

肘関節の屈曲力と伸展力に及ぼす不活動の影響

Effects of immobilization on elbow flexion and extension torque in trained men.

角 田 直 也 ^{*}, 中 野 雅 之 ^{**},
斉 藤 仁 ^{***}, 南 和 文 ^{****}

Naoya TSUNODA^{*}, Masayuki NAKANO^{**},
Hitoshi SAITO^{***}, Kazufumi MINAMI^{****}

Effects of 3 weeks of unilateral elbow cast immobilization was examined in 8 well trained male judoists. Maximal voluntary isokinetic strength of flexors (FPT) and extensors (EPT) was measured at 4 angular velocities (30, 90, 180 and 270°/sec) on a Biodex system II dynamometer, for both arms, before and after immobilization. Both FPT and EPT were significantly lower at all velocities, except of 270°/sec for FPT, with the greatest decrease ($24.8 \pm 3.7\%$ for FPT and $20.7 \pm 7.8\%$ for EPT) occurring at 30°/sec. The decline in EPT was similar across all velocities whereas FPT did not decrease as much at the higher velocities as it did at 30°/sec. These results would indicate that immobilization-induced disuse appears to have a greater effect on high velocity strength of extensor compared to flexor muscles.

はじめに

体肢の不活動は動物やヒトの骨格筋の廃用性萎縮を引き起こし、筋力をも低下させることが多くの研究から知られている（(Appell (1990) の Reviewを参照）。

ヒトの骨格筋における廃用性萎縮に伴う機能低

下に関しては、Appell (1986a, b)、Haggmark et al. (1979)、KristensenとIngemann-Hansen (1985)、DuchateauとHainaut (1991) 及びVeldhuizen et al. (1993) が脚伸展筋群について、Davies et al. (1987) とWhite et al. (1984) は下腿三頭筋についてそれぞれ報告している。また、上肢についてはMüller (1970)、MacDougall et al. (1980)、

* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Dept. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国士舘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)

*** 国士舘大学体育学部柔道研究室 (Lab. of Judo, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

**** 日本医科大学整形外科 (Dept. of Orthopedics, Nippon Medical School)

MacDougall et al. (1977)、Sale et al. (1982) がそれぞれ検討している。

しかし、肘関節の伸筋群と屈筋群双方の等速性最大筋力がギブス固定による不活動によってどのような影響をうけるか？に関する報告は筆者らの知る限りほとんどみられない。

そこで、本研究では3週間のギブス固定による上肢の不活動が骨格筋の機能的特性に及ぼす影響について検討した。

研究 方 法

1. 被験者

本研究の被験者は大学生の柔道部員8名であり、年齢、身長及び体重の平均と標準偏差値はそれぞれ 19.8 ± 1.0 歳、 175.9 ± 6.2 cm 及び 99.1 ± 17.9 kg であった。

各被験者には研究の目的、内容及び安全性等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。

2. ギブス固定による体肢不活動の設定

上肢のギブス固定は Synthetic Casting Tape (ジンマー社製) を用いて非利き手について3週間施行した。ギブスの固定は上腕中間位から手指 MP 関節までとし、肘関節を 90 度、手関節を軽度背屈位、前腕を回内、回外中間位とした。

なお、固定期間中は全ての身体的トレーニングを禁止し、最低限の日常生活とした。また、利き手をコントロールとした。

筋の機能測定はギブス固定前日及び除去後に拘縮がなく、関節の可動範囲が制限されていないことや関節に痛みがないこと等を確認して全被験者とも翌日に実施した。

3. 等速性筋力の測定

筋力の測定は Biodex System II AP model (Bio-dex 社、New York, USA) を用いて、等速性による短縮性筋活動での肘関節屈曲力と伸展力を 30、90、180 及び 270°/sec で実施した。

測定に際しては被験者を測定用椅子に座らせ、股関節角度を 90 度とし、体幹部をシートベルトで固定した。測定速度の設定及び利き手と非利き手の測定順位は被験者毎に無作為に実施した。各被験者とも同一速度での試行を 2 度行い、高い方の値を最大トルクとして採用した。各測定速度での試行間の休憩は被験者の疲労を考慮し、約 2 から 3 分間とした。

結 果

表はギブス固定による不活動肢とコントロール肢における肘関節屈曲及び伸展時の等速性最大トルクを実験前後で比較したものである。ギブス固定による不活動後の等速性最大トルクは屈曲及び伸展ともに各測定速度（屈曲の 270°/sec を除く）においてそれぞれ有意に低下した。

一方、コントロール肢においても、屈曲及び伸展時の最大トルクは各測定速度とも有意な差異としては認められなかったが、実験後ではわずかに低い値を示す傾向がみられた。

筋の不活動後における最大トルクの低下率を屈曲と伸展の各動作別に図示した。

その値は各動作とも 30°/sec が最大であり、それぞれ屈曲で $24.8 \pm 3.7\%$ 、伸展では $20.7 \pm 7.8\%$ の低下であった。また、筋の不活動による肘関節屈曲時の低下率は、30°/sec に比べ他の速度ではそれぞれ 90°/sec が $12.9 \pm 7.8\%$ 、180°/sec が $10.2 \pm 8.0\%$ 及び 270°/sec で $8.6 \pm 10.2\%$ と有意に低い値を示し、その値は測定速度の増大に伴って小さくなる傾向がみられた。

一方、伸展では 30°/sec での低下率が最も大きかったものの、他の速度での値（90°/sec; 17.9% 、180°/sec; 16.5% 及び 270°/sec; 18.7% ）との間には統計学的に有意な差異は認められず、30°/sec 以外の速度間においても顕著な差異がみられなかった。

表 肘関節屈曲及び伸展時の等速性最大トルクの不活動による変化

	Immobilization		Control	
	pre	post	pre	post
<i>Flexion (Nm)</i>				
30	60.76±1.85	45.68±1.60 ^{***}	64.46±5.34	62.24±3.84
90	46.21±3.26	40.12±2.91 ^{**}	51.61±7.10	48.36±6.06
180	40.56±3.33	36.34±3.48 [*]	45.84±4.93	44.75±2.90
270	34.80±2.99	31.74±3.87	36.77±4.72	35.84±4.09
<i>Extension (Nm)</i>				
30	77.14±6.18	61.04±6.24 ^{***}	90.65±5.81	85.07±5.65
90	63.97±8.25	52.60±8.12 [*]	77.81±5.09	74.40±4.89
180	53.65±8.74	44.43±7.60 [*]	67.20±2.95	61.30±5.42
270	44.76±4.46	36.55±4.68 ^{**}	51.35±5.66	48.20±4.38

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

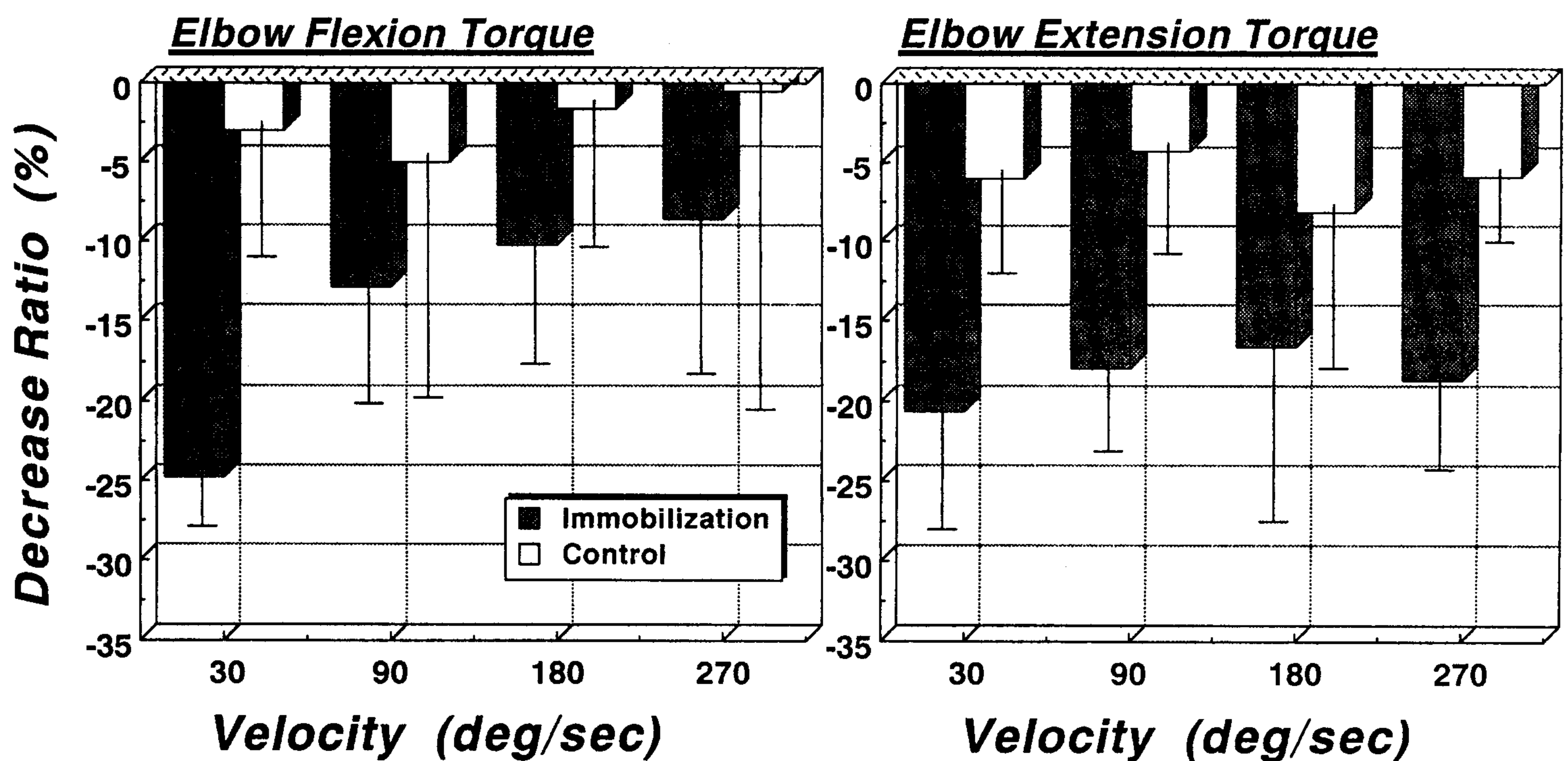


図 肘関節屈曲及び伸展時の最大トルクの不活動による低下率

論 議

筋不活動が等速性最大筋力に及ぼす影響に関して、Appell (1990) は3週間の下肢のギブス固定が等速性の最大脚伸展力を 60°/secで 40%、180°/secでは 28%減少させ、その低下率の違

いは運動の機能的速度に起因するであろうことを推察している。Veldhuizen et al. (1993) の4週間のギブス固定による膝関節屈曲及び伸展に関する研究によると、各測定速度で屈曲よりも伸展の方が低下率は高く、60°/secでの値は屈曲が 26%であるのに対し伸展では 52%となり、その伸展

力の低下率は測定速度の増大に伴って僅かに小さくなるものの、その値はそれぞれ $120^\circ/\text{sec}$ が 53%、 $180^\circ/\text{sec}$ が 45%、 $240^\circ/\text{sec}$ で 43%、 $300^\circ/\text{sec}$ でも 41% であり、筋萎縮や筋力の低下は抗重力筋の方が大きかったことを報告している。

筋の不活動による筋力の低下率の大きさは運動速度の特異性による。即ち、ギブス固定による筋力の低下率は筋収縮速度によって異なることが指摘されている (Wills et al. (1982))。

本研究の等速性での肘関節屈曲力及び伸展力とともにギブス固定による不活動の結果、屈曲の $270^\circ/\text{sec}$ を除いて各測定速度とも有意に低下した。また、その低下率は屈曲力及び伸展力ともに $30^\circ/\text{sec}$ が最も高く、それぞれ 24.8% 及び 20.7% であり、その値はこれまでに報告されているギブス固定による大腿筋群 (Veldhuizen et al. (1993)) や上腕三頭筋 (MacDougall et al. (1980, 1977)) に比較して低い値であった。その理由としては筋の不活動の期間の差異、荷重筋と非荷重筋との差異等が考えられる。

また、本研究において屈曲と伸展といった動作の違いや屈曲での測定速度の違いによって筋力の低下率が異なる様相を示した。まず、屈曲力の低下率が測定速度の増大に伴って減少したことについては本研究に用いた被験者が長期間にわたる柔道トレーニングを行っており、柔道種目の特異性として引き付け動作等の速い肘関節の屈曲動作が考えられる。本研究の被験者は柔道部員であったことからそのトレーニング効果が保持されていたものと推察した。また、屈曲時における筋力の低下率が速度の増大に伴って減少したことは先述のトレーニング効果やギブス固定による筋力の低下率が筋収縮速度によって異なるという指摘 (Wills et al. (1982)) を強く支持しているものと考えられる。

筋の不活動が 1 日当たりの筋力低下に及ぼす影響に関する研究についてみると、Müller (1970) は 2 週間の上肢ギブス固定が 1 日当たり 1 から 6% の筋力低下がみられ、その低下は最初の 8 日間までが著しいことを報告している。MacDougall

et al. (1980, 1977) は正常人の上肢を 5 - 6 週間ギブス固定し、上腕三頭筋の最大筋力が 5 週間で 35%、5 - 6 週間では 41% に低下し、最初の 1 週間では 1 日当たりの低下率が約 3 から 4% であったことを報告している。

本研究で得られた 4 週間の筋の不活動による各動作での最も大きかった筋力の低下率 (屈曲及び伸展ともに $30^\circ/\text{sec}$) を 1 日当たりの値に概算すると屈曲で約 1.2%、伸展で 1.0% となり、これらの値はこれまでの報告 (Müller (1970)、MacDougall et al. (1980, 1977)) に比べて小さいものと思われる。

一方、Appell (1990) は 2 週間の脚伸展の筋力トレーニングを実施した後に 3 週間のギブス固定による筋の不活動を施した結果、筋力の低下率は $60^\circ/\text{sec}$ で 25%、 $180^\circ/\text{sec}$ で 14% であったことを報告している。その値は本研究の結果と類似したものであることから、本研究の被験者も十分に身体的トレーニングを行っていた為に筋の不活動による筋力の低下率は小さかったことが推察された。

ま と め

本研究では大学生の柔道部員で身体的トレーニングを行っていた男子 8 名を対象として、3 週間の上肢のギブス固定を実施し、ギブス固定による不活動が肘関節屈曲と伸展時の等速生筋力発揮に及ぼす影響について検討した。

その結果、ギブス固定は肘関節屈曲及び伸展ともに顕著な等速性最大筋力の低下を生じさせたがその様相は筋の動作様式及び収縮速度により異なった。

本研究は体育学部附属体育研究所の平成 5 年度研究助成によって実施した。

引用・参考文献

- 1) Appell HJ (1986a) Skeletal muscle atrophy during immobilization. *Int J Sports Med* 7:1-5
- 2) Appell HJ (1986b) Morphology of immobilized skeletal muscle and the effects of pre- and postimmobilization training program. *Int J Sports Med* 7:6-12
- 3) Appell HJ (1990) Muscular Atrophy following immobilization. A review. *Sports Med* 10:42-58
- 4) Davies CTM, Rutherford IC, Thomas DO (1987) Electrically evoked contractions of the triceps surae during and following 21 days of voluntary leg immobilization. *Eur J Appl Physiol* 56:306-312
- 5) Duchateau J, Hainaut K (1991) Effects of immobilization on electromyogram power spectrum changes during fatigue. *Eur J Appl Physiol* 63:458-462
- 6) Haggmark T, Jansson E, Eriksson E (1979) Fiber type area and metabolic potential of the thigh muscle in man after knee surgery and immobilization. *Int J Sports Med* 2:12-17
- 7) Kristensen JH, Ingemann-Hansen T (1985) Wasting of the human quadriceps muscle after knee ligament injuries. II muscle fiber morphology. *Scand J Rehabil Med Suppl* 13:12-20
- 8) MacDougall JD, Elder GCB, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR (1980) Effect of strength training and immobilization on human muscle fibers. *Eur J Appl Physiol* 43:25-34
- 9) MacDougall JD, Ward JR, Sale DG, Sutton JR (1977) Biochemical adaptation of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *J Appl Physiol* 43:700-703
- 10) Müller EA (1970) Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med* 51:449-462
- 11) Sale DG, McComas AJ, MacDougall J. D, Upton ARM (1982) Neuromuscular adaptation in human thenar muscles following strength training and immobilization. *J Appl Physiol* 53:419-424
- 12) Veldhuizen JW, Verstappen FTJ, Vroemen JPAM, Kuipers H, Greep JM (1993) Functional and morphological adaptations following four weeks of knee immobilization. *Int J Sports Med* 14:283-287
- 13) White MJ, Davies CTM, Brooksby P (1984) The effects of immobilization on the contractile properties of human triceps surae. *J Exp Physiol* 69:685-691
- 14) Wills CA, Caiozzo VJ, Prietto PP, McMaster WC (1982) The effects of meniscectomy on isokinetic torque production : a comparison of arthrotomy and transarthroscopic approach. *Int J Sports Med* 3:63-68