータとして位置づけら

れている.

また,これまでの高齢者体力の先行研究¹⁾²⁾において,高齢者の四肢関節の最大発揮力や最大発揮トルクデータが公表されているが,被験者属性として年齢,性別等の属性以外に,生活形態に関する属性まで分類して示したデータは少ない.このため既出データと異なる生活形態属性を有する被験者群を対象としたデータを得るため,筆者らは就労高齢者を対象にした最大発揮トルク計測(被験者数950名:2001~2002)³⁾を実施した.得られた結果からは性差,世代差により最大発揮トルクに差があることが確認できるものの,最大発揮トルクの差が年齢にのみ依存しているかどうかは判明していない.一般的に,発揮トルクの発生源となるヒトの骨格筋の成長は20歳頃まで

の若年期にピークを迎え、壮年期、高齢期を経て低下していくという普遍的な特性をもつが、正確には壮年者層、高齢者層においても意図的な筋トレーニングや生活場面における筋の使用により、程度は異なるものの明らかな筋力増強または維持は可能であるとされている⁴⁾。

従って本稿では、高齢者層の最大発揮トルクに焦点を絞り、現在の運動に関する要素と同被験者による最大発揮トルク計測の結果を比較することにより、高齢者層の筋力増強・維持に現在の運動の有無が影響を及ぼすかどうかについて検討を行うことにした。

2. 方法

2.1 被験者

前述の最大発揮トルク計測³⁾の被験者950名のうち、「運動履歴」が明確に調査できている健常高齢男女245人(男性143人、女性102人、Fig. 1)を抽出した。男性は年齢 68.3 ± 5.3 [歳](範囲: 60~83[歳])、身長 162.5 ± 6.0 [cm](範囲: 140.2~177.3[cm])、体重平均 60.4 ± 9.2 [kg](範囲: 39.3~95.5[kg])であり、女性は年齢 66.9 ± 4.7 [歳](範囲: 60~79[歳])、身長 151.1 ± 5.8 [cm](範囲: 133.8~165.6[cm])、体重平均 53.2 ± 8.4 [kg](範囲: 38.0~73.3[kg])であった。

なお、計測は全国6カ所(東北・北陸・関東・中部・近畿・九州)で行ったもので、被験者はその地域の在住者の中から抽出し、基本的には各地のシルバー人材センターからの派遣者を被験者とした。これら被験者は定期的もしくは不定期でシルバー人材センターからの業務を受託するなど就労意欲があり、身体的にも歩行を含めADL機能に全く問題のないレベルにある。また、本稿では当該被験者との比較のため50歳代の男女63人(男性29人、女性34人)の被験者データも検証に用いることにした。

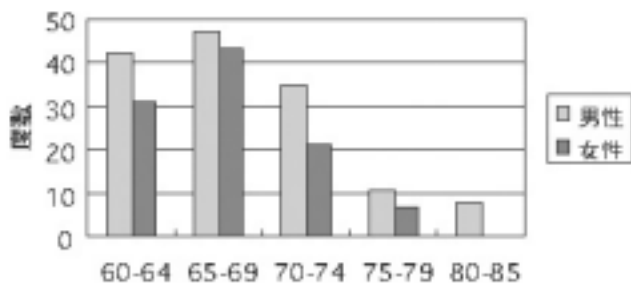


Fig.1 年齢層別被験者数

2.2 最大発揮トルク計測

2.2.1 計測装置

(1) Hand-held荷重計

当該計測においては、上肢2関節(肘、肩)、下肢2関節

(足、膝)を対象としたが、上肢2関節については計測作業の簡略化のためFig.2に示すHand-held荷重計を手で保持して用い、下肢2関節については当該荷重計を別途制作したホルダに固定し計測に供した。

当該荷重計は本来、踏力センサ(株)共和電業製:薄型踏力計LPR-A-1KNS1)として市販されているものである。

なお、当該荷重計をHand-held荷重計として用いた場合の妥当性と信頼性については筆者の前報⁵⁾により確認を行っている。



Fig.2 Hand-held荷重計

(2) 計測台

計測台はFig.3に示すものを用いたが、計測内容に応じ体幹や四肢を固定できる拘束ベルトを有し、対象関節以外の力が計測値に影響を与えないように配慮した。また肘関節トルク計測時には肘頭位置のずれを防ぐ目的で「腕置き台」を配置し、背もたれにおいては角度可変型構造を採用した。



Fig.3 計測台

2.2.2 最大発揮トルク計測における対象関節及び計測方法

以下、(1)~(4)に各関節の屈曲及び伸展方向における計測方法の概略を示す。前述のとおり(1)肘関節及び(2)肩関節の発揮トルク計測については荷重計をHand-held方式で用い、(3)膝関節及び(4)足関節については同荷重計を治具に固定して使用する方法を採用した。計測は矢状面内の等尺性最大発揮トルクを2回ずつ計測した。また、上肢のHand-held方式の計測におい

てはMake方式,つまり検者が保持した荷重計に被験者が力を加えていく方式を採用した.さらに被験者の力の加え方に対しては,検者が合図をしてから約3~5秒後に最大の力を発揮するよう指示を与えた.

(1) 肘関節

伸展・屈曲方向ともに以下の計測条件で計測を行った.

関節角度 屈曲: 80° 伸展: 60°

椅座位

背もたれ角度90°

前腕は中間位(ハンマーグリップ)

体幹をベルトで固定

左手(遊側手)は胸上に拡げて乗せる

肘掛け台に肘を乗せる



Fig.4 肘関節屈曲トルク計測



Fig.5 肘関節伸トルク計測

(2) 肩関節

伸展・屈曲方向ともに以下の計測条件で計測を行った.

関節角度 屈曲: 80° 伸展: 80°

椅座位

背もたれ角度90°

前腕は中間位(ハンマーグリップ)

体幹をベルトで固定

肘関節固定治具(補助板)を装着

左手(遊側手)は胸上に拡げて乗せる



Fig.6 肩関節屈曲トルク計測



Fig.7 肩関節伸展トルク計測

(3) 膝関節

【屈曲方向】

関節角度 屈曲: 15°

腹臥位

腰部をベルトで固定



Fig.8 膝関節屈曲トルク計測

【伸展方向】

関節角度 伸展75°

椅座位

背もたれ角度90°

計測側大腿部をベルトで固定

両手は胸上に拡げて乗せる



Fig.9 膝関節伸展トルク計測

(4) 足関節

【底屈方向】

椅座位

関節角度 0°

背もたれ角度90°

両手は胸上に拡げて乗せる

椅座位において大腿下端に固定板を当て,膝の上方への移動を拘束した状態で計測



Fig.10 足関節底屈トルク計測

【背屈方向】

椅座位

関節角度0°

背もたれ角度90°

両手は胸上に拡げて乗せる

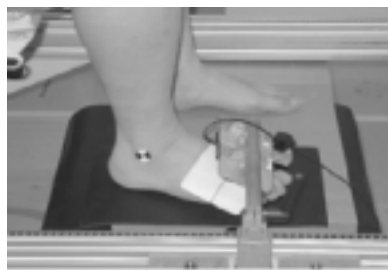


Fig.11 足関節背屈トルク計測

(5) 教示

椅座位の計測において、遊側手は胸上に手を拡げて添え、強く握るなどの動作はしない旨指示し、また、怒責効果及び血圧急変のリスクを回避するため「息を止めないで最大の力を出してください」と教示した。

(6) 最大発揮トルクの計算方法

当該計測では各関節の矢状面内の等尺性最大発揮力計測を行い、体節重量による発生トルクを相殺して関節トルクを得る方法を基本とした。関節トルクは

$T_j [N \cdot m] = T [N \cdot m] \pm \text{体節重量トルク } T_0 [N \cdot m]$ とした。

ここで $T [N \cdot m]$ は荷重計により得られるデータ $F [N]$ に、関節中心と荷重計間の長さ $L [m]$ を乗じて得られるトルクであり、それらに体節重量から発生するトルク ($T_0 [N \cdot m]$) を加減し $T_j [N \cdot m]$ を求めた。

(7) 計測角度について

計測する関節角度について、上肢の肘及び肩関節はそれぞれの関節可動域のほぼ中点⁶⁾で設定し、膝関節については関節可動域中で最も発揮トルクが大きくなる角度付近を選定した。

なお、各関節の運動方向に関する定義⁷⁾についてはFig.12に示すとおりとした。

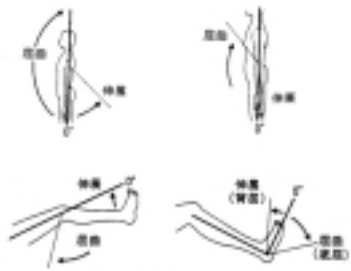


Fig.12 関節運動方向

2.3 運動実態アンケート

高齢者の筋力が加齢に伴い低下する傾向があるのは周知であるが、日常生活形態及びその内容により筋力を維持する、もしくは低下する度合いを緩和することが可能⁸⁾であることも事実である。そのため当該項目では高齢者の運動習慣に着目し、前項までの最大発揮トルク計測と比較するため、被験者の過去から現在に至るまでの運動実態をアンケートにより調査することにした。

2.3.1 アンケート対象者

2.2 最大発揮トルク計測と同じ被験者を対象にしてアンケートを実施した。

2.3.2 アンケート内容

日常行っている、もしくは行っていた運動について、以下に示す内容で運動履歴に関する聞き取り調査を実施した。

Table1 運動に関するアンケート

- | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> - 1 現在行っている運動について a. 何もしていない b. 軽い運動 (散歩, ゲートボール等) c. やや激しい運動 (速歩, 水中ウォーキング, ダンス等) d. 激しい運動 (ジョギング, 水泳, 剣道等) <ul style="list-style-type: none"> - 1 過去に行っていた運動について a. 何もしていない b. 軽い運動 (散歩, ゲートボール等) c. やや激しい運動 (速歩, 水中ウォーキング, ダンス等) d. 激しい運動 (ジョギング, 水泳, 剣道等) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2.4 運動履歴の最大発揮トルクへの影響について

最大発揮トルク計測で得られる計測値は、日常様々な生活をおくっている人々の個性をもったデータの平均値である。ここではヒトの最大発揮トルクが現在行っている運動の有無に依存しているかどうかを切り口として検討を行うことにした。

2.4.1 方法

分析を行うためのデータ群を以下3つのカテゴリに分割した。分割の基準としては、現在運動を行っているか否かを主に考え、現在運動を行っており、かつ過去にも運動していた被験者と、現在運動を行っており、かつ過去は運動していなかった被験者も同じカテゴリに含めることとした。また、「軽い運動」については散歩レベルの運

動を指しているため、今回、運動をしているカテゴリには含めなかった。つまり当該項で運動を行っているとは判断するものは、「激しい運動を行っている」もしくは「やや激しい運動を行っている」被験者に限定することとした。

(1) 運動カテゴリの分類

現在も過去も運動をしている (していた)

+

現在は運動をしているが過去は運動をしていなかった。

現在は運動していないが過去は運動をしていた。

現在も過去も運動をしたことはない。

上記に関しては、自己申告によるもので半年以上継続した運動を対象とした

(2) 分析方法

一元配置の分散分析を実施し、さらに多重比較分析 (Fisher's PLSD) により水準間の比較を行った。

3. 結果

3.1 最大発揮トルク計測

高齢男女について、得られた最大発揮トルクの平均値と標準偏差を5歳刻みで表したものの (男性60~83歳, 女性60~79歳) 及び参考値として50歳代男女の最大発揮トルクの平均値を併せて記載したものをFig.13[1]~[8]に示す。また、これらの結果から60-64歳の最大発揮トルクデータを100%として正規化したグラフをFig.14~17に示す。

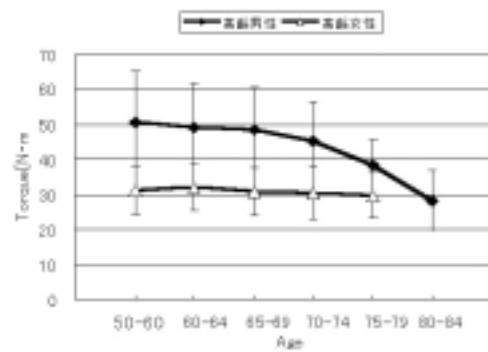


Fig.13[3] 肩関節屈曲80°

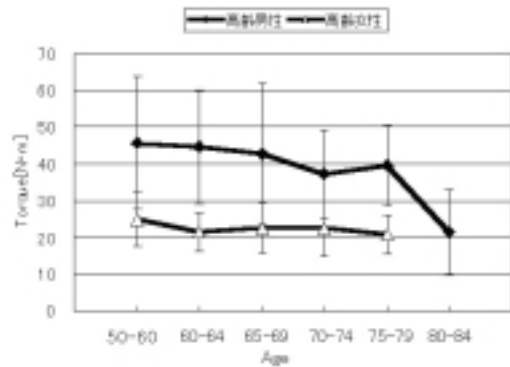


Fig.13[4] 肩関節伸展80°

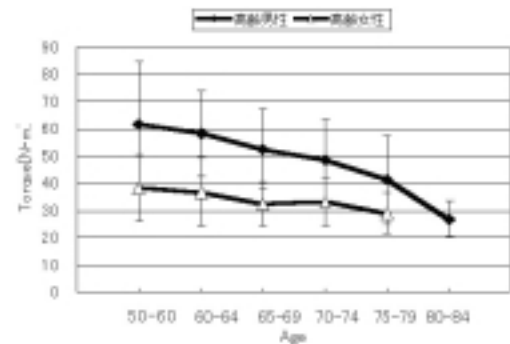


Fig.13[5] 膝屈曲15°

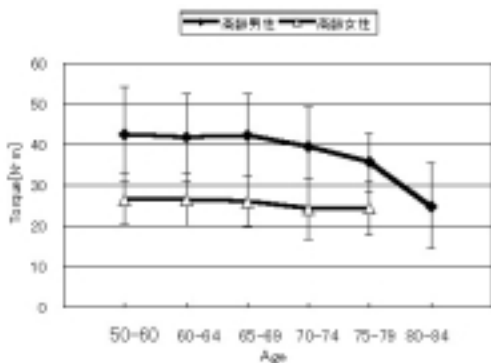


Fig.13[1] 肘関節屈曲80°

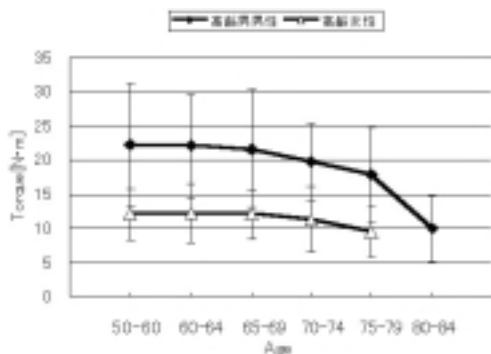


Fig.13[2] 肘関節伸展60°

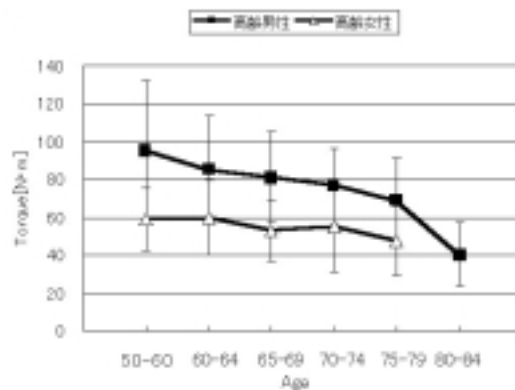


Fig.13[6] 膝伸展75°

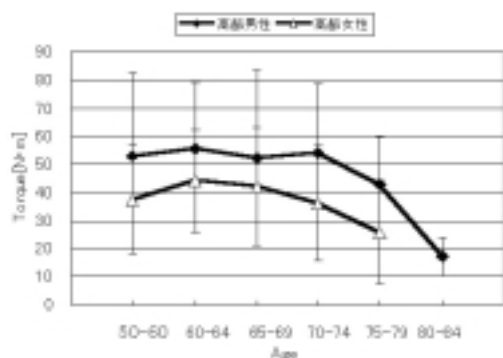


Fig.13[7] 足底屈

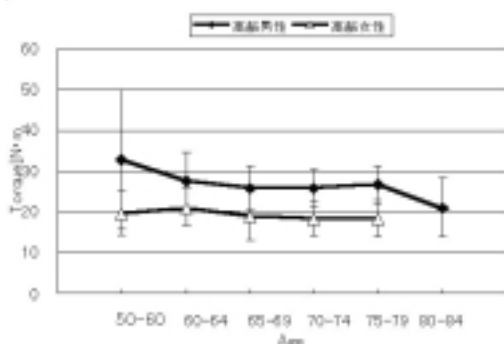


Fig.13[8] 足背屈

(1) 高齢男性の上肢の最大発揮トルクについて

Fig.14は高齢男性の上肢最大発揮トルクの結果を示したものであるが、肘関節、肩関節の屈曲・伸展とも60-64歳代ごろから徐々に低下が進み80-84歳代までには60-64歳代の平均約40～60%の発揮トルクにまで低下することを示している。肩関節伸展80°データにおいては75-79歳代で急に低下率が大きくなる傾向を示したがその他の関節については、変曲点や特異な傾向はみられなかった。

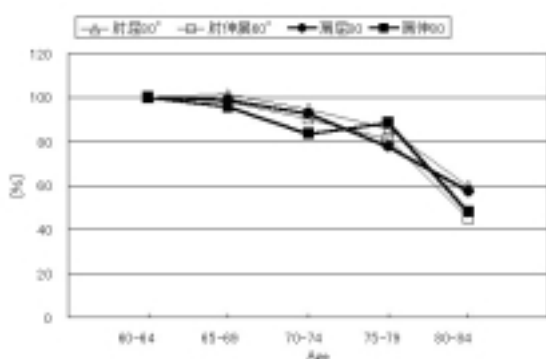


Fig.14 上肢関節の最大発揮トルク(男性)60-64歳代を100%として正規化

(2) 高齢男性の下肢の最大発揮トルクについて

Fig.15は高齢男性下肢の最大発揮トルクの結果を示したものであるが、特筆すべき点として足関節の底屈力の低下率が急峻であることが挙げられ、特に急激な低下が見られるのは70-74歳代から80-84歳代にかけての期間であり、60-64歳代と比較して平均約30%程度の発揮トルク

しか維持できていないことを示している。また、足関節に次いで低下率の大きな関節は膝関節であり、屈曲・伸展とも60-64歳代の平均約45%の発揮トルクを維持しているにすぎない。一方、足関節の背屈力は漸減傾向が見られるものの、底屈力の低下率よりはるかに穏やかな下降傾向を示している。

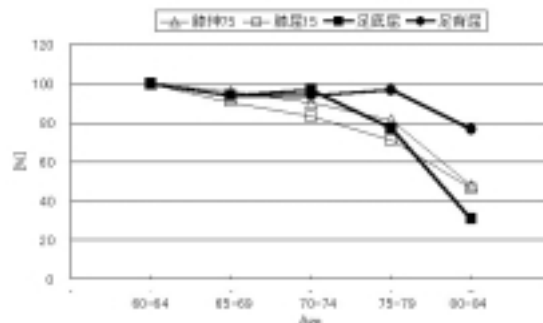


Fig.15 下肢関節の最大発揮トルク(男性)60-64歳代を100%として正規化

(3) 高齢女性の上肢の最大発揮トルクについて

Fig.16は高齢女性上肢の最大発揮トルクの結果を示したものであるが、肩関節の屈曲・伸展力及び肘関節の屈曲力については75-79歳代においても60-64歳代と比較して平均約10%程度しか低下していない。高齢女性の上肢関節のなかでは肘関節伸展力に最も大きな低下が見られ、75-79歳代では60-64歳代の平均約75%の発揮トルクしか維持できていないことを示している。

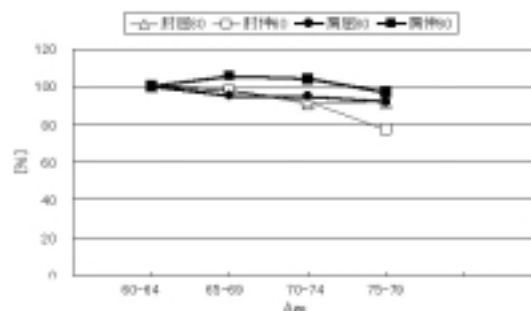


Fig.16 上肢関節の最大発揮トルク(女性)60-64歳代を100%として正規化

(4) 高齢女性の下肢の最大発揮トルクについて

Fig.17は高齢女性下肢の最大発揮トルクの結果を示したものであるが、下肢では足関節の底屈力の低下が著しく75-79歳代での発揮トルクは60-64歳代の平均約60%のレベルにまで低下している。その他同様に膝関節屈曲・伸展力は60-64歳代の平均約80%、足関節の背屈では平均約90%弱にまで発揮トルクが低下していることを示している。

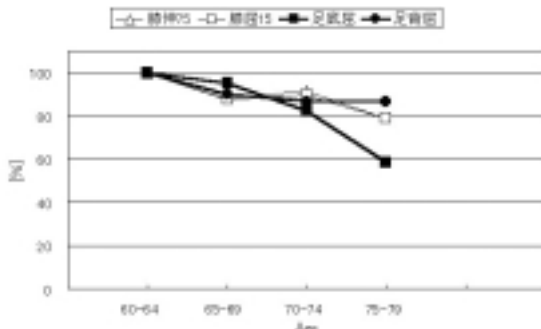


Fig.17 下肢関節の最大発揮トルク (女性) 60-64歳代を100%として正規化

(5) 最大発揮トルクに関する男女間の比較

最大発揮トルクの絶対値について、上肢・下肢とも同年齢層では男性の数値が女性を上回っていた。上肢については男女とも加齢にしたがい発揮トルクの低下傾向を示しているが、女性の最高年齢層にあたる75 - 79歳代で男女の平均発揮トルクを比較すると60 - 64歳代と比べて男性の方が比較的低下の度合いが大きく、肩関節の屈曲・伸展力及び肘関節の伸展力にその傾向がよく現れている。また下肢についても75 - 79歳代で男女を比較すると逆に女性の方が低下の度合いが大きい場合があり、足関節の底屈力にその傾向がよく現れている。Fig.15は男性下肢のデータであり最高年齢層が80 ~ 84歳、Fig.17が女性下肢のデータで最高年齢層が75 ~ 79歳代であるが、最高年齢層における両者の下肢関節発揮トルクの低下順位は同じで、足関節の背屈力が最も低下しにくく、次に膝関節の屈曲・伸展力、最も低下率の大きいものが足関節底屈力という結果が得られた。

3. 2 運動実態アンケート

(1) 現在行っている運動について

Fig.18は現在行っている運動について集計した結果である。まず、運動を行っているかどうかについて、男性では全体の72%が何らかの運動を行っており、水泳・マラソンなどに代表される激しい運動を行っている人が全体の13%、水中ウオーキングなどのやや激しい運動を行っている人が15%、散歩、ゲートボールなどの軽い運動をしている人が44%と一番多

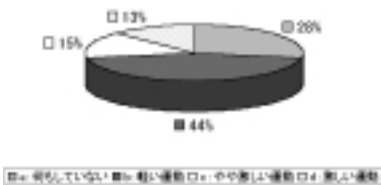


Fig.18上 現在行っている運動 (男性)

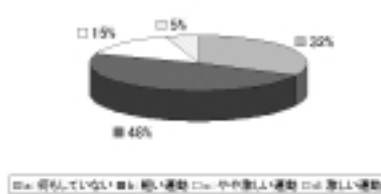


Fig.18下 現在行っている運動 (女性)

い運動を行っている人が44%と一番多

かった。一方女性では68%が何らかの運動を行っており、激しい運動5%、やや激しい運動15%、軽い運動が48%という順であり、何らかの運動をしている比率は男性の方が僅かに高かった。

(2) 過去に行っていた運動について

Fig.19は過去行っていた運動について集計した結果である。まず、運動を行っていたかどうかについて、男性では全体の68%が何らかの運動を行っており、激しい運動を行っていた人が全体の48%、やや激しい運動を行っていた人が11%、軽い運動を行っていた人は9%であった。一方、女性では何らかの運動を行っていた人が全体の58%であり、以下激しい運動、やや激しい運動、軽い運動を行

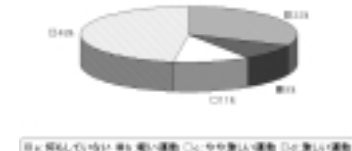


Fig.19上 過去行っていた運動 (男性)

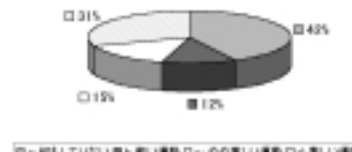


Fig.19下 過去行っていた運動 (女性)

ていた人はそれぞれ31%、15%、12%であった。前述の現在行っている運動の傾向と同様に過去何らかの運動を行っていた比率は女性よりも男性の方が高いという傾向が見られた。

3. 3 運動履歴の最大発揮トルクへの影響について

結果はFig.20[1] ~ [16]に示すとおりで、Fig.20[1] ~ [8]は高齢男性、Fig.20[9] ~ [16]は高齢女性のデータである。高齢男性では肘関節伸展、肩関節屈曲・伸展、(Fig.20[2],[3],[4])高齢女性では肘関節伸展 (Fig.20[10])にのみ有意差がみられ、これらすべて上肢関節という結果であり、下肢については運動履歴と最大発揮トルクの間には有意差はみられなかった。

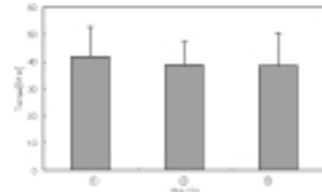


Fig.20[1] 肘関節屈曲80° (男性)

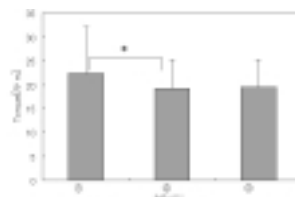


Fig.20[2] 肘関節伸展60° (男性) (*: p<0.05) た。

また、有意差が生じているカテゴリの組合せにはすべてのカテゴリが含まれており、トルク値で比較すればすべての方の値が大きいという結果が得られた。このことから、現在運動を行っていることが、上肢の一部の関節の最大発揮トルクに影響を与える一因になっていると示唆される結果を得

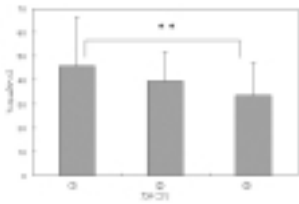


Fig.20[3] 肩関節屈曲80 (男性) (** : p < 0.01)

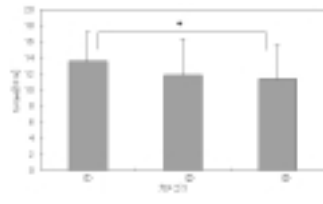


Fig.20[10] 肘関節伸張60 (女性) (* : p < 0.05)

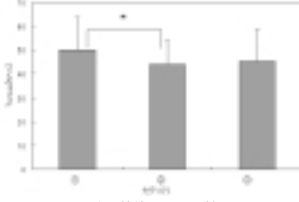


Fig.20[4] 肩関節伸張80 (男性) (* : p < 0.05)

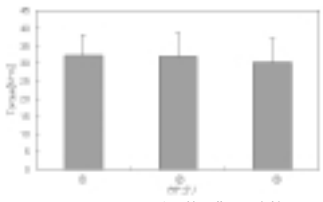


Fig.20[11] 肩関節屈曲80 (女性)

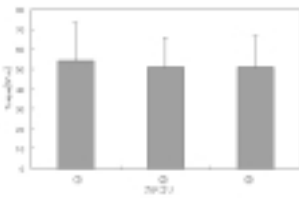


Fig.20[5] 膝関節屈曲15 (男性)

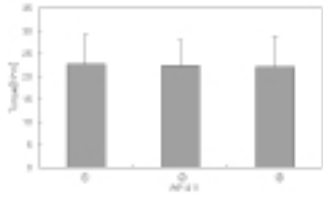


Fig.20[12] 肩関節伸張80 (女性)

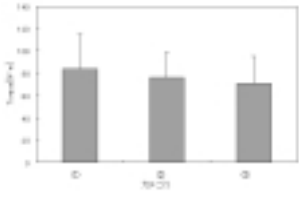


Fig.20[6] 膝関節伸張75 (男性)

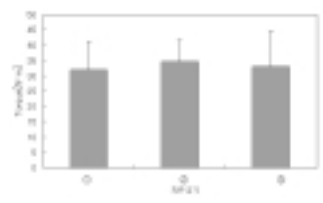


Fig.20[13] 膝関節屈曲15 (女性)

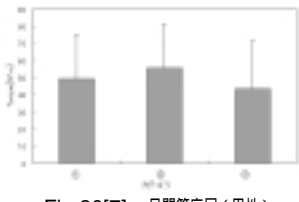


Fig.20[7] 足関節底屈 (男性)

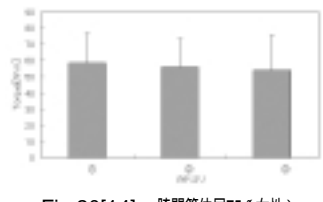


Fig.20[14] 膝関節伸張75 (女性)

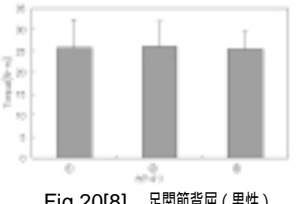


Fig.20[8] 足関節背屈 (男性)

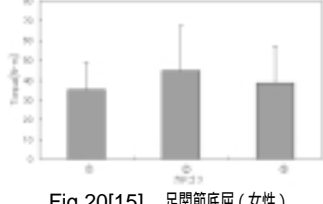


Fig.20[15] 足関節底屈 (女性)

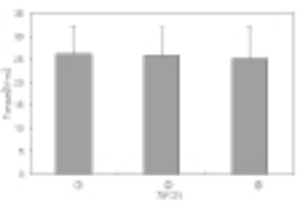


Fig.20[9] 肘屈曲80 (女性)

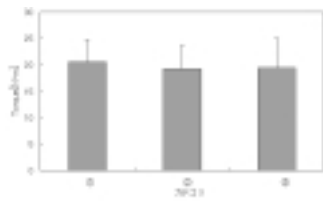


Fig.20[16] 足関節底屈 (女性)

Fig.20 運動履歴の最大発揮トルクへの影響について[1]~[8] (一元配置分析の後、多重比較分析 (Fisher'sPLSD))

4 考察

4.1 最大発揮トルク計測

(1) 上肢の最大発揮トルク

結果に示すとおり、特に肩関節の屈曲・伸展力に男女の差が見られ、女性ではほとんど低下がみられないのに対し、男性では比較的低下率が大きいといえる。この要因の一つには高齢者年齢になったことによる生活環境の変化が影響していることが可能性として考えられる。男性の場合、定年退職などで歩行等の運動が極端に減少したり、その他運動を行う機会が少なくなることにより、筋の不活動状態になっているのではないかと考える。筋の不活動状態に陥ると速筋が選択的に萎縮し、筋力全体としては低下する傾向がある⁸⁾。それに対して女性被験者の場合60歳を超えても買い物を含めた家事を継続して行っている場合が多く⁹⁾、日常生活の中で筋を自然なかたちで常時使用していることが、筋力維持に繋がっているのではないかと考えられる。

(2) 下肢の最大発揮トルク

高齢者の下肢筋力の加齢特性を考える上で非常に重要な問題として歩行中のつまずき、転倒の問題が挙げられるが、これらには今回の計測結果に見られるように足関節底屈力と膝関節屈曲・伸展力の低下が密接に影響していることが考えられる。高齢者の転倒・つまずきに関する先行研究において、鈴木ら¹⁰⁾は自由歩行速度と転倒率に相関があるとし、金ら¹¹⁾は転倒恐怖から外出が制限され、筋力の虚弱化が加速することを肯定している。さらに金子ら¹²⁾は自由歩行速度と転倒に相関があるとの説を肯定した上で高齢者の下肢筋力を計測し、膝伸展力、足底屈力及び足背屈力がある閾値を下回ると歩行速度の低下が始まるとしている。つまり、加齢による筋力低下や外出の制限が筋力の虚弱化を促進し、その結果歩行が不安定になり転倒を引き起こすと結論づけることができると考える。このように本稿の計測で得られた足関節底屈力及び膝関節屈曲・伸展力の加齢による低下現象は、上述の諸説を補完するかたちで結果が得られたものと考えている。

また、高齢者のつまずき・転倒においては、青壮年層ではまったく問題にならないような路面の凹凸、段差が高齢者には越えることができずにつまずいてしまい、転倒に至るケースが多いようである。もちろん視覚的に凹凸等を認識ができなかった場合も考えられるが、歩行のメカニズム¹³⁾から考えると、「つま先があがらない」つまり足関節の背屈力不足が原因、もしくは足関節の底屈力不足のどちらかであると考えられる。しかし、前者について金子らが、自由歩行時においてつま先高が最も低くなる片脚支持期中期のつま先高を計測したところ、予想に

反して高齢者の計測値は若年層を上回るという結果を得、その原因として、高齢者は股関節を屈曲させることにより膝を高く上げる傾向があり、その結果、前述のつま先高が高くなっていると報告している。このように、足関節背屈力不足によるつま先位置の問題は他の下肢関節の代償動作により解消されていることから、「つま先が上がらなくて転倒する」=「足関節背屈力の低下」とはいきれない部分もあると考えられる。对象的に、足関節底屈力は主に歩行の推進力を担っていると考えられることから、当該発揮トルクの低下は自由歩行速度及び歩行の安定性に直接的に影響を与えるものと考えられる。

4. 2 運動履歴の最大発揮トルクへの影響について

分析結果からは、男女とも上肢関節の一部に現在の運動の有無と最大発揮トルクの関係に有意差がみられた。有意差の見られなかった他の関節についても多くは、現在運動を行っている被験者のトルク平均値が現在運動を行っていない被験者トルク平均値を上回っていた（女性高齢者：膝屈曲トルク、足底屈トルクを除く）。

男性で有意差の見られた肩関節の屈曲・屈伸及び肘関節伸展力は、4.1(1)では女性と比して比較的発揮力の低下率が大きいとされた筋群（肘伸展筋は除く）であり、その理由として、女性の場合買い物などを含む日常家事での筋の使用が高齢者になっても筋力を維持している要因ではないかと推定した。このことを逆に考えれば上肢の筋（肩屈曲・伸展肘伸展筋に限る）は比較的運動などによる筋のトレーニング効果の影響を受けやすく、通常加齢により生じるとされている速筋の萎縮作用が緩和されるなどの現象が起きていることも考えられる。もちろん筋萎縮作用や筋肥大作用が上肢にのみ起こるものではないことは確認されている¹⁴⁾ものの、上肢筋群（肩屈曲・伸展肘伸展筋に限る）は運動や生活習慣の影響を受けやすい筋群として捉えてよいのではないかと考える⁴⁾。ただし、肘屈曲筋に限定すれば逆の特性を示すとの、先行研究があり、福永ら¹²⁾はスポーツクラブなどで日頃定期的な運動を実施している運動群と、特別な運動をしていない対照群について筋骨格系機能の調査を行った。その結果、各年齢群（40～70歳）ともほとんど差が見られなかったとしており、肘屈曲筋に限定すれば本稿においても福永らを支持する結果が得られたものと考えられる（Fig.20[1](男性),Fig.20[9](女性)）

一方、下肢筋群に関して、前項までの発揮トルクの低下に関する検討で、上肢の筋と対照的な性質を示した足関節の底屈筋（下腿三頭筋等）について、有意差は認められなかったことから、一次的には底屈筋群が運動など

によるトレーニング効果の影響を受けにくい筋群である可能性も考えられる。しかし、別の視点から見れば、加齢による筋力低下の一因に速筋の選択的萎縮効果が挙げられるが、その効果が筋トレーニング効果を上回っている場合、「トレーニング効果の影響を受けにくい筋群」と判断されるものと考えられる。このため対象筋における速筋の選択的萎縮効果が大きいかどうかを判断する必要があるが、これらは筋中の速筋と遅筋の組成率に依存すると考えられることから、筋ごとに異なるとされている上述の組成率のデータを確認することによりトレーニング効果の影響を受けやすい筋であるかどうか判断可能になるものと考えられる。また、この問題について、マクロ的な観点で判断すれば、通常の歩行動作などにより、均等に筋トレーニングを受けていることが有意差の認められなかった原因の1つとの考え方もできるが、いずれにしても今後の検討課題とすべき内容であると考えられる。またADL機能の評価項目である「立ち上がる」という動作に着目した場合、当該動作に主に寄与する筋群は膝伸展筋群であるといえる。前述の福永らの計測¹²⁾において、膝伸展筋パワーについても確認した結果、各年齢群とも運動群が高い値を示したとしている。本稿において、膝伸展筋は男女とも有意差は見られなかったものの各力カテゴリーの関係は(Fig.20[6](男性)), (Fig.20[14](女性))に示すように > > の関係があり、福永らの実験を支持する結果を得たと考えられる。

これらのことから、高齢者のQOLを確保し活発な社会参加を支援するためには、まず下肢の筋力をいかに低下させないかを検討する必要があると考えられる。比較的元気な高齢者であってもケガなどの理由で数週間歩かなければ筋の不活動により筋が萎縮し、場合によっては寝たきりになる例があることから、下肢の筋の衰えは様々なADLに影響を与えることを念頭におき、効率的な筋力保持トレーニングの検討や、高齢者の筋力低下の特徴をふまえた生活の設計が望まれるところである。

今回の研究にご協力をいただいた被験者のほとんどはシルバー人材センターからの派遣者であったが、シルバー人材センターに登録し現在も就労されていることから、体力的には一般高齢者の平均値よりは多少上回っている部分もあるものと考えられ、本来の意味での高齢者の最大発揮トルクと運動の関係を研究するためには、やはり一般高齢者を含めた被験者群を対象とする必要性があると考えられる。また、今回の分析では有意差の認められなかった筋群についても運動所要時間や運動の内容など、もう少し詳細な条件を加えたカテゴリに分類して分析を行えば違った切り口の結論が導けるのではないかと

考える。さらに今回は現在の運動に焦点を絞ったが、日常の多くの時間は家事や仕事などに費やされていることから、今後はこれらのファクターや過去の運動履歴の詳細も含めて最大発揮トルクとの関係を調査する必要があると考えている。

なお、本研究は経済産業省知的基盤整備事業「人間特性計測業務・高齢者の基本動態特性データ収集」の一環として実施したものである。

<引用文献>

- 1) 東京都立大学体力標準値研究会編：新・日本人の体力標準値2000,不昧堂出版,160-179,(2000)
- 2) 佐藤方彦(監)：人間工学数値数式便覧,技報堂出版,121-141(1994)
- 3) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：人間特性データベース, <http://www.tech.nite.go.jp/human/>(2002)
- 4) 山田茂,福永哲夫,編著：骨格筋運動による機能と形態の変化,ナップ,161-200(1999)
- 5) 樋口雅俊,岡田明,久本誠一,三浦範大,宮野道雄：Hand-Held荷重計を用いた肘関節トルク計測:Make Tests及びBreak Testsの特性及び精度の検証について,日本生理人類学会誌,9巻3号,17-24(2004)
- 6) DonB.Chaffin,GunnarB.J.Andersson,BernardJ.Martin：『Occupational Biomechanics Third Edition』,John Wiley & Sons,Inc.,181 - 277(1999)
- 7) 社団法人日本リハビリテーション医学会：関節可動域ならびに測定法,リハビリテーション医学VOL32 No.4,207-217(1995)
- 8) 福永哲夫：『筋の科学事典』,朝倉書店,115-123(2003)
- 9) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：高齢者の基本動態計測日常生活アンケート(2001~2002)
- 10) 鈴木隆雄,杉浦美穂,古名丈人,西沢哲,吉田英世,石崎達郎,金憲経,湯川晴美,柴田博：地域高齢者の転倒発生に関する身体的要因の分析的研究,日本老年医学学会雑誌,36巻,472-478(1999)
- 11) 金憲経,吉田英世,鈴木隆雄,石崎達郎,細井孝之,山本精三,折茂肇：地域高齢者の転倒発生に関する身体的要因の分析的研究,日本老年医学学会雑誌,38巻,805-811(2001)
- 12) 岡田守彦,松田光生,久野譜也編著：高齢者の生活機能増進法,ナップ,17-45(2000)
- 13) 江原義弘,山本澄子：関節モーメントによる歩行解析,医歯薬出版株式会社,19-24(1997)
- 14) 山田茂 福永哲夫 編著：生化学,生理学から見た骨格筋に対するトレーニング効果,ナップ,1-26(1999)

日本人就労高齢者における最大発揮トルクと運動履歴との関係

樋口 雅俊, 岡田 明, 久本 誠一, 宮野 道雄

要旨：この研究の目的は日本人就労高齢者の最大発揮力と、現在行っている運動との関係について調査を行うことである。対象関節について、上肢は肩関節と肘関節、下肢は膝関節と足関節とした。まずMake方式による矢状面内の等尺性最大発揮力計測を行い、次にその値が現在の運動の有無に依存しているかどうか一元配置分散分析の後、多重比較検定(Fisher's PLSD)を行い確認した。その結果、現在の運動と最大発揮力の関係において、男女とも上肢の関節に、運動を行っている被験者と行っていない被験者の間に有意差が見られた。