

陸上競技トラック種目男子選手の等速性筋持久力の特徴

清田 寛*・長谷川 健*・石井隆士**・水野増彦**
松田竜太郎***・細谷治朗****・岸田謙二*****
村本和世*****・渡邊文雄*****
古泉一久*****・大和 眞***

(平成 10 年 10 月 20 日受付, 平成 11 年 1 月 6 日受理)

A Study on Muscular Endurance Characteristics with a Cybex 6000 in Male Track Events in Track and Field

Hiroshi KIYOTA, Takeshi HASEGAWA, Takashi ISHII, Masuhiko MIZUNO,
Ryutaro MATSUDA, Jiro HOSOTANI, Kenji KISHIDA, Kazuyo MURAMOTO,
Fumio WATANABE, Kazuhisa KOIZUMI
and Makoto YAMATO

By using Clarke's SDI (Strength Decrement Index) we examined a muscular endurance of both the flexor and extensor muscle group of the knee for 24 male track events (8 sprint runners, 7 middle-distance runners, 9 long-distance runners, aged 19 to 22) in track and field. All subjects had a negative history of significant injury to the knee. The subjects were measured with Cybex 6000 isokinetic dynamometer (CYBEX MEDICAL, A Division of HENLEY HEALTHCARE, Inc. New York), and the range of motion of knee extension to flexion was from 90 degrees to 180 degrees. Therefore, the muscular endurance was excellent in case of long-distance, followed by middle-distance and sprint runner, which agreed on the report formerly made. On the other hand, we also divided the group into the flexor muscle group and the extensor muscle group in track events and observed it, considering the relation between SDI and the maximal peak torque at 180 deg/sec. Then, it was suggested that the flexor muscle group showed a low value in comparison with the extensor muscle group, and that both the fatigability muscle and the maximal peak torque at 180 deg/sec showed a low value.

Key words: Knee extension and flexion, Isokinetic muscular endurance, SDI

キーワード: 膝関節伸屈および屈曲, 等速性筋持久力, 筋力減少指数

I. 緒 言

運動の種類やその条件により, 我々の身体の臓器・器官は形態的または機能的にも適応する^{3, 6, 21, 23)}。特にスポーツ選手は, その種目の相違や運動の条件などにより, その種目に適するような筋力特性を獲得するようになってくる^{9, 10, 13)}。スポーツ選手の筋力特性については, 力(ピークトルク値)-速度(角速度)関係と筋生検などの生化学的手法による筋線維組成との関係から研究を行っているのは諸外国が主流のようである^{4, 7, 8, 14, 23)}。しかし我が国においては, ヒトの筋生検を用いた研究は奨

励されておらず, 筋線維組成を非侵襲的に観察することについても諸外国より研究が遅れているようにも思える。我々は, スポーツ選手に対して非侵襲的な方法で筋力特性を研究するにあたり, 筋の持久的能力(筋持久力)も重要な一つの要素と考え, ピークトルク値-角速度関係と筋持久力の両面から検討を加えている。そこで今回の研究は, 日常の運動条件(運動強度, 運動時間, 頻度)の異なる陸上競技のトラック種目(短距離, 中距離, 長距離)に着目し, Clarke⁵⁾のSDIを指標として, 膝関節の伸筋群および屈筋群の筋持久力について比較・検討

* 発育発達研究室, ** 運動方法 陸上研究室, *** 体育研究所, **** トレーニング方法研究室, ***** スポーツトレーニングセンター, ***** 短大体育科, ***** 湘南工科大学, ***** 東京栄養専門学校

することを目的とした。

II. 方法

A. 被検者

被検者は、陸上競技の優秀な男子トラック種目（短距離選手：8名，身長；170.5±3.4 cm，体重；64.7±4.4 kg，100 mの記録；10秒35～11秒08，中距離選手：7名，身長；171.1±5.9 cm，体重；60.3±4.5 kg，800 mの記録；1分51秒8～2分8秒，長距離選手：9名，身長；170.0±4.1 cm，体重；57.6±4.4 kg，5,000 mの記録；14分21秒8～14分48秒7）とした。なお，年齢は19～22歳であった。

B. 等速性収縮による膝関節の屈曲および伸展の筋持久力の測定

筋持久力の測定は，Cybex 6000を用いて，右の膝関節の伸展および屈曲で行った。測定条件は，椅座位で股関節90度屈曲位，膝関節90度屈曲位の状態で，体幹と腰部，大腿部にはそれぞれベルトを装着し，固定した。特に測定時には，被検者の膝関節の回転軸とダイナモメータの回転軸が一致するように注意した。膝関節の可動範囲は，屈曲時の90～180度（解剖学的0度）までの間とした。角速度は180 deg/secに設定し，一秒間に伸展および屈曲を最大努力で連続60回行わせた。それぞれのトルク曲線はCybex 6000に内蔵された，コンピュータに取り込まれ，専用のプログラムでピークトルク値を算出した。得られたピークトルク値の減衰曲線より，筋持久力の指標として，Clarkeら⁵⁾のSDI(Strength

decrement index)を用い，御巫ら¹⁶⁾と同一の方法で求めた。しかし，御巫らは角速度を9, 15, 21 rpm (1 rpm = 6 deg/sec)で実験を行っていたが，今回の実験にあたっては，Clarkson⁷⁾, Robert¹⁸⁾, 辻ら²⁴⁾による角速度180 deg/secを用いた。また，膝関節の屈曲および伸展の回数には，50回²⁴⁾が用いられているが，今回の場合，スポーツ種目の特殊性を考慮して，60回を用いた。なお，SDIは，[最大ピークトルク値-(50～60回の11回の平均ピークトルク値)]÷最大ピークトルク値×100により算出した。

C. 統計的手法としては，Microsoft Excel Ver. 5で平均値，標準偏差を求めた

III. 結果

1. 連続60回の膝関節伸展時におけるピークトルク値の変動

膝関節伸展時における角速度180 deg/secによるトラック種目ごとのピークトルク値の平均値の変動を示したのが，Fig. 1である。この中で，トラック種目ごとの最大ピークトルク値（60回の中で最も高値を示したピークトルク値）の平均値では，短距離が高値(147.9 Nm)を示し，ついで中距離(124.5 Nm)，長距離(111.2 Nm)の順であった。それぞれの種目ごとにおけるピークトルク値は，指数関数的に減衰し，25回前後を境に，徐々に減衰し，終期値（この間の数値にはバラツキが認められたので，50～60回の平均値で表現した）に達した。終期値は長距離が高値(59.4 Nm，最大ピークトルク

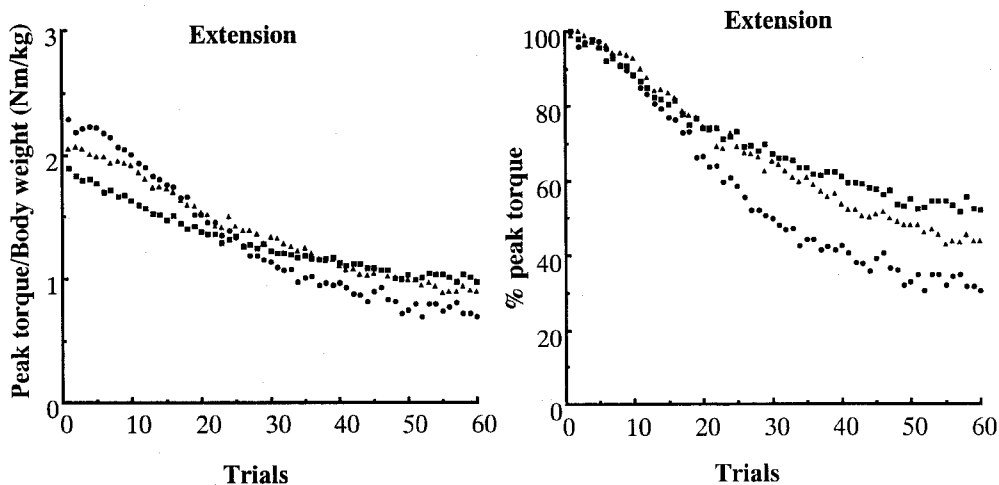


Fig. 1. Mean value of peak torque to body weight (left figure) and % peak torque (right figure) at 180 deg/sec during knee extension for track events (●: sprint, ▲: middle distance, ■: long distance) in track and field.

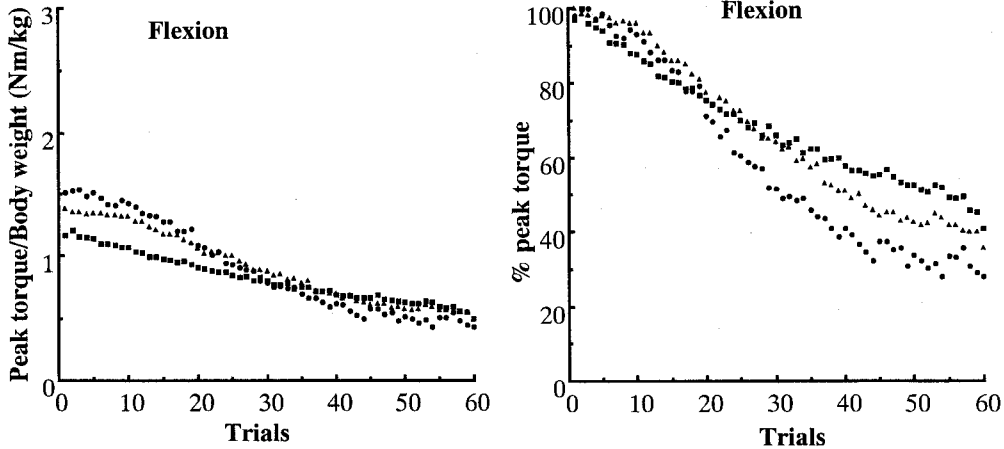


Fig. 2. Mean value of peak torque to body weight (left figure) and % peak torque (right figure) at 180 deg/sec during knee flexion for track events (●: sprint, ▲: middle distance, ■: long distance) in track and field.

ク値の53.4%)を示し、ついで中距離(56.1 Nm, 最大ピークトルク値の45%), 短距離(48.6 Nm, 最大ピークトルク値の33.0%)になるにしたがい、低値を示す傾向にあった。

2. 連続60回の膝関節屈曲時におけるピークトルク値の変動

膝関節屈曲時における角速度180 deg/secによるトラック種目ごとのピークトルク値の平均値の変動を示したのが、Fig. 2である。この中で、トラック種目ごとの最大ピークトルク値の平均値では、短距離が高値(99.5 Nm)を示し、ついで中距離(83.3 Nm)、長距離(69.6 Nm)の順であった。それぞれの種目ごとにおけるピークトルク値は、指数関数的に減衰し、30回前後を境に、終期値に達した。終期値は長距離が高値(34.1 Nm, 最大ピークトルク値の49.0%)を示し、ついで中距離(34.5 Nm, 最大ピークトルク値の41.4%), 短距離(31.3 Nm, 最大ピークトルク値の31.4%)になるにしたがい、低値を示す傾向にあった。

3. 連続60回の膝関節の屈曲/伸展の変動

角速度180 deg/secによるトラック種目ごとの屈曲/伸展の平均値の変動を示したのが、Fig. 3である。角速度180 deg/secによるトラック種目ごとの屈曲/伸展の平均値は、短距離の初期値(一回目の値)が0.66, 終期値が0.64, 中距離の初期値が0.68, 終期値が0.61, 長距離の初期値が0.61, 終期値が0.57であり、いずれの種目においても初期値と終期値は、ほぼ同値を示す傾向にあった。

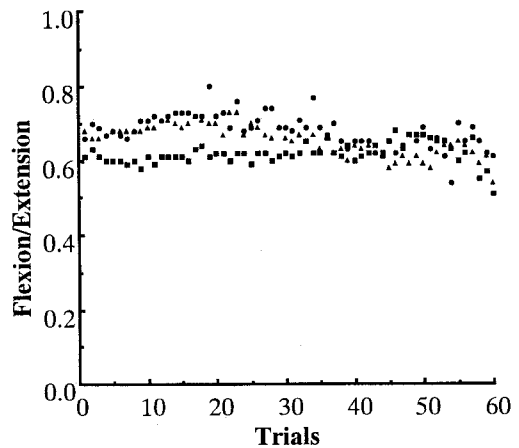


Fig. 3. Mean value of flexion/extension at 180 deg/sec during knee flexion and extension for track events (●: sprint, ▲: middle distance, ■: long distance) in track and field.

4. ClarkeのSDIと体重当たりの最大ピークトルク値との関係

今回我々は、筋持久力の指標としてClarkeのSDIを用いた。SDIの平均値と角速度180 deg/secによる体重当たりの最大ピークトルク値の平均値との関係を、屈曲および伸展時に分けて、トラック種目ごとに示したのが、Table 1である。Table 1をもとにClarkeのSDIと最大ピークトルク値の関係を示したのが、Fig. 4である。両者の関係は、伸展時では $r=0.999$ ($Y=0.5800X-0.6560$), 屈曲時では $r=0.996$ ($Y=0.5447X-0.1532$)

Table 1. Various parameter of track events in male track and field

	Maximal peak torque (Nm)		Mean peak torque of 50 to 60 trials (Nm)		SDI	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion	Extension	Flexion
Sprint	147.9±21.1	99.5±15.8	48.6±3	31.3±2.5	67	69
Middle distance	124.6±15.45	83.3±10.8	56.1±1.0	34.5±2.0	55	59
Long distance	111.9±18.7	70.3± 9.6	59.4±1.6	34.1±2.5	46	51

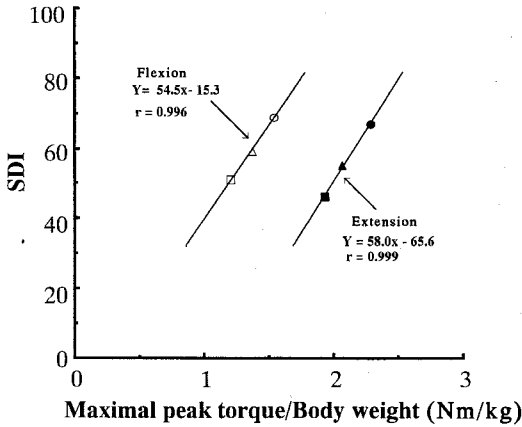


Fig. 4. Relationship between peak torque to body weight and Clarke's strength decrement index (SDI) of knee extension (●: sprint, ▲: middle distance, ■: long distance) and flexion (○: sprint, △: middle distance, □: long distance) for track events in track and field.

とほぼ直線関係にあり、回帰直線の勾配もほぼ同値を示した。また、両者の関係は、屈曲時の方が伸展時よりも左方にシフトしていた。トラック種目別における両者の関係は、伸展時では短距離が高値（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：2.29 Nm/kg, SDIの平均値：67）を示し、ついで中距離（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：2.07 Nm/kg, SDIの平均値：55）、長距離（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：1.89 Nm/kg, SDIの平均値：46）の順であった。屈曲時では短距離が高値（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：1.54 Nm/kg, SDIの平均値：69）を示し、ついで中距離（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：1.38 Nm/kg, SDIの平均値：59）、長距離（体重当たりの最大ピークトルク値の平均値：1.21 Nm/kg, SDIの平均値：51）の順であった。したがって、屈曲および伸展時における体重当たりの最大ピークトルク値とSDIの関係は、短距離が高値を示し、ついで中距離、長距離の順となった。

IV. 考 察

1. 長期にわたる走運動による条件の異なる運動習慣が膝関節の伸展筋群および屈筋群の筋持久力に与える影響

従来より、筋機能の指標として、生理学的なパラメータには筋力、生化学的パラメータには筋生検標本を用いて、その機能について検討している^{7,8,23}。これらの研究の多くは膝関節の伸展筋群（外側広筋）に関する報告が多い。Thortensson²³によるとFT線維はST線維に比べてCPkinase, ATPase, Myosinekinaseを多く有しており、最大筋力大きいほど%FT線維の占める割合も増大すると報告していた。スポーツ種目別における筋力特性については、阿部ら¹、大井ら¹⁷の報告がある。その中で、阿部らはスポーツ選手は低速度になるに従い一般人よりもピークトルク値が高値を示すといっており、スポーツ種目による特徴はないようであると考察していた。しかし、細谷ら⁹、石井ら¹⁰、清田ら¹³の報告では、スポーツ種目別における筋力特性が明確に観察されていた。石井らのCybex 6000を用いたピークトルク値-角速度関係については、陸上競技のトラック種目における筋力の特徴が顕著に観察されていた。しかし、筋力の特徴については、角速度-ピークトルク値関係だけでは、その特徴をみだすことが困難と考え、筋持久力についても検討することとした。そこで、今回は、運動条件の異なる陸上競技のトラック種目に着目し、検討した。最近の筋持久力に関する研究のなかで菊地¹²は男女別、上肢、下肢に分けて統計的にピークトルク値の分布により観察していた。その結果最大筋力は男子の方が女子よりも高値を示し、筋持久力については女子の方が男子よりも優れていると報告しており、男女間における赤筋線維と白筋線維の占める割合によるもの考えに立っているようである。石井ら¹⁰の報告においても体重当たりのピークトルク値-角速度関係は、トラック種目間では男子の方が女子よりも高値を示しており、菊地¹²らの報告を裏付ける結果であったようにも思える。そこで、今回の結果から、スポーツ種目別における筋線維タイプとピークトルク値の関係²³による報告と合わせてみると、長期的な

運動条件の異なる練習やトレーニングを行っていることが、トラック種目間において、選択的に筋線維タイプに影響を及ぼしたものと考えられた。また、筋持久力を評価する場合には、回復期における筋組成の変化^{11, 22)}やピークトルク値の減衰率^{19, 20)}、回帰式より算出した減衰係数¹⁴⁾などを用いて検討している。今回、我々はClarkeのSDI⁵⁾を用いてピークトルク値の減衰を観察しながら検討した。御巫ら¹⁶⁾は一般成人男女を対象に、等速性収縮により疲労曲線を惹起し、膝関節の伸展筋群と屈筋群についてClarkeのSDIを用いて検討していた。その結果、一般に伸展筋群の方が屈筋群よりもSDIが大きく、屈筋群よりも伸展筋群の方が耐容性が低いと考察していた。しかし、今回の結果では、最大ピークトルク値に相違はあったものの、SDIは屈筋群と伸展筋群においてはほぼ一致しており、御巫ら¹⁶⁾の報告とは一致しなかった。この理由として、御巫ら¹⁶⁾は角速度が9, 15, 21 RPMとかなり遅かったことや一般成人と陸上のトラック種目の相違などによる影響によるもの推察される。そこで、今回の結果から、最大ピークトルク値を屈筋群と伸展筋群を同一水準とみなした場合、むしろ伸展筋群の方が屈筋群よりも耐用性が高い傾向にあった。解剖学的には、屈筋群は股関節と膝関節にまたがった二関節筋が多く、伸展筋群は大腿直筋以外の内側広筋、中間広筋、外側広筋は一関節筋であるとの構造上の相違も影響しているものと考えられる。また、石井ら¹⁰⁾、清田ら¹³⁾のCybex 6000を用いたピークトルク値-角速度関係においても、角速度が速くなるに従い、屈曲/伸展は高値を示す傾向にあった。このことは、角速度が速くなると伸展筋群のピークトルク値に屈筋群のピークトルク値が近似してきており¹⁰⁾、逆転する¹⁵⁾場合もある。したがって、これらのことにより屈筋群の方が伸展筋群よりも膝関節の運動が速くなると、この運動に関与する割合が増大することになる。また、屈筋群は高強度の運動に対しては早期に筋疲労を惹起する可能性が高いものと推察され、今後は種々な角速度における屈筋群のピークトルク値の変化を観察しながら検討していきたい。さらに、トラック種目間においては、日常の運動条件の相違が両筋群の持久力に対して、選択的に作用したことについては明白であった。特に、長距離においては両筋群に毛細血管の分布密度の増大²⁾などが予想されるので、等速性収縮による筋持久力を用いて、選手の記録向上へのトレーニングの一つの手段として、活用していきたい。さらに、スポーツ選手の筋力の特徴を検討する場合には、筋持久力の指標として最大ピークトルク値とSDIの関係とピークトルク値-角速度関係の両面より観察し、検討してい

きたい。

2. 長期にわたる運動条件の異なる運動習慣が屈曲/伸展に与える影響

膝関節の屈曲/伸展は、角速度が速くなるに従い高値を示す傾向にある^{10, 15)}。しかし、スポーツ種目別においては左右の屈曲/伸展に相違がある¹³⁾こともあるので、その種目別における筋力特性を観察する上で有効な手がかりとなる。しかし、今回のように連続的に屈曲/伸展を観察した研究についてはみあたらない。今回の結果より、屈曲/伸展は短距離および中距離、長距離ともに初期値から終期値までほぼ一定水準にあり、今回のような条件下においてはトラック種目による屈曲/伸展の相違はほとんど観察されなかった。このことは屈筋群と伸展筋群に対する疲労の度合いについては、釣り合いがとれていることであり、トラック種目における両筋群に対する運動がバランスよくなされたためと推察されたが、この傾向はトラック種目に特異的なものであったのかについては、今後検討していきたい。

V. 要 約

本学の陸上競技男子トラック種目(短距離選手: 8名, 中距離選手: 7名, 長距離選手: 9名)を対象に、Cybex 6000を用いて角速度180 deg/secで連続60回の膝関節の伸展および屈曲時におけるピークトルク値の減衰を観察し、ここで得られた結果をもとにClarkeのSDIを用いて筋持久力について検討した。その結果は、以下のごとくまとめることができた。

1. 屈曲および伸展時における最大ピークトルク値は、両者とも短距離が高値を示し、ついで中距離、長距離の順であった。また、ピークトルク値の減衰傾向は、短距離が最も急峻で、ついで中距離、長距離の順であった。

2. 屈曲および伸展時における体重当たりの最大ピークトルク値は、短距離が高値を示し、ついで中距離、長距離の順であった。また、体重当たりのピークトルク値の減衰傾向は、短距離が最も急峻で、ついで中距離、長距離の順であった。

3. 屈曲/伸展は、短距離が高値を示す傾向にあり、ついで中距離、長距離の順に低値を示す傾向にあった。

4. ClarkeのSDIは、屈曲および伸展時ともに短距離が高値を示し、ついで中距離、長距離の順であった。また、ClarkeのSDIとピークトルク値との関係には、屈曲および伸展時ともに直線関係が認められ、両者の関係は伸展時よりも屈曲時の方が左方に位置していた。

したがって、筋持久力は長距離が最も優れており、つ

いで中距離、短距離の順となり、従来からの報告と一致した。また、伸筋群に比べて屈筋群は、最大ピークトルク値が小さく、疲労し易い筋群であることが示唆された。

謝 辞

今回の研究は、本学の陸上競技部男子トラック種目の選手の御協力を頂いた。心より感謝の意を表する次第であります。また、測定に用いたCybex 6000とこの装置に関係する周辺機器は、平成9、10年度「私学振興財団の特色ある研究」の補助によるものであります。関係各位の方々に心より感謝の意を表する次第であります。

参考文献

- 1) 阿部徳之助, 渡辺慶寿, 大井淑雄, 谷岡 淳, 御巫清允, 竹田正雄, 石井信子 (1978): Cybex machine を使用してのスポーツ選手の膝関節の屈曲・伸展の筋力測定, 自治医科大学紀要, **1**, 38-48.
- 2) Anderson, P. and Henriksson, J. (1977): Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise, *J. Physiol.*, **270**, 677-690.
- 3) Bergh, U., Thorstensson, A., Sjodin, B., Hulten, B., Piehl, K. and Karlsson, J., (1978): Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans, *Med. Sci. Sports*, **10**(3), 151-154.
- 4) Casey, A., Constantin-Teodosiu, D., Howell, E., Hultman, E. and Greenhaff, P. L. (1996): Metabolic response of type I and II muscle fibers during repeated bouts maximal exercise in humans, *Am. J. Physiol.*, **271** (Endocrinol. Metab. 34), E38-E43.
- 5) Clarke, H. H., Shay, C. T. and Mathews, D. K. (1955): Strength decrement index: a new test of muscular fatigue, *Arch. Phys. Med. & Rehab.*, **36**, 376-378.
- 6) Clarkson, P. M., Kroll, W. and McBride, T. C. (1980): Plantar flexion fatigue and muscle fiber type in power and endurance athletes, *Med. Sci. Sports Exercise*, **12**(4), 262-267.
- 7) Clarkson, P. M., Jhonson, J., Dextrateur, D., Leszczynski, W., Wai, J. and Melchionda, A. (1982): The relationships among isokinetic endurance, initial strength level, and fiber type, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **53**(1), 15-19.
- 8) Coyle, E. F., Costill, D. and Lesmes, G. R. (1978): Leg extension power and muscle fiber composition, *Med. Sci. Sports*, **11**(1), 12-15.
- 9) 細谷治朗, 関口 脩, 岸田謙二, 大橋令子, 荒尾章三, 松田竜太郎, 清田 寛 (1996): 男女重量挙げ選手の筋力特性に関する研究—Cybex II+を用いた膝関節の伸展および屈曲時のピークトルクの比較—, *日本体育大学紀要*, **26**(1), 59-65.
- 10) 石井隆士, 日隈広至, 水野増彦, 菅原 勲, 登坂一晴, 宮館実能留, 松田竜太郎, 細谷治朗, 岸田謙二, 渡邊文雄, 古泉一久, 長谷川 健, 清田寛, 大和 眞 (1998): 陸上競技の男女トラック種目の等速性筋力特徴に関する研究, *日本体育大学紀要*, **28**(1), 67-75.
- 11) Jansson, E., Dudley, G. A., Norman, B. and Tesch, A. (1990): Relationship of recovery from intense exercise to the oxidative potential of skeletal muscle, *Acta Physiol. Scand.*, **139**, 147-152.
- 12) 菊地邦雄 (1987): 等速性筋収縮からみたパワーの持久性に関する研究, *広島体育学研究*, **13**, 37-46.
- 13) 清田 寛, 松田竜太郎, 浜野 学, 大橋信行, 大和 眞, 細谷治朗, 関口 脩, 岸田謙二, 齊藤照夫, 芦原正紀 (1997): 男女サッカー選手の等速性筋力に関する基礎的研究, *日本体育大学紀要*, **27**(2), 209-220.
- 14) Kroll, W., Clarkson, P. M., Kamen, G. and Lambert, J. (1980): Muscle fiber type composition and knee extension isometric strength fatigue patterns in power- and endurance-trained males, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **51**(2), 323-333.
- 15) Kuhn, S. and Gallagher, A. (1991): Comparison of peak torque and hamstring/quadriceps femoris ratios during high-velocity isokinetic exercise in sprinters, cross-country runners, and normal males, *Isokinetics and Exercise Science*, Vol. 3(1), 138-145.
- 16) 御巫清允, 大井淑雄, 谷岡 淳, 篠崎直子, 渡辺慶寿, 阿部徳之助 (1975): 膝屈伸筋の疲労曲線について, *臨床整形外科*, **10**(1), 44-47.
- 17) 大井淑雄, 御巫清允 (1987): 等運動性筋収縮の理論と臨床医学への応用, *自治医科大学紀要*, **3**, 13-27.
- 18) Robert, W. P., Hinson M. H., Arnold, B.R. and Lessard, B. MA. (1978): Fatigue curves of isokinetic contractions, *Arch. Phys. Med. Rehab.*, **59**, 507-509.
- 19) 舌間秀雄, 大峰三郎, 木村美子, 緒方 甫 (1997): 等速性収縮時による筋持久力と回復の測定—性差について—, *理学療法学*, **25**(5), 323-326.
- 20) Sinacore, D. R., Coyle, E. F., Hagberg, J. M. and Holloszy, J. O. (1993): Histochemical and physiological correlates of training- and detraining-induced changes in the recovery from a fatigue test, *Physical Therapy*, **73**(10), 661-667.
- 21) Suter, E., Herzog, W., Sokolosky, J., Wiley, J. P. and Macintosh, B. R. (1993): Muscle fiber type

- distribution as estimated by cybex testing and by muscle biopsy, *Med. Sci. Sports Exercise*, **25**(3), 363-370.
- 22) Tesh, P. A., Thorsson, A. and Fujitsuka, N. (1989): Creatine phosphate in fiber types of skeletal muscle before and after exhaustive exercise, *J. Appl. Physiol.*, **66**(4), 1756-1759.
- 23) Thorstensson, A. (1976): Muscle strength, fibre types and enzyme activities in man, *Acta Physiol. Scand. Supplementum*, 443.
- 24) 辻 延浩, 後藤幸弘, 辻野 昭 (1993): 大腿筋群の筋力と筋持久力に対する等速性トレーニング効果の年齢差について, *スポーツ教育学研究*, **13**(2), 79-90.
- 25) 渡辺慶寿, 阿部徳之助, 谷岡 淳, 大里 篤, 大井淑雄, 竹内正雄, 御巫清允 (1981): 等運動性筋収縮における筋持久力, *自治医科大学紀要*, **4**, 37-46.