

## トップジュニア選手における大腿部筋組成の経年的変化 —1992年から1993年まで—

勝田 茂・稲木 光晴・狩野 豊  
藤本 浩一・久野 譜也\*・高橋 英幸\*\*  
宮丸 凱史・加藤 謙一\*\*\*

### Longitudinal change of muscle composition of thigh in top junior athletes—from 1992 to 1993—

KATSUTA Shigeru, INAKI Mitsuharu, KANO Yutaka  
FUJIMOTO Koh-ichi, KUNO Shin-ya\*, TAKAHASHI Hideyuki\*\*  
MIYAMARU Masashi, KATOH Ken-ichi\*\*\*

We previously reported that adult elite athletes had specific muscle composition for athletic event. However, it is not clear whether the characteristic of muscle composition in elite athlete is provided by training or is inherent. To make clear this point, we examined longitudinal change of muscle composition of thigh in top junior athletes from 1992 to 1993. Twenty-eight top junior athletes, including 7 sprinters, 7 skaters and 14 weight lifters, participated in this study. In determination of muscle cross-sectional area by MRI, longitudinal section was first imaged, and the image thus obtained was used to identify greater trochanter and intercondylar eminence of shank. From the position of 70% of the distance from intercondylar eminence, 15 axial images in MRI were subsequently taken at a same interval of distance. From axial images obtained, the cross-sectional areas of quadriceps, hamstrings and adductor muscles were measured. With regard to the characteristics of change in muscle composition by athletic event, junior sprinters showed greater changes in hamstrings, junior skaters did greater change in vastus lateralis muscle and junior weight lifters did greater change in vastus intermedius plus vastus medialis muscle.

These results suggest that longitudinal change of muscle composition in top junior athletes are specific for athletic events.

Key words : MRI, top junior athletes, muscle composition

#### 緒言

これまで、競技者の筋横断面積については、多くの場合、超音波法<sup>1,2,3)</sup>やX線-CT法<sup>8)</sup>を用いて検討されてきた。最近、われわれは磁気共鳴映像法 (Magnetic Resonance Imaging ; MRI) を

用いて成人一流競技選手の大腿部の筋組成について検討した<sup>5,6,7)</sup>。その結果、特に男子選手において、大腿部の筋群の発達程度および大腿長に対する発達位置が競技種目によって異なることを見いだした。しかしながら、これは同世代の非鍛錬

\* 東京大学教養学部体育科 Department of Sports Sciences, College of Arts and Sciences, University of Tokyo  
\*\* 筑波大学医学研究科 Doctoral Program in Medical Science, University of Tsukuba  
\*\*\* 宇都宮大学教育学部 Faculty of Education, Utsunomiya University

者をコントロール群とした横断的な検討であるため、このような一流競技選手の筋組成が種目特異的なトレーニングによって獲得されたものなのか、あるいは生得的なものであるのかについては明らかではない。

近年、国際競技力の一層の先鋭化にともなう、若年期から本格的なトレーニングが行われるようになってきており、ジュニア競技選手の競技力は年々向上してきている。しかしながら、このようなジュニア競技選手の筋組成については調べられてきておらず、種目によってどのような特徴があるのかについては明らかにされていない。また、ジュニア期の種目特異的なトレーニングが筋組成にどのような変化をもたらすのかについても明らかにされていない。もし、これらのことが明らかになれば、成人一流競技選手にみられる筋の特徴が、どのようにして獲得されてきたかをある程度推察できると考えられる。

そこで本研究においては、現在実際に将来の日本でのトップ選手を目指して本格的にトレーニングを実施している陸上短距離、スピードスケートおよびウエイトリフティングのジュニア選手を対象として、筋組成の経年的変化を種目別に検討することを目的とした。

**方法**

**a 被検者**

被検者は、全国大会に出場または入賞の経験を有する男子ジュニア競技者28名であり、その内訳は陸上競技短距離選手（Sprinter群）が7名、スピードスケート選手（Skater群）が7名、ウエイトリフティング選手（Lifter群）が14名であった。表1にはSprinter群、Skater群およびLifter群の身体特性を示した。すべての被検者は、日本体育協会スポーツ医・科学研究プロジェクト『ジュニア期の体力トレーニングに関する研究』

の対象となっており、1992年と1993年の測定に参加した。

**b 筋横断面積の測定**

筋横断面積の測定は磁気共鳴映像法（MRI）を用いて行われた。MRIの撮影には筑波大学附属病院に設置されている超電導MR装置（Signa, GE社製, 1.5T）を用いた。測定の際には、あらかじめ下半身の縦断像を撮影し、その像より大転子と脛骨頭の外側顆間結節を同定し、この間の膝から70%の位置（70%部位）を決定した。MRI画像はこの位置より遠位方向へ等間隔に15枚撮影した。用いたパルスシーケンスは900/20 msec, スライス厚（1枚の横断像を作るための生体の厚さ）は10 mm, スライス間隔は12 mmとした。なお撮影時に、被検者には右脚膝関節を完全に伸展させ、さらに膝の裏側と臀部に特製の台を敷くことによって、大腿部が直接ベットにつかないようにして、大腿部横断面積に影響を及ぼさないように考慮した。

それぞれの被検者について撮影された15枚の横断像より分析可能なスライスまで筋横断面積の分析を行った。分析は全筋横断面積（筋のみの横断面積；Muscle Cross Sectional Area；M-CSA）、大腿四頭筋（M. Quadriceps Femoris muscle；QF）、ハムストリング（大腿二頭筋・半腱様筋・半膜様筋を一群として測定；Hamstrings；HAM）および内転筋群（大内転筋・短内転筋・長内転筋を一群として測定；Adductor；ADD）の横断面積について行った。また、QFについてはさらに外側広筋（M. Vastus Lateralis；VL）、中間広筋＋内側広筋（M. Vastus Intermedius＋M. Vastus Medialis；VI＋VM）および大腿直筋（M. Rectus Femoris；RF）の面積について検討した。なお、内側広筋と中間広筋は画像上で分離が難しいため、両筋をあわせて計測した。

**c 統計処理**

Table 1 Physical characteristics of sprinter, skater and lifter group.

Group	1992			1993		
	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
Sprinter (n=7)	13.5 ± 1.0	164.7 ± 4.1	54.9 ± 3.6	14.5 ± 1.0	167.3 ± 4.2	59.0 ± 3.5
Skater (n=7)	15.0 ± 1.7	165.3 ± 8.2	54.5 ± 6.6	15.7 ± 1.7	169.2 ± 7.5	62.7 ± 6.3
Lifter (n=14)	14.6 ± 0.6	166.2 ± 4.6	63.1 ± 11.4	15.5 ± 0.6	168.7 ± 4.7	66.5 ± 11.0

群間における各パラメーターの平均値の差の検定は、一元配置の分散分析を用いて行った。なお、有意水準は5%未満とした。

**結果**

a 筋形態について

図1は、1992年における大腿部のM-CSA、QF横断面積(QF-CSA)、HAM+ADD横断面積(HAM+ADD-CSA)およびQF/(HAM+ADD)比を示している。大転子と脛骨頭外側顆間結節の間の膝から70%、50%、30%の部位は、それぞれスライスNo.1、No.4~5、No.8~9に相当する。50および30%部位でスライスナンバーにわずかながら

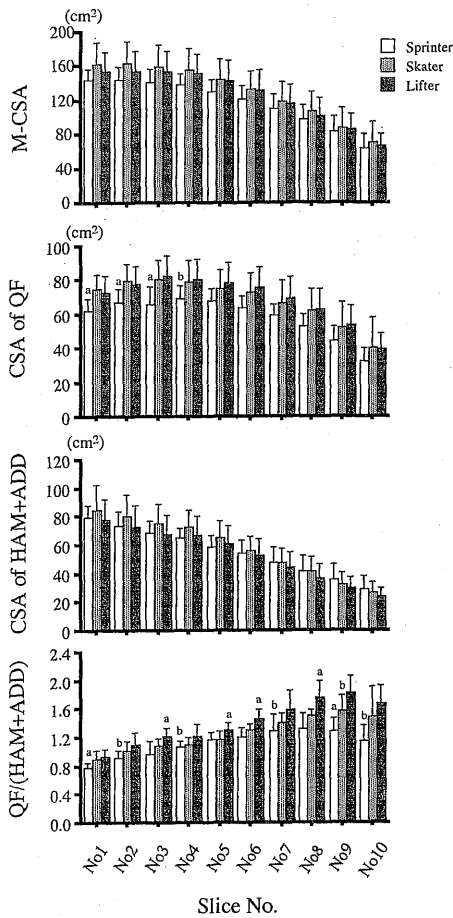


Fig. 1 M-CSA, QF, HAM + ADD, and QF/ (HAM + ADD) ratio in sprinter, skater and lifter group in 1992.

a : P<0.05 (vs other groups) , b : P<0.05 (vs lifter group)

幅があるのは、被検者によって若干大腿長が異なるためである。M-CSAは、すべての群において大腿上部から下部へと小さくなる傾向にあった。70%部位に対する30%部位のM-CSAの割合は、3群とも同様な値を示し、Sprinter群、Skater群、Lifter群でそれぞれおよそ62%、60%、61%であった。

QF-CSAについて、Sprinter群は他の2群と比較して小さい傾向にあり、70%部位から50%部位周辺にかけては有意に低値を示した(P<0.01)。一方、HAM+ADD-CSAは大腿のどの部位においても種目による違いは認められなかった。

QF/(HAM+ADD)比は、大腿全体にわたって、

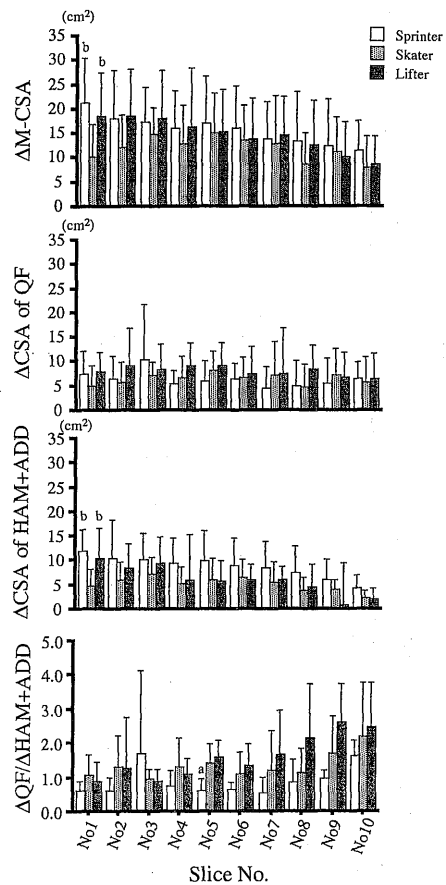


Fig. 2 The extent of change in M-CSA, QF, HAM + ADD, and QF/ (HAM + ADD) ratio in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993.

a : P<0.05 (vs other groups) , b : P<0.05 (vs skater group)

種目間に有意な差が認められた。QF/ (HAM+ADD) 比が最も低い値を示したのは Sprinter 群であり、大腿上部においてはその比が1より小さかった。一方、最も大きい値を示したのは Lifter 群であり、特に大腿下部においては他の2群との差が顕著であった。

b 筋組織の経年的変化

図2は、1992年から1993年にかけての M-CSA ( $\Delta$  M-CSA), QF-CSA ( $\Delta$  QF) および HAM+ADD-CSA の変化量 ( $\Delta$  HAM+ADD) と  $\Delta$  QF/ $\Delta$  HAM+ADD 比を示している。Sprinter 群, Skater 群および Lifter 群はすべて、大腿部全体にわたって M-CSA の有意な増加を示した ( $P < 0.01$ )。Sprinter 群と Lifter 群は Skater 群と比較して、

大腿上部における M-CSA の増加が大きく、70% 部位 (スライス No. 1) においては統計的に有意差が認められた ( $P < 0.05$ )。一方, Skater 群では、50% 部位あたりで M-CSA の増加が最も大きい傾向にあったが、他の2群とまったく差は認められなかった。 $\Delta$  QF は3群間で差は認められず、大腿全体にわたってほぼ同程度の増加を示した。 $\Delta$  HAM+ADD については、70% 部位で Sprinter 群と Lifter 群は Skater 群より有意に高値を示した ( $P < 0.05$ )。さらに、 $\Delta$  QF/ $\Delta$  HAM+ADD 比はほとんどのスライス部位において、Sprinter 群が最も低い傾向にあり、大腿中央部 (スライス No. 5) では他の2群より有意に低値を示した ( $P < 0.05$ )。

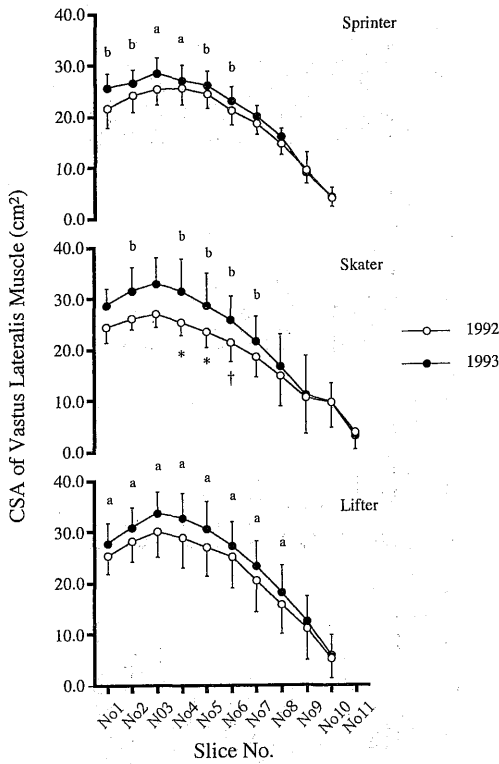


Fig. 3 Change of vastus lateralis muscle in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993. a:  $P < 0.01$ , b:  $P < 0.05$  (vs 1992)  
\*: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs sprinter group)  
†: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs other groups)

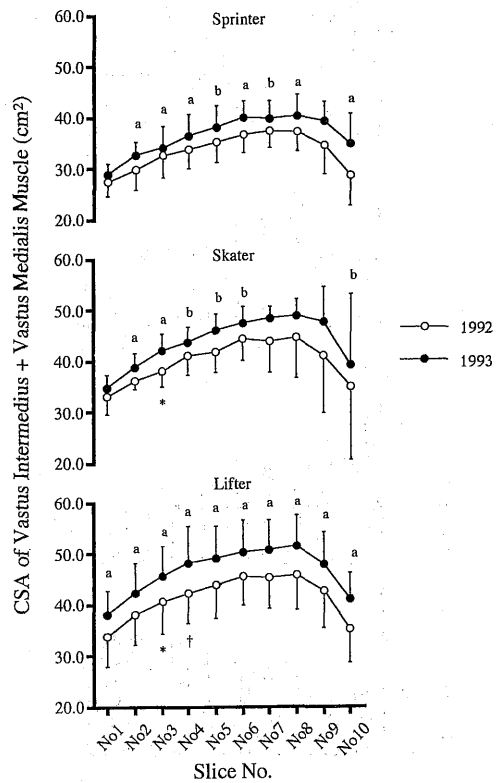


Fig. 4 Change of vastus intermedius plus vastus medialis muscle in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993. a:  $P < 0.01$ , b:  $P < 0.05$  (vs 1992)  
\*: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs sprinter group)  
†: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs other groups)

さらに、各筋別に経年的変化を検討した。図3はVLの横断面積(VL-CSA)の経年的変化を示している。すべての群は70%部位から30%部位までの多くの部分でVLの有意な増加を示したが、その増加率はSkater群でもっとも大きい傾向にあり、特に50%部位付近(Slice No. 6)において、Skater群(21.6±11.1%)は他の2群(Sprinter群; 9.0±7.9%, Lifter群; 10.1±10.1%)より有意に高値を示した(P<0.05)。図4はVI+VMの経年的変化を示している。すべての群は大腿部全体にわたって増加する傾向にあった。その増加率はLifter群で最も大きい傾向にあり、50%部位付近(Slice No. 4)において、Lifter群(13.8±5.9%)は他の2群(Sprinter群; 8.3±6.1%, Skater群; 7.1±6.5%)より有意に高値を示した(P<0.05)。

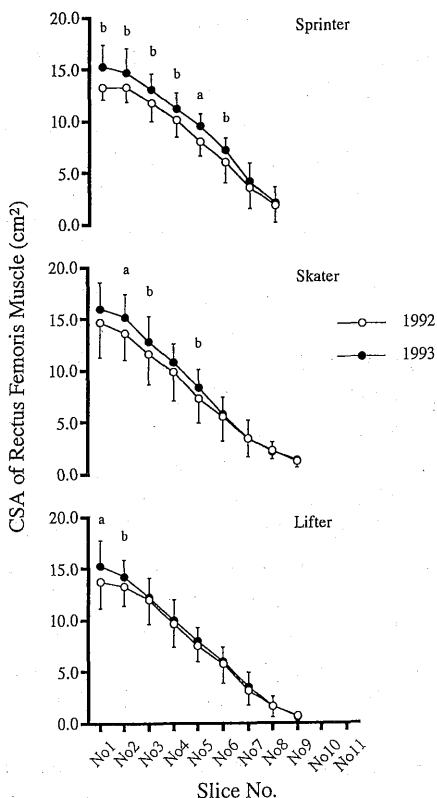


Fig. 5 Change of rectus femoris muscle in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993. a: P<0.01, b: P<0.05 (vs 1992)

図5はRFの経年的変化を示している。Sprinter群とSkater群においては、70%部位から50%部位付近で増加する傾向にあったが、Lifter群においては大腿上部にだけ有意な増加が認められた(P<0.05)。

図6はハムストリング(HAM)の経年的変化を示している。HAMの増加は3群とも大腿部の50%部位から30%部位の間で最大になった。その増加率はSprinter群でもっとも大きく、50%部位(Slice No. 5)において、Sprinter群(21.5±9.6%)は他の2群(Skater群; 12.0±6.7%, Lifter群; 10.9±6.8%)より有意に大きな増加を示した(P<0.05)。

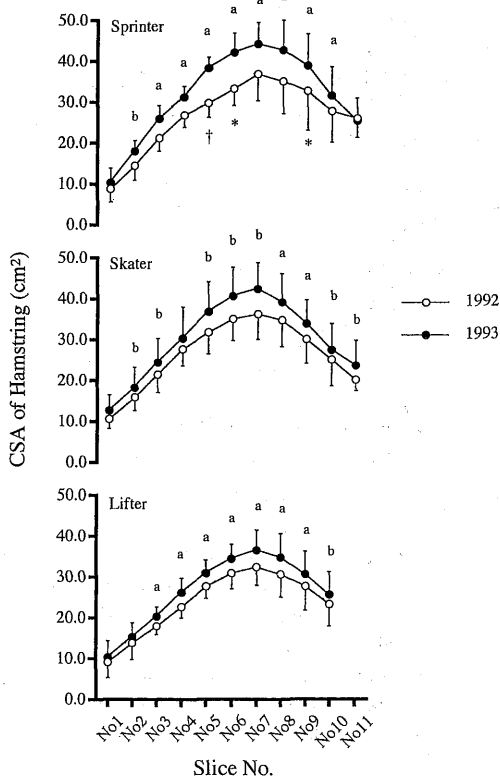


Fig. 6 Change of hamstrings muscle in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993. a: P<0.01, b: P<0.05 (vs 1992) \*: Significance about change in CSA of VL between groups, P<0.05 (vs lifter group) †: Significance about change in CSA of VL between groups, P<0.05 (vs other groups)

図7はADDの経年的変化を示している。ADDの有意な増加は、Sprinter群とLifter群において70%部位から50%部位にかけて認められたが、その大きさは大腿上部に行くほど大きくなる傾向にあった。一方、Skater群においてADDの変化はまったく認められなかった。

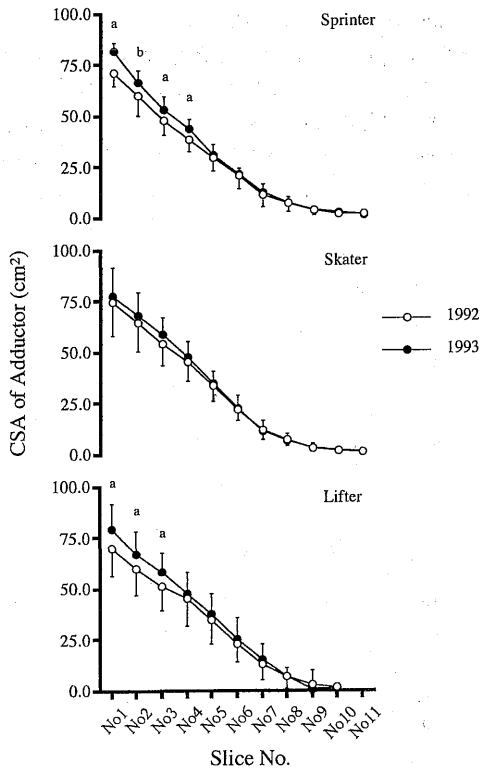


Fig. 7 Change of adductor muscle in sprinter, skater and lifter group from 1992 to 1993.  
 a:  $P < 0.01$ , b:  $P < 0.05$  (vs 1992)  
 \*: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs sprinter group)  
 †: Significance about change in CSA of VL between groups,  $P < 0.05$  (vs other groups)

考 察

本研究では、陸上短距離、スケートおよびウエイトリフティングのジュニア競技選手における筋組成の経年的変化について検討を行った。

以前、我々はMRIを用いて、国内の一流競技者の大腿部の筋組成について調べた結果、一流競

技選手は大腿部の筋の形状から、大腿部全体にわたって筋量が多いタイプと大腿上部の筋の発達が下部に比べて顕著なタイプに分類できることを示唆した<sup>7)</sup>。そして、前者のタイプにはサッカー、バレーボール、スピードスケートの選手が、後者のタイプには陸上競技選手、柔道、スキー複合およびスキージャンプの選手が含まれることを報告した。しかしながら、本研究のジュニア競技選手において、大腿部の70%部位に対する30%部位の横断面積の割合は、1992年の測定時に Sprinter群、Skater群およびLifter群で同様な値を示した。このことは、陸上短距離、スピードスケート、ウエイトリフティングのジュニア競技選手の大腿部の形状が類似していることを示唆しており、一流競技者でみられる筋形状の特徴は、まだ十分に獲得されていないと考えられる。

長軸方向にみた大腿部全体としての筋形状については種目間で顕著な差は認められなかったものの、膝伸展筋群と膝屈曲・内転筋群との比(QF/HAM+ADD比)は種目間に大きな相違が認められた。その比はSprinter群で最も小さく、70%部位ではおよそ0.80であった。このことは、Sprinter群は大腿上部において、膝伸展筋群より膝屈曲・内転筋群の発達が顕著であることを示唆している。しかしながら、この値は我々が成人一流スプリンターについて報告した値(0.69)より高値であった。このことから、本研究のジュニアスプリンターは、成人一流スプリンターにみられる筋の特徴を獲得しつつあると考えられる。一方、QF/HAM+ADD比が最も大きい値を示したLifter群は、ほとんどの部分においてその値が1を超えており、特に大腿下部においてはおよそ1.8もの値を示した(図1)。このことは、Lifter群は大腿部のほぼ全体にわたって、膝伸展筋群が膝屈曲+内転筋群より発達しており、特に大腿下部においてその発達が顕著であることを示唆している。また、これはウエイトリフティングに特異的な動作あるいはトレーニングが、大腿四頭筋にかなりの負荷をかけるものであることを示唆している。

本研究における特に重要な知見は、大腿部の筋組成の経年的変化に種目特異性が認められたことである。

M-CSAについては、Sprinter群とLifter群においては、大腿の上部ほどM-CSAの変化が大き

い傾向にあり、Skater 群では50%部位付近で最も大きな増加を示した。また、M-CSA を構成する QF と HAM+ADD の相対的な発達度については、Sprinter 群では HAM+ADD の発達が、Skater 群および Lifter 群では QF の発達が大きい傾向にあった。(図 2)。これらの結果は、各競技種目に特異的な活動様式やトレーニングによって、筋の肥大する部位が異なり、結果として種目特異的な筋形態が形作られる可能性のあることを示唆している。

Narici ら<sup>9)</sup> は MRI を用いて、筋力トレーニングが大腿部の筋横断面積に及ぼす影響を検討したところ、筋の最も肥大する部分が筋群によって異なることを報告した。そこで、本研究においては大腿部を構成する各筋群の増加量についても検討を試みた。

VL について、Skater 群は70%部位から30%部位における増加量が大きく、特に大腿中央部における増加率は他の2群より有意に高値であった ( $P < 0.05$ )。角田ら<sup>10)</sup> は超音波法を用いて、大腿四頭筋面積(大腿長の50%部位)における各種競技選手の特性を調べ、スピードスケート選手は大腿四頭筋に占める外側広筋の割合が他の競技選手と比べて高値を示すことを見いだした。このことから、スピードスケート選手におけるより発達した外側広筋は、長年のその種目に特異的な動作あるいはトレーニングを行ってきた結果得られたものと考えられる。

Lifter 群においては、その増加量は Skater 群のおよそ2分の1であった。これは、1992年において、Lifter 群がすでに大きな VL を有していたことに起因すると考えられる。実際に1993年において VL の横断面積の絶対値は Skater 群と同様であった。一方、Sprinter 群は、他の2群が横断面積の最も大きい部位で増加量が最も大きかったのに対して、70%部位で最も大きな増加を示した。これは、一流スプリンターの70%部位における発達した VL がトレーニングによって獲得されてきた可能性のあることを示唆している。

VI+VM の横断面積の増加量は Lifter 群において最も大きい傾向にあった。このことは、陸上短距離およびスピードスケートよりウエイトリフティングの動作とトレーニングにおいて、VI および VM に対する負荷が大きい可能性のあることを示唆している。

RF の増加については、Sprinter 群は大腿上部から下部までの長い範囲で、一方 Skater 群においては大腿上部から中央部までの数カ所で、Lifter 群では大腿上部でのみ有意な増加を示した ( $P < 0.05, 0.01$ )。しかしながら、先行研究において一流短距離選手とスピードスケート選手の RF は一般成人のそれと同様であることが示されている。このことから、本研究のジュニア選手にみられた RF の有意な増加は発育によるものであると考えられる。

HAM の経年的変化については、50%部位から30%部位の範囲で3群間の差が大きい傾向にあり、Sprinter 群は他の2群と比較して有意に大きな増加を示した。スプリントにおいては、接地後にすばやい膝の屈曲動作があり、この動作を繰り返すことが、スプリンターにおける HAM の大きな増加をもたらした原因であると考えられる。

ADD の経年的変化について、Sprinter 群と Lifter 群は大腿上部において有意な増加を示したが、Skater 群においては変化はまったく認められなかった。このことは、スプリントやウエイトリフティングの動作あるいはトレーニングが、大腿上部の ADD に大きな負荷をかけるものになっていることを示唆している。Sprinter 群と Lifter 群は、Skater 群と比較して大腿上部における筋横断面積の増加が有意に大きかったが、これは主に ADD の増加に起因していると考えられる。

## まとめ

本研究の目的は、ジュニア競技選手における大腿部筋組成の経年的変化を種目別に検討することであった。

Sprinter 群における特徴的な筋組成の経年的変化は、全筋横断面積の増加が大腿上部で大きいこと、ハムストリング+内転筋群の発達が大腿四頭筋と比べて顕著であること、ハムストリングの増加は非常に大きいこと、内転筋群の増加が大腿上部で大きいことであった。

Skater 群における特徴的な筋組成の経年的変化は、全筋横断面積の増加が大腿中央部で大きいこと、大腿中央部における外側広筋の増加が非常に大きいことであった。

Lifter 群における特徴的な筋組成の経年的変化は、Sprinter 群と同様に大腿上部における全筋横断面積の増加が大きいこと、大腿四頭筋の発達

がハムストリング+内転筋群の発達に比べて大きく、それは大腿下部において顕著であること、内側広筋+中間広筋の増加が大きいこと、内転筋群の増加が大腿上部で大きいことであった。

これらの結果は、大腿部の筋組成の経年的変化には競技種目による特異性があることを示唆している。しかしながら、本研究においては各群のトレーニング内容の確認などは行っていないため、実際の種目特異的なトレーニングとこのような筋組成の変化がどのようにかかわり合っているのか、その詳細については明らかにすることはできない。今後、トレーニング内容を確認するなどして、さらなる検討が必要である。

本研究は、日本体育協会スポーツ医・科学研究プロジェクト『ジュニア期の体力トレーニングに関する研究』の一環として行われたものである。

#### 参考文献

- 1) 福永哲夫, 金久博昭 (1990) : 日本人の体肢組成. 朝倉書店, 東京, pp.1-46.
- 2) Ikai M, and Fukunaga T (1968) : Calculation of muscle strength per cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *Int Z Angew Physiol* 26 : 26-32.
- 3) Ikai M, and Fukunaga T (1970) : A study on training effects on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int Z Angew Physiol* 28 : 173-180.
- 4) 石田良恵, 金久博昭, 福永哲夫 (1992) : 日  
本人一流競技選手の筋厚における性差. *体力科学* 41 : 233-240.
- 5) 勝田 茂, 久野譜也 (1990) : NMRによるスポーツタレントの発掘方法に関する研究—一流競技選手の筋の形態とエネルギー代謝. 平成2年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VI スポーツタレントの発掘方法に関する研究 第2報 : 37-46.
- 6) 勝田 茂 (1992) : 「スポーツタレント発掘方法に関する研究」結果からの提言. 6-2生理学的立場から. 平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No. VI スポーツタレント発掘方法に関する研究 第3報 : 249-252.
- 7) 勝田 茂, 久野譜也, 板井悠二 (1993) : MRIによる一流アスリートの大腿部筋組成. 筑波大学体育科学系紀要 16 : 107-119.
- 8) Maughan RJ, and Nimmo MA (1984) : The influence of variations in muscle fibre composition on muscle strength and cross-sectional area in untrained males. *J Physiol* 351 : 299-311.
- 9) Narici MV, Roi GS, and Landoni L (1988) : Force of knee extensor and flexor muscles and cross-sectional area determined by nuclear magnetic resonance imaging. *Eur J Appl Physiol* 57 : 39-44.
- 19) 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫, 近藤正勝, 池川繁樹 (1986) : 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特性. *体力科学* 35 : 192-199.