

## 研究と報告

## 健常正常人における求心性筋収縮，遠心性筋収縮時の肘関節屈曲力の検討

小西 敏彦\* 真野 行生\*\* 堀川 博誠\*\*  
高柳 哲也\*\* 森本 茂\*\*\*

著者 小西敏彦 真野行生 堀川博誠 高柳哲也  
森本 茂

題名 健常正常人における求心性筋収縮，遠心性筋収縮時の肘関節屈曲力の検討

要旨 等運動性求心性および遠心性筋収縮時の筋トルク値と角速度の関係を検討する目的で角速度 10, 30, 60, 120 deg/sec 下での健常正常男子 9 例の肘関節屈曲筋トルク値を測定した。いずれの角速度下においても筋トルク値は，求心性筋収縮時よりも遠心性筋収縮時のほうが有意に高値であった。遠心性筋収縮時筋トルク値は 10 deg/sec と 30, 60, 120 deg/sec 間で有意な差異を認めしたが，30, 60, 120 deg/sec 間相互では有意な差異は認めなかった。求心性筋収縮時筋トルク値は，いずれの角速度間でも有意な差異はなかった。求心性筋収縮時筋トルク値に対する遠心性筋収縮時筋トルク値の比 (EMC/CMC) は 10 deg/sec と 30, 60, 120 deg/sec 間，および，30 deg/sec と 60, 120 deg/sec 間で有意な差異を認めしたが，60 deg/sec と 120 deg/sec 間では有意な差異を認めなかった。これらには筋伸張による運動単位の促進および筋自体に対し伸張を加えることにより収縮張力が増強する機構の関与している可能性が考えられた。

キーワード：等運動性筋収縮，肘関節屈曲力

リハ医学 26 : 399-403, 1989

## はじめに

筋収縮には等尺性筋収縮，等張性筋収縮とともに isokinetic muscular contraction (等運動性筋収縮) があるが，近年人為的に関節屈曲伸展時の角速度を一定にすることにより等運動性筋収縮時の筋力の測定が可能となってきた。

しかし等運動性筋収縮時の筋力の検討の多くは求心

性筋収縮 (CMC) 時の筋力に対するもの<sup>1,2)</sup>であり，遠心性筋収縮 (EMC) 時の筋力を測定し，両者の比較を行った報告<sup>2-6)</sup>は少ない。今回我々は筋の収縮様式の違いによる筋力の変化を比較検討する目的で，健常正常人の等運動性筋収縮下での CMC, EMC 時の肘関節屈曲力を測定した。

## 対象と方法

対象は健常正常男子 9 例 (平均年齢 29.3±8.7 歳) である。方法は計測器として GGT 社製 GGT3000 を用い，被験者はその計測台に仰臥位となる。計測台の横に取り付けられたアーム上に右前腕を固定し，アームは被験者の肘関節屈曲および伸展に伴い変動する。測定時にアームと被験者の肘関節運動間にずれが生じないように肩甲帯などを用いて調節した。測定範囲は肘関節角度 10 度から 110 度とした。

筋トルクの測定は角速度 10, 30, 60, 120 deg/sec での等運動性筋収縮で CMC および EMC を行い，各角速度下での肘関節角度 10 度から 110 度間での 10 度ごとの CMC, EMC 筋トルク値を得た。

以上より各角速度下での CMC, EMC 筋トルクの最大値を求め，それぞれ CMC 最大トルク値，EMC 最大トルク値とした。また全例での CMC 最大トルク値，EMC 最大トルク値の平均値はそれぞれ CMC 最大トルク平均値，EMC 最大トルク平均値とした。更に各肘関節角度下での CMC 筋トルク値に対する EMC 筋トルク値の比 (EMC/CMC) を各角速度下で算出した。測定に当たっては試行のたびに全力をだすように努めさせた。

## 結果

角速度 10, 30, 60, 120 deg/sec での CMC 最大トルク値と EMC 最大トルク値の関係を検討したところ (図 1)，最大トルク値は各被験者間で少しばらつきが認められ，CMC 最大トルク値は 15 Nm から 40 Nm の値をとり，EMC 最大トルク値は 34 Nm から 65 Nm

1989 年 4 月 17 日受理

\* 奈良県立医科大学中央リハビリテーション部

\*\* 同 神経内科

\*\*\* 奈良県心身障害者リハビリテーションセンター神経内科

の幅が認められた(表1)。各被験者の EMC 最大トルク値は CMC 最大トルク値の 1.2 倍から 2.5 倍の値を示し、いずれの各角速度下でも EMC 最大トルク値は CMC 最大トルク値よりも有意に高値であった ( $P < 0.001$ )。

角速度変化に伴う EMC 最大トルク平均値の変化は、10~60 deg/sec までは角速度の増加により最大筋トルク平均値は増加するが、120 deg/sec では 60 deg/sec のものより低値をとっていた(図2)。二元配置による分散分析では 10 deg/sec と 30, 60, 120 deg/sec 間に有意な差異が認められたが、30, 60, 120 deg/sec 相互間には有意な差異が認められなかった。

CMC 最大トルク平均値についても同様に分散分析による検定を行ったところ、いずれの角速度間でも有意な差異が認められず、CMC では角速度変化により有意な最大トルク平均値の変化が認められなかった(図2)。

各角速度下での肘関節角度 10 度より 110 度までの 10 度ごとの CMC 時筋トルク値に対する EMC 時筋トルク値の比 (EMC/CMC) は 0.98 から 2.12 の値をとっており、10 deg/sec と 30, 60, 120 deg/sec 時 EMC/CMC 間および 30 deg/sec と 60, 120 deg/sec 間で EMC/CMC に有意な差異が認められたが、60 deg/sec と 120 deg/sec 間 EMC/CMC には有意な差異が認められなかった(表2)。

30 deg/sec 時 EMC/CMC の値は肘関節角度が 10 度から 40 度では 60, 120 deg/sec 時 EMC/CMC に近く、70 度から 90 度までは 10 deg/sec 時 EMC/CMC に近かった(図3)。

### 考察

等運動性筋収縮は 1976 年に Hislop, Perrine ら<sup>1)</sup>により提唱された概念である。近年、機器を用いて関節の角速度を一定にすることにより等運動性筋収縮時の筋トルク測定が行えるようになり、動的な筋力の評価が可能となってきた。しかし等運動性筋収縮時にお

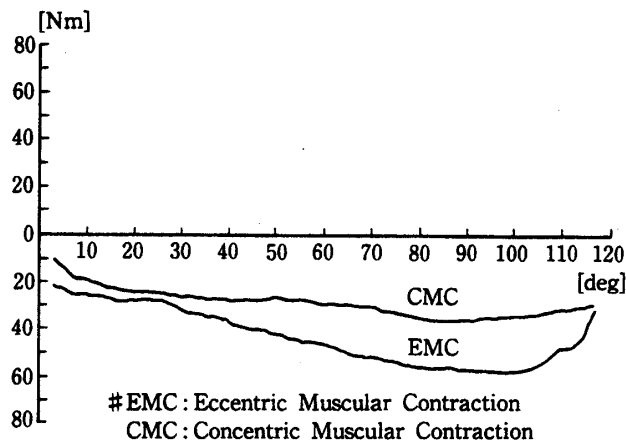


図1 筋トルク値, 肘関節角度曲線  
角速度 30 deg/sec 下での肘関節屈曲時の筋トルク値と肘関節角度の関係の一例を示す。縦軸は筋トルク値を、横軸は関節角度を表わしている。

表1 各角速度での9例の EMC 最大トルク値および CMC 最大トルク値\*

		Torque (Nm)								
Angular Speed (deg/sec)	Case#	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	EMC	34	55	45	52	35	49	40	39	46
	CMC	22	35	29	30	15	34	30	20	29
30	EMC	38	55	60	56	39	60	45	28	62
	CMC	24	35	35	40	21	37	30	20	32
60	EMC	46	51	60	65	36	58	50	44	53
	CMC	22	31	37	31	18	34	31	16	35
120	EMC	34	54	57	65	45	54	47	34	53
	CMC	22	29	36	30	20	32	30	18	30

\* :  $P < 0.001$

EMC: Eccentric Muscular Contraction  
CMC: Concentric Muscular Contraction

\* 同一角速度下では有意に EMC 最大トルク値のほうが CMC 最大トルク値よりも高値であった (paired t 検定)。

表2 肘関節角度 (deg)\*

角速度 (deg/sec)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	平均 ± 標準偏差
10	0.98	1.09	1.07	1.19	1.26	1.36	1.51	1.56	1.64	1.73	1.72	1.37 ± 0.27 <sup>1) 2) 3)</sup>
30	1.26	1.26	1.31	1.41	1.41	1.43	1.55	1.53	1.65	1.81	1.86	1.50 ± 0.21 <sup>1) 4) 5)</sup>
60	1.30	1.34	1.40	1.52	1.55	1.55	1.61	1.71	1.84	2.02	2.12	1.63 ± 0.27 <sup>2) 4)</sup>
120	1.20	1.27	1.36	1.47	1.55	1.57	1.67	1.73	1.87	2.04	2.11	1.62 ± 0.30 <sup>3) 5)</sup>

\* 各角速度下での肘関節角度 10 度より 110 度までの 10 度ごとの EMC/CMC を示す。二元配置による分散分析では 10 と 30, 60, 120 deg/sec 時 EMC/CMC 間、および 30 と 60, 120 deg/sec 間 EMC/CMC に有意な差異が認められたが、60 と 120 deg/sec 間 EMC/CMC には有意な差異が認められなかった。1), 2), 3), 4), 5):  $P < 0.001$

る筋力に対する検討の多くは CMC 時の筋力に対するものであり、EMC 時の筋力を測定したり、両者の比較を行った報告<sup>2~6)</sup>は少ない。CMC, EMC 時筋収縮力を比較検討したものでは筋収縮様式の違いにより筋力に差異が生ずることを報告<sup>4,5)</sup>しているが、関節屈曲伸展

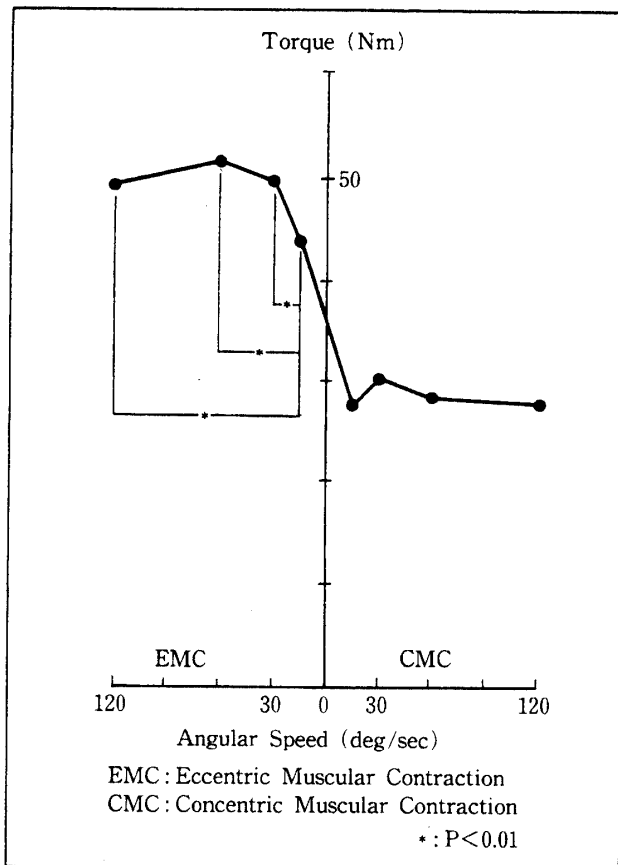


図2 角速度とCMC最大トルク平均値、EMC最大トルク平均値の関係

9例の各角速度での最大筋トルク値の平均値を示す。2元配置による分散分析では、EMC時10と30、60、120 deg/sec間に有意な差異が認められた。30、60、120 deg/sec間相互には有意な差異が認められなかった。CMCでは10、30、60、120 deg/sec相互間に有意な差異が認められなかった。

時の腕長の変化 (%arm length/sec) による検討であるため、必ずしも等角速度下での検討ではない。

今回我々が健常正常人9例のCMCおよびEMC時の肘関節屈曲力の測定を行ったところ、角速度と最大筋トルク値との関係については、EMCにおいては、低角速度の10 deg/secと高角速度群の30、60、120 deg/sec間で有意な差異が認められたが、高角速度群内では有意な差異が認められなかった。

CMC筋収縮力については30 deg/secで最も筋トルク値は高値であったが、各角速度間で統計学的に有意な差異が認められなかった。EMC時筋収縮力とCMC時筋収縮力との関係では、同一の角速度下ではいずれの角速度下でもEMC時筋収縮力はCMC時筋収縮力よりも有意に増大していた。

EMC/CMCと角速度との関係では10 deg/secと30、60、120 deg/sec間および30 deg/secと60、120 deg/sec間EMC/CMCで差異が認められたが、60、120 deg/sec間では有意な差異が認められなかった。

Knuttgén<sup>9)</sup>の報告では、CMCにおいては角速度増加とともに筋トルク値が低下し、EMCにおいては角

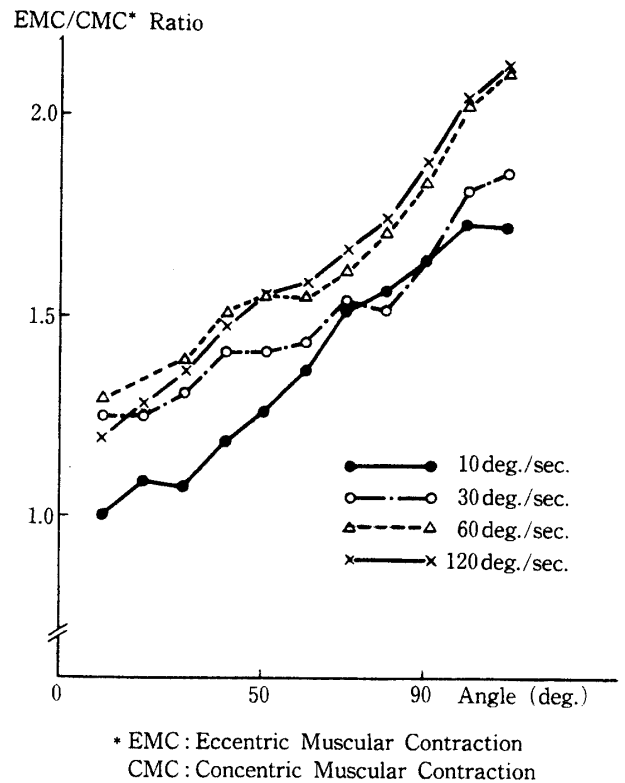


図3 角速度とEMC/CMCとの関係

9例のEMC/CMC平均値と肘関節角度との関係を示す。

速度の増加とともに筋トルク値が増大し、force-velocity relationshipは逆S字状となることが述べられている。

Rodgersら<sup>6)</sup>の報告の一部においては、角速度と最大筋トルク値との関係では、CMC時筋収縮力では角速度変化により筋トルク値はEMC時筋収縮ほどに有意な変化が認められず、EMC時筋収縮では角速度の増大につれ筋トルク値は増大するが、一定の角速度以上では、かえって最大筋トルク値が低下して逆S字状とならない結果を示し、EMC最大トルク値の傾向は今回の我々の検討結果と共通する結果が示されている。

EMCでは低角速度である10 deg/sec時よりも30、60、120 deg/secといった高角速度下で筋トルク値が大きく、同一角速度下ではEMC時のほうがCMC時よりも筋トルク値が高値で、CMCでは筋トルク値は角速度により有意な影響を受けないことは、筋が伸張されることと伸張される速度が筋トルク値に影響を与えるものと考えられ、筋紡錘への刺激が関与しているものと考えられる。

ヒトの随意的筋収縮中に収縮筋に対して筋伸張をおこす方向に外乱負荷が与えられると、運動補正に重要な役割を果たす反射性サーボ機構が働き、長潜時伸張反射<sup>8)</sup>と呼ばれている。EMCにおいては随意収縮中に負荷の増大がおり、長潜時伸張反射により、より多くの運動単位のrecruitmentが誘起され、EMC時の

ほうが CMC 時よりも筋トルク値が高値になったと推測され、筋トルク値の増大に長潜時伸張反射の関与も推測される。

また強縮中のカエルの単一筋線維に一定の伸張を加えることにより収縮張力が増強することが報告<sup>7)</sup>されており、今回観察された EMC 時筋トルク値の増大との関係が推測される。

筋力増強訓練においては等運動性筋収縮では EMC のほうが CMC によるものより増強効果が大きなことが知られているが、今後、等運動性筋収縮での EMC 時と CMC 時の筋トルク値の相違の成因を明らかにし、その機構を利用することにより効果的な筋力増強訓練が行えるものと考えられる。

#### 文 献

- 1) Hislop HJ, Perrine JJ : The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther* 47 : 114-117, 1967.
- 2) Griffin JW : Differences in elbow flexion torque measured concentrically, eccentrically, and isometrically. *Phys Ther* 67 : 1205-1208, 1987.
- 3) Knapik JJ, Ramos MJ : Isokinetic and isometric torque relationship in the human body. *Arch Phys Med Rehabil* 61 : 64-67, 1980.
- 4) Komi PV : Measurement of the force-velocity relationship in human muscle under concentric and eccentric contractions. *in* Cerquiglini S et al (ed) : *Biomechanics III : Medicine and Sport*. vol 8 Basel, Switzerland, Medical and Scientific Publishers, 1973, pp 224-229.
- 5) Barnes WS : The relationship of motor-unit activation to isokinetic muscle contraction at different contractile velocities. *Phys Ther* 60 : 1152-1158, 1980.
- 6) Rodgers KL, Berger RA : Motor unit involvement and tension during maximum voluntary concentric, eccentric, isometric contractions of elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc* 6 : 253-259, 1974.
- 7) Edman KAP, Elzinga G, Noble MIM : Enhancement of mechanical performance by stretch during tetanic contractions of vertebrate skeletal muscle fibers. *J Physiol* 281 : 139-155, 1978.
- 8) Marsden CD, Rothwell JC, Day BL : Long-latency automatic responses to muscle stretch in man : Origin and function. *in* Desmedt JE (ed) : *Advances in Neurology*, vol 39, Motor control mechanisms in health and disease. New York, Raven Press, 1983, pp 509-539.
- 9) Knuttgen HG : Development of muscular strength and endurance. *in* Knuttgen HG (ed) : *Neuromuscular mechanisms for therapeutic and conditioning exercise*. Baltimore, University Park Press, 1976, pp. 97-118.

### STUDY OF THE DIFFERENCE BETWEEN CONCENTRIC AND ECCENTRIC TORQUE OF ELBOW FLEXOR MUSCLES

by

Toshihiko KONISHI\*, Yukio MANO\*\*,

Hirosei HORIKAWA\*\*, Tetsuya TAKAYANAGI\*\*, Shigeru MORIMOTO\*\*\*

from

\*Central Rehabilitation Services, Nara Medical University

\*\*Department of Neurology, Nara Medical University

\*\*\*Nara Prefectural Rehabilitation Center for Physically and Mentally Handicapped

The purpose of this study was to determine the torque-velocity relationship between concentric and eccentric contraction of elbow flexor muscles. Elbow flexor torques of nine healthy men ( $29.3 \pm 8.7$  ys) were measured during concentric and eccentric contraction with an isokinetic dynamometer at velocities of 10, 30, 60 and 120 deg./sec. Peak torque at each velocity of nine subjects was measured to determine the torque-velocity relationship. And the ratio of peak torque of concentric contraction to that of eccentric contraction (EMC/CMC) was calculated. Stabilization straps were used to prevent the shoulder and girdle sliding in order to prevent the error between movement of arm and movement of dynamometer. The significant difference was observed between the torque of concentric and eccentric contraction at the same angular velocity ( $p < 0.001$ ). At the eccentric contraction the torque at 10 deg/sec was significantly lower than that at 30, 60, 120 deg/sec ( $p < 0.01$ ). At the concentric contraction the torque reached the maximum at 30 deg/sec. But no significant change of the torque was observed at concentric contraction. Significant difference existed

between EMC/CMC ratio at 10 deg/sec and that at 30, 60 and 120 deg/sec ( $p < 0.001$ ).

From these findings the following conclusion can be reached that the difference existed between the torque of concentric and eccentric contraction. The greater torque of EMC than that of CMC might be the result of facilitation of motor unit due to long loop reflex during the stretch of muscle. The following fact was reported that stretch of the twitched single muscle fiber caused the enhancement of muscle fiber force. These mechanism may explain the result in this study.

---

## ■書評■

二木 立著

### 「リハビリテーション医療の社会経済学」

高齢化社会に向けて医療費の問題を避けて通ることはできない。リハビリテーション医療においても同じであり、効率的な医療が望まれる。しかし近年の医療制度の変革は医療費抑制の切り札としてリハ医療、在宅ケアが推し進められている。本書は国民・患者の立場からリハ医療を医療改革の中で正当に位置付ける必要があるという問題意識に立って、リハ医療の社会経済学的分析を行った二木氏の力作である。

内容は3つのパートからなり、第1部は80年代の医療改革の解説と分析で、我が国特有の伝統的民間活力が今後とも根幹となり、営利的企業算入の可能な分野が限られていること、長期入院の是正を単純に推し進めると我が国の医療の矛盾が拡大すること、在宅ケアは患者・家族の満足は増すが、費用削減と言う意味では効果が少ないことを示している。

第2部ではリハ医療の理念の変化について、自立生活やQOLも地域社会主導のノーマライゼーションの一環としてとらえ、都市型リハ、早期リハのあり方を

示し、長期入院の是正に医療・福祉のネットワーク形成の必要性を述べている。またリハ部門の原価計算調査を紹介しているのは役に立つ。小生もリハスタッフ増員の要求時に資料として利用させてもらっている。

第3部はアジア各国のリハ医療の現況の紹介である。貴重な資料である。我が国のリハビリテーションは欧米をモデルにしてきたが、アジア諸国がその文化に根ざしたりハビリテーションを発展させており、これらの知識は国際交流に不可欠だけでなく、我が国の今後の医療、リハビリテーションのあり方を考える上でも重要であると述べている。

学会も法人化され、その役割も大きくなった。この際、リハビリテーション医療の社会経済面もしっかり知っておく必要があるだろう。リハビリテーションに携わる方々に是非一読していただきたい書であると思う。

(四六版、270頁、1988年、本体価格2,400円、税込2,472円、勁草書房刊)

(藤田学園保健衛生大学リハ科 土肥 信之)