

## スポーツ競技種目の違いは肘関節屈筋群の 筋硬度測定に影響を及ぼすか

### Is muscle stiffness measurement effected on different athletic training in human elbow flexors.

中野 雅之\*, 角田 直也\*\*, 佐藤 三千雄\*\*\*,  
堀川 浩之\*\*\*, 久光 正\*\*\*\*

Masayuki NAKANO \*, Naoya TSUNODA \*\*, Michio SATO \*\*\*,  
Hiroyuki HORIKAWA \*\*\*, Tadashi HISAMITSU \*\*\*\*

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to investigated the effects of different athletic training on muscle stiffness measurement in human elbow flexors. A total of 20 male collegiate athletes for 10 each Distance runners and Judoists, were participated as subjects. The stiffness of the elbow flexor muscles were measured by using static loading method for the elbow flexors on 10 different joint angles during resting conditions.

The absolute values of muscle stiffness in both Distance runners and Judoists decreased due to flexed elbow joint angles. Relative values(%) from full extend angle( $0^{\circ}$ ) to flexed angles(from  $30^{\circ}$  to  $60^{\circ}$ ) were showed almost some in both Distance runners and Judoists.

The result of this study showed similar tendency of previous researches. From these results, it was seemed that muscle stiffness for resting conditions in human elbow flexors are not affected by different athletic training.

*Key words; muscle stiffness, static loading method, human elbow flexors, different athletic training*

#### はじめに

これまでにヒトの骨格筋の硬さを客観的に定量化し、検討した報告は測定方法に違いはあるものの、種々行われてきている。

これらの報告の多くは測定装置や測定方法の開発に関するものや筋収縮時及び筋疲労時における筋の硬さを測定したものであり、関節角度の影響について検討したものは極めて少ない。  
また、これまでの筋の硬さ測定に関する方法を

\* 同上館大学体育学部スポーツリハビリテーション教室  
(Lab. of Sports Rehabilitation, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 同上館大学体育学部身体運動学教室  
(Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* 昭和大教養部保健体育学教室 (Lab. of Physical Education, College of Arts and Sciences, Showa University)

\*\*\*\* 昭和大医学部第一生理学教室 (Department of Physiology, School of Medicine, Showa University)

みると、皮膚に対して圧入方式による静的な方法と押し込みによる筋側からの反力を応用した動的な方法の2種類があげられる。しかし、これらの測定装置にはそれぞれ長短があり、特に押し込み反力による動的な方法では簡易性及び経済性が得にくいことが指摘されている<sup>19)</sup>。

このようなことから、われわれは小型で簡易性及び経済性が得やすいことを条件に、皮膚に対して錘による荷重（圧入）方式での筋硬度計を新たに作成した。さらに、その測定精度をみるために肘関節屈筋群における筋硬度の測定を行い、安静時における筋硬度に及ぼす関節角度の影響について検討した。

その結果、筋硬度の値に及ぼす筋長の影響と測定に使用された装置が筋硬度の変位を定量化できることが示唆された<sup>19), 20)</sup>。

一方、筋硬度の測定方法に関して、皮膚に対する圧入方式では組織の量が多く、筋の厚さが大きい柔らかい部位には測定精度に限界がある。しかし、筋が薄く比較的硬い部位の評価には適しているとの指摘がある<sup>2, 16)</sup>。

この様に筋の硬さを評価するために測定部位の組織量や筋の厚さを考慮しての測定方法について検討した報告は極めて少ない。また、測定部位の組織量及び筋量の違いが関節角度の変化によって筋硬度測定にどのような影響を及ぼすかについてスポーツ競技種目の違いから検討した報告はほとんどみられない。

そこで、本研究では本研究によって使用した測定装置の検証と、トレーニング様式の異なる男子長距離走者及び柔道競技者の右上腕屈筋群を対象として、安静時における筋硬度測定に及ぼす屈曲角の変化の影響について検討した。

## 方法

### 1. 被験者

本研究の被験者は大学の陸上競技部長距離走者男子学生10名と柔道競技者男子学生10名であった。

被験者の年齢、身長及び体重の平均と標準偏差値はそれぞれ長距離走者20.6±1.7歳、柔道21.0±0歳、長距離走者171.9±4.3cm、柔道164.8±1.4cm、長距離走者60.1±4.2kg、柔道65.7±1.4kgであった。

被験者の選定における長距離走者については超音波法により上腕部皮下脂肪厚を測定し、5mm以下を条件とした。また、柔道競技者については長距離走者との皮下脂肪、体液などの生体内部の物理的条件差を極力少なくするために軽量級の選手とし、肘関節伸展時における測定ポイント上の上腕周径囲が30cm以上の者を採用した。また、被験者には本研究の目的並びに方法の詳細を実験前によく説明し、測定実験への参加の同意を得た。

### 2. 測定装置

筋硬度の測定装置は工業用硬度計（Mitutoyo社製）を改良したものをを用いた<sup>19), 20), 21)</sup>。

この筋硬度計には三本の足があり、中央の足は両側の足より6.3mm突出していて、可動式である。一方、両側の足は固定式である。中央の足を測定部に垂直に当て、固定された両側の足が筋を覆う皮膚上に軽く触れるまで押し込んだとき、中央の足が押し戻された長さを筋硬度の指標とした。押し戻された長さが長いほど筋は硬いことになる。

この硬度計の使用に当たっては硬度計自体に自重があるため、2本の固定された足の部分が測定部の皮膚上に触れるまで、硬度計の自重がかからないように支持固定しなければならない。

しかし、生体の皮膚は柔軟で湾曲しているため硬度計の両側の足が測定部皮膚上に触れるまでの間、硬度計の支持固定を継続することは非常に困難である。

そこで、測定部の皮膚面に硬度計の自重がかかることを前提として両側の足部分に特別に作成した支持台を取り付け、測定面にかかる硬度計の自重を分散させるための改良を試みた。

### 3. 測定部位及び条件

筋硬度の測定部位は上腕長（右肩峰高から肘関

節高までの60%)、即ち上腕二頭筋屈曲時に最大周径囲になると思われる筋腹の頂点を各々の角度について10回の測定を実施した。

測定における関節角度の設定は完全伸展位を0度、他は屈曲10度から90度までの間を各10度ごとに設定した。

測定にあたっては木材板に分度器をあて角度計つきの支持台を作成したものを使用した。

#### 4.統計処理

本研究における統計処理は各角度で得られた値をScheffeの手法を用いて多重比較をし、また各々の角度間における長距離と柔道の比較については対応のないt検定を行い、有意水準は危険率5%以下とした。

#### 結果と論議

Table 1 は長距離走者と柔道競技者の両群における異なる関節角度での筋硬度実測の平均値と標準偏差を示したものである。ここでの関節角度0度は完全伸展位を示し、他の角度は完全伸展位からの屈曲位を示している。

Table 1. The effects of elbow flexion angle on the real value of relaxed biceps hardness in male Long distance runner and Judoist subjects.

elbow angle	Long distance runner	Judoist
0	4.03±0.26	4.27±0.26
10	3.72±0.28	4.09±0.33
20	3.54±0.20	3.99±0.22
30	3.18±0.37 **	3.56±0.34
40	2.95±0.36 ***	3.39±0.41 *
50	2.79±0.29 ***	3.24±0.48 **
60	2.66±0.23 ***	3.10±0.50 ***
70	2.83±0.26 ***	3.16±0.47 ***
80	3.16±0.50 **	3.20±0.57 ***
90	3.21±0.61 **	3.27±0.45 **

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

長距離における角度0度の筋硬度の値(4.03±0.26)は同群での他の全ての屈曲角に対して高い値を示し、30度、80度及び90度は1%水準、他の40、50、60、70度ではそれぞれ0.1%水準で0度よりも有意に低い値を示した。

また、柔道選手においても長距離とほぼ同様な傾向がみられ、屈曲角の増大に伴って筋硬度値は低い値を示す傾向がみられた。しかし、0度の値(4.27±0.26)に対する各角度との差異は40度で5%、50度及び90度が1%、60、70、80度とそれぞれ0.1%水準で有意に低い値を示したが、長距離群とは異なる傾向であった。

各角度における筋硬度の値を長距離と柔道で比較をすると柔道は全ての角度の値が長距離より高く、特に10、30、40、50、60、70度では5%水準、20度では0.1%水準で有意な差異が認められた。

さらに、0度の値に対する筋硬度値は長距離及び柔道の両群とも60度の角度において最も低く、その値は70から90度で僅かに増加する傾向を示した。小宮ら<sup>10)</sup>の動的測定では90度あたりで、最も筋硬度値の減少がみられたことが報告されており、本研究の測定とは異なる結果であった。

Table 2 は各角度における長距離走者と柔道競

Table 2. The effects of elbow flexion angle on the relative value of relaxed biceps hardness in male Long distance runner and Judoist subjects.

elbow angle	Long distance runner	Judoist
0	100.00±0	100.00±0
10	92.20±4.83	93.87±88.45
20	88.09±5.66	93.56±3.44
30	78.70±6.95 **	83.20±5.94 **
40	73.10±7.83 ***	79.41±7.32 *
50	69.41±7.15 ***	75.66±8.27 **
60	66.13±7.02 ***	72.43±8.67 ***
70	70.47±9.48 ***	73.85±9.21 ***
80	78.55±13.09 **	74.79±11.51 ***
90	79.96±16.20 **	76.43±6.60 **

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

技者の関節角度 0 度での筋硬度を基準として、相対値を平均値と標準偏差で示したものである。

長距離及び柔道共に屈曲角の増大に伴い硬度の割合は減少する傾向を示した。その傾向はほぼ実測値と同様であった。相対値でみた両群の値は 30 度から有意な減少が認められ、実測値 (Table 1) とは異なる結果であった。

また、それぞれの角度における筋硬度値の減少率を長距離と柔道間で比較すると総体的に柔道の方が減少率が低い傾向を示した。相対値での種目間の差異は 20 度間においてのみ 5 % 水準であった。

一方、相対値での関節角度間の比較では 0 度に対する筋硬度値の減少率は 60 度の角度において最も高く、実測値と同様の結果であった。

北田ら<sup>5)</sup>は 30 度の関節角度あたりで筋長が静止長近くになっていることが考えられるとして、筋の伸展から短縮に伴う静止張力の減少をあげている。また、われわれ<sup>19), 20)</sup>も同様な結果を得ていることから、その報告を支持するものである。

しかし、本研究における実測値は柔道において、0 度に対して 30 度では有意な差が認められなかったが、40 度と 50 度では有意に低い値を示し、長距離選手群とは異なる結果であった。

一方、相対値では柔道及び長距離の両群とも同角度で同様な減少傾向がみられたことから、北田ら<sup>5)</sup>の報告を支持するものと考えられる。

また、長距離と柔道の各々の角度における筋硬度値の比較に関しては総体的に柔道の方が減少率が低く、実測値の 7 角度においては長距離に比べて柔道が有意に高い値を示したものの、相対値では 20 度間にのみ有意な差が示された。

この様に、実測値と相対値とでは部分的に異なる結果が生じた。その原因としては競技特性として腕の屈筋を多用する柔道と、ほとんど使用しない長距離間の筋量を含めた上腕部の組織量の差に多少起因するのではないかと考えられるが、総体的には実測値及び相対値とも両競技種目間での筋硬度値の減少傾向に違いはなく、筋硬度値が最も

減少した 60 度の角度についても同じであった。

これらのことから、上腕屈筋群を対象とした筋硬度測定においてはトレーニング様式による差異に影響されないことが示唆されたものと考えられる。

## ま と め

本研究では大学生の男子長距離走者と柔道競技者の 20 名を対象として、本研究によって使用した測定装置の検証と、右上腕屈筋群の安静時における筋硬度測定に及ぼす屈曲角の変化の影響について、トレーニング様式の異なる長距離と柔道の違いから検討した。

その結果、長距離及び柔道ともに屈曲角の増大に伴って筋硬度値は減少し、これまでの報告と同様な傾向を示した。

また、本研究によって得られた測定結果から、関節角度の変化に伴う筋硬度値はトレーニング様式の違いによる影響を受けないことが示唆された。

本研究は体育学部附属体育研究所の 1996 年度の研究助成によって実施した。

## 引用文献

- 1) 土居陽治郎ら：運動にともなう筋肉の硬さ変化に関する力学的研究，第 9 回日本バイオメカニクス学会大会論集，339-344，1988。
- 2) 土居陽治郎，小林一敏：筋肉の硬さ測定に関する研究，筑波大学体育科学系紀要 11:265-274，1988。
- 3) 土居陽治郎ら：長距離走における着地動作に関する研究，筑波大学体育科学系紀要 12:261-268，1989。
- 4) Horikawa, M., et al.: Non-invasive measurement method for hardness in muscular tissues. Med. & Biol. Eng. & Comput., 31:623-627, 1993.
- 5) 北田耕司ら：筋疲労による収縮時の筋硬度変化，J. J. SPORTS SCI, 13(2):273-280, 1994。
- 6) 小林一敏：弾力性測定装置の試作，日本体育学会第 37 回大会号，734，1986。
- 7) 小林一敏：筋の粘弾性測定器の試作，日本体育学会第 38 回大会号，706，1987。
- 8) 小林一敏：衝撃試験法による緩衝剤及び筋の非線形粘弾性特性の測定法，筑波大学体育科学系紀要

- 11:205-211, 1988.
- 9) 小宮秀明, 前田順一, 竹宮 隆: 安静時及び最大筋収縮時における男女の筋硬度比較, 日本体育学会第45回大会号, 308, 1994.
- 10) Komiya H. Maeda J and Takemiya T: A New Functional Measurement Muscle Stiffness in Humans. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 2(1):31-38, 1996.
- 11) 紺野義雄: 筋硬度に関する研究(第1報)“筋硬度差”による運動能力の判定法, 体力科学7:180-185, 1952.
- 12) 紺野義雄: 筋硬度に関する研究(第2報)中学校生徒の身体主要筋々硬度, 体力科学7:186-189, 1952.
- 13) 真島英信: 「生理学」改訂第18版, 64-65, 文光堂, 1993.
- 14) 村山光義, 南谷和利, 米田継武: 筋の硬さ測定値と内部組織構成の関係, 体力科学40:785, 1991.
- 15) 村山光義, 南谷和利, 米田継武: 日常及び作業前後の硬さ変化について, 体力科学41(6):891, 1992.
- 16) 村山光義: 日常生活の筋肉の硬さの変動幅について, 東京体育学研究: 19-25, 1994.
- 17) 内藤 寛: 運動選手の筋硬度に関する研究, 体力科学7:1-11, 1958.
- 18) 中村隆一, 斉藤 宏: 基礎運動学第3版, 71-73, 医歯薬出版, 1988
- 19) 中野雅之ら: 上腕二頭筋の筋硬度に及ぼす関節角度も影響. 日本体育学会第46回大会号, 265, 1995.
- 20) 中野雅之ら: 肘関節屈筋群の筋硬度測定に関する検討. 国士舘大学体育研究所報14: 7-9, 1995.
- 21) 中野雅之ら: 長距離走者の筋硬度からみた性差: 国士舘大学体育研究所報14:53-56, 1995.
- 22) 沖野雅美ら: 凝りの測定における客観的尺度の開発, 関東整災誌9(3):76-79, 1978.
- 23) Sato, T., et al: Evaluation of the Acupuncture Needling Effect on Post-Exercise Muscle Stiffness by Newly Devised Muscle Hardness Meter. *Showa Univ. J. Med. Sci.* 4(2), 135-140, 1992.
- 24) 高谷 治, 赤塚孝雄: 生体の硬さの臨床的測定法, 計測と制御14(3):35-46, 1975.
- 25) 寺田光世: 音・振動からみた筋と筋力の研究(第2報), 日本体育学会第39回大会号A, 284, 1988.
- 26) 寺田光世: 運動が筋のStructural behaviorに及ぼす影響について, 日本体育学会第40回大会号A, 300, 1989.
- 27) 寺田光世, 柴田俊忍: インパクトハンマー法による筋収縮時の体表振動に関する基礎的研究, 京都体育学研究6:1-9, 1991.