THE ANNUAL REPORTS OF
HEALTH, PHYSICAL EDUCATION
AND SPORT SCIENCE
VOL.26, 49-54, 2007

報告書（体育研究所プロジェクト研究）

男子ジュニアスピードスケート選手の１年間における筋形態の変化

Characteristics of muscle structure due to one year training in Japanese male junior speed skaters

熊　川　大　介*，角　田　直　也**

Daisuke KUMAGAWA* and Naoya TSUNODA**

Ⅰ．プロジェクト課題と研究概要

１．プロジェクト課題：

ジュニアスピードスケート選手の身体的特性

２．プロジェクト研究概要：

本プロジェクトでは、発育期スピードスケート選手における競技能力と体力的特性との関わりについて、１）ジュニアスピードスケート選手の滑走能力に関わる筋形態及び機能的要因、２）滑走能力と下肢筋群の形態及び機能の年次変化、３）滑走能力と下肢筋群の形態及び機能の発達における性差、から検討した。このうち、１）及び３）の研究課題については、滑走能力とそれに関わる体力特性の暦年齢的及び生物学的な発育・発達傾向を明らかにし、国内の学会等で研究成果を報告した。

そこで本報では、２）の研究課題について検討する。

Ⅱ．プロジェクトの研究成果概要

Ⅰ．滑走能力と下肢筋群の形態及び機能の年次変化

１．緒　　言

筋力トレーニングの効果には特異性（Specificity）が存在する[8)]。即ち、トレーニングによって強化される筋群が同じであっても、動作様式の違いにより効果として現れる筋出力の大きさが異なる。スピードスケート滑走中における下肢の動作様式は、多関節の脚伸展動作であり、それに関わる筋群が協調して働くことによって発揮したパワーが氷に伝達される[1) 2)]。即ち、スピードスケート選手のトレーニング効果は、下肢を中心として現れることになる。これまでの、スピードスケート選手における筋のトレーナビリティに関する横断的な研究結果をみると、全身の筋量に対するトレーニング効果は、高校生期において著しいことが考えられている[7)]。一方、縦断的なデータによると、スピードスケート選手は高校生以降に全身の筋量増加は認められていない[3)]。しかしながら、下肢筋群を実測し、部位別に筋量の縦断変化を捉えた報告は認められない。さらに、身長発育と滑走能力の発達との関連性についても不明である。

そこで本研究では、ジュニアスピードスケート選手を対象として、１年間の身長及び下肢筋形態の変化と競技能力との関係を明らかにすることを目的とした。

＊国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科助手（Assistant of Graduate School of Sport System, Kokushikan University）
＊＊国士舘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）

2．方　　法

1）被検者

本研究では、群馬県スケート連盟に所属する12歳から17歳までの男子ジュニアスピードスケート選手40名を対象とした。各年齢階級における被検者数、身体的特性は平均値と標準偏差値でTable.１に示した。本研究の測定は、トレーニング前として2006年８月に、トレーニング後として2007年８月に身長及び筋形態の測定を行った。Table.２には、被検者が行っている代表的な陸上トレーニングの内容を示した。その内容としては、主として走トレーニング、自転車トレーニング、ローラースケートトレーニング、スライドボードトレーニング及び下肢を中心としたウエイトトレーニングによって構成されていた[6)]。なお、スピードスケート競技は季節的な制約を受けるため、各陸上トレーニングは３月から実施されており、８月中におけるトレーニング頻度はそれぞれ週３回程度であった[6)]。

全ての被検者及びその保護者には、研究の目的及び内容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）筋形態の測定

本研究の筋形態としては、大腿部における筋厚を対象とした。筋厚の計測は、超音波B-mode法（Echo Camera SSD-900CL，ALOKA社製）を用いて、超音波周波数7.5MHzで行った。測定部位は、大腿長の50%に相当する位置における右側の大腿部前面（MTTa）及び後面（MTTp）と、下腿長の30%位置における前面（MTLa）及び後面（MTLp）をそれぞれ計測した。大腿部については、MTTa及びMTTpともに皮下脂肪組織と筋組織の境界を示す反射波から大腿骨まで、また、MTLaは腓骨まで、MTLpは、脛骨までの距離をそれぞれ筋厚とした。なお、大腿長は大転子から脛骨点までの距離を、下腿長は脛骨点から外果点までの距離

Table.１　Number of subjects and physical characteristics in age groups.

Age (yrs)	n	Body height (cm)	Body mass (kg)	Fat free mass (kg)	Relative Fat (%)
12	6	151.6±12.6	42.6±11.2	36.7±9.0	13.7±1.8
13	8	155.8±9.9	45.6±9.4	38.9±7.2	14.4±2.2
14	4	161.5±7.3	49.9±7.2	42.7±6.3	14.5±3.0
15	6	169.4±3.9	56.8±4.9	47.5±4.1	16.4±1.1
16	8	169.3±4.5	58.6±4.5	49.0±4.0	16.3±1.5
17	8	169.7±4.0	61.9±5.4	50.5±4.2	18.4±3.1

Mean±S.D.

Table.２　Detail of dry-land training for sprinter, middle and long distance speed skaters in both male and female.（熊川と角田2006）

	SG	MG	LG
Running training	･Maximal running 50 m~150 m×10~15 sets ･Interval running 200 m×5~7 sets	･Interval running 200 m~400 m×5~7 sets	･Maximal running 5 km~15 km×1 sets
Bicycle training	･Maximal pedaling 7 sec×6〜10 sets 30 sec×10 sets	･Maximal pedaling 120~180 sec×6~10 sets	･Maximal pedaling 5 min×7~10 sets ･long cycling 1~2 hour×1 sets
Roller skate training	･maximal skating 30~120 sec×10~15 sets	･maximal skating 120~180 sec×10~15 sets	･maximal skating 5~15 min×5~7 sets
Slide board training	･80 push-offs per minute 40 sec×10~15 sets	･80 push-offs per minute 120 sec×10~15 sets	･80 push-offs per minute 5~15 min×5~7 sets
Weight training	10RM load×10 times×3~5 sets		

SG: Sprinters.
MG: Middle distance skaters.
LG: Long distance skaters.

を巻尺を使用して測定した。

３）滑走能力

滑走能力としては、測定年度における公式競技会で記録された500m最高記録を秒速に変換した平均滑走速度（SV）で評価した。

４）統計処理

統計処理として、トレーニング後の各測定項目の変化については、対応ありのt検定を行い、本研究における相関係数は、ピアソンの相関分析によって求めた。統計処理の有意性は危険率５％未満で判定した。

３．結果と論議

Fig.１は、トレーニング前後における平均滑走速度の変化を年齢ごとに示したものである。SVは、14歳を除く全ての年齢において著しい増加が認められた。従って、本研究の被検者は、滑走速度の年間増加率に年齢差はほとんどなく、各年齢ともに滑走能力は向上しているものと推察できる。

Fig.２は、トレーニング前後における身長の変化を年齢ごとに示したものである。本研究の被検者は、12歳から15歳にかけてトレーニング後が有意に高い値を示したが、16歳以降の年齢では一様な変化は認められなかった。これまで、思春期中の生徒を対象として、身長発育に及ぼすスポーツトレーニングの影響について検討したWanne and Valimäki[11]によると、思春期のトレーニングは骨の発育に影響がないことを指摘している。また、スピードスケート選手と一般生徒における身長の年齢推移を比較したNemoto et al.[7]の報告では、いずれの年齢段階ともに両者間の身長には有意な差異は認められていない。このことは、スピードスケートのトレーニングが身長に及ぼす影響が少ないことを示唆しており、本研究の被検者における身長の変化もトレーニングによるものではなく、自然発育をそのまま反映しているものと推察できる。

Fig.３には、大腿部前面及び後面における筋厚の変化を年齢ごとにプロットしたものである。MTTaは、12歳から14歳においてトレーニング前後で著しい増加が認められたが、それ以降の年齢では有意な変化は認められなかった。一方、MTTpについてみると、12歳と、15歳以降の年

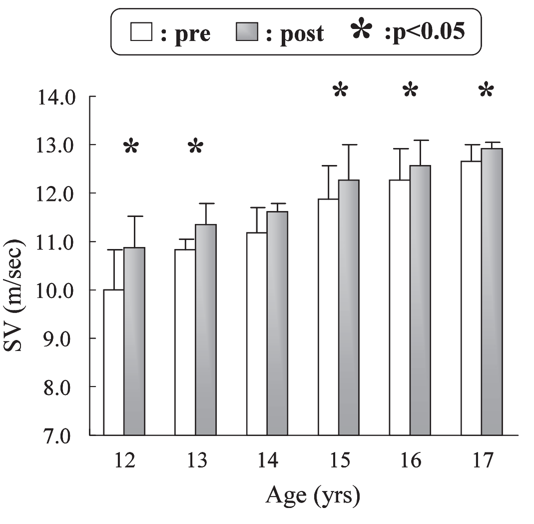

Fig.１　Longitudinal changes of skating velocities in each age group.

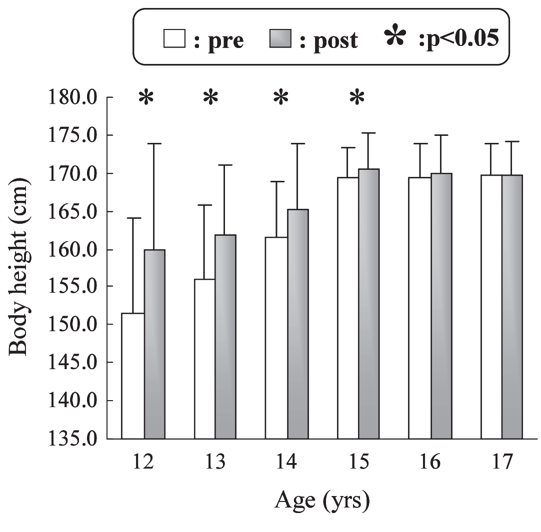

Fig.２　Longitudinal changes of body height in each age group.

齢で著しい増加が認められた。即ち、中学生期においては大腿四頭筋の発達が著しく、高校生期ではハムストリングスが著しく発達する傾向にある。このことは、大腿部においては、前面と後面で筋厚発達の部位差が存在する可能性を示唆するものといえる。スピードスケートのトレーニングがハムストリングスの筋形態を変化させることは知られている。金久ら[5]は、成人選手を対象として、無酸素性及び有酸素性のエネルギー供給能力を向上させることをねらいとして、5ヶ月間の自転車トレーニング、走トレーニング及び特殊トレーニング（スケーティングフォームで行うローラースケート、スライドボード、ローウォーク）を実施した結果、トレーニング前後において、男子のハムストリングスの筋横断面積に有意な増加が認められている。従って、スピードスケートのトレーニングによる筋の適応としては、主働筋である大腿四頭筋のみならず、ハムストリングスの筋肥大をもたらす可能性が考えられる。さらに、先の身長の変化をみると、16歳以降に有意な変化は認められないことから、高校生期にみられる大腿部後面の筋厚発達は自然発育による筋量増加と考えるよりも、トレーニングの影響が大きいものと推察できる。

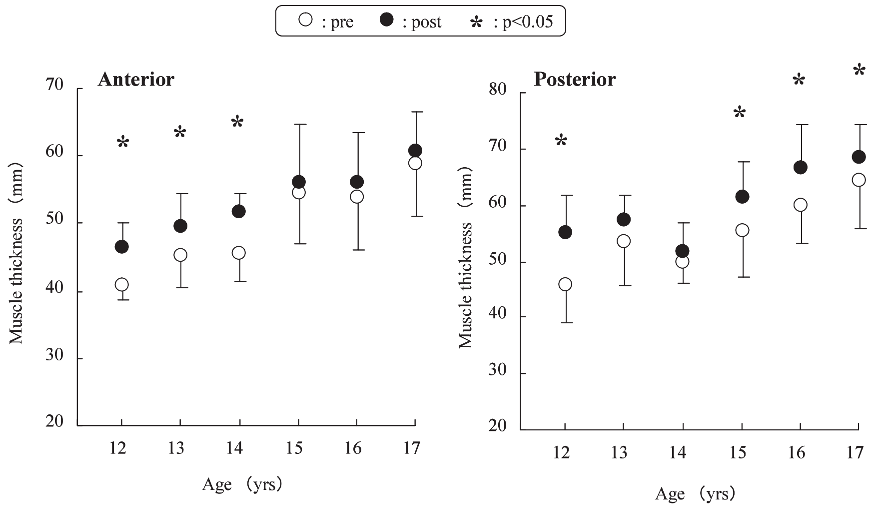

Fig. 3　Longitudinal changes of the anterior and posterior thicknesses of the thigh muscles in each age group.

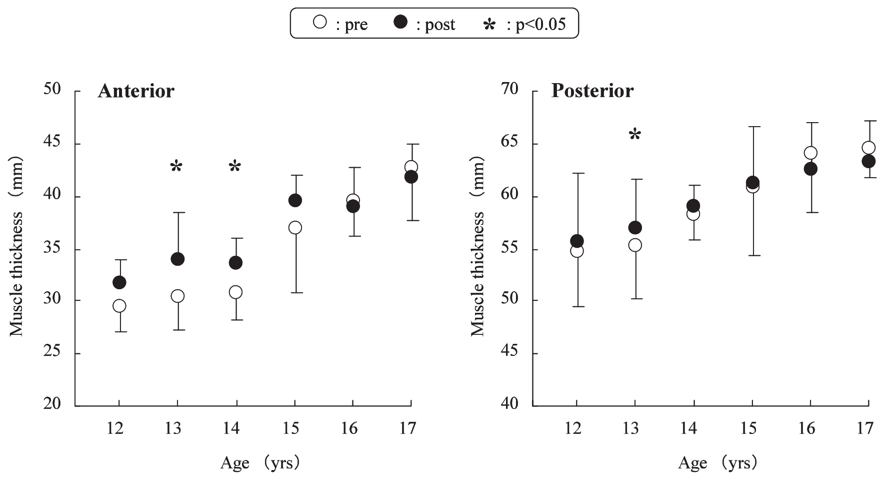

Fig. 4　Longitudinal changes of the anterior and posterior thicknesses of the leg muscles in each age group.

一方、Fig. 4には、下腿部前面及び後面における筋厚の変化を各年齢でプロットした。下腿部では、前面及び後面ともに中学生期における変化が

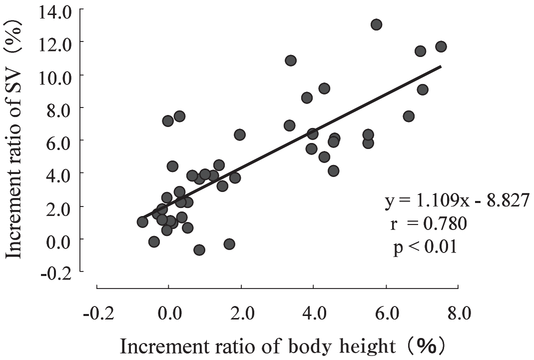

Fig. 5　Relationship between increment ratio of SV and body height

大きく、このうちMTLaでは13歳と14歳において、またMTLpでは13歳においてトレーニング前後に有意差が存在した。即ち、身長の結果を考慮すると、下腿部の筋厚発達は、自然発育の著しい時期において有意に増加するが、高校生期においては、１年間での筋量増加は認められない可能性が考えられる。これまで、スピードスケート選手の下肢筋形態の特徴としては、スケーティング動作の主働筋である大腿四頭筋の発達が著しいことが報告されている[9]。しかし、スラップスケートが導入されてからは、足関節の底屈運動で発揮されるパワーも推進力を得るうえで重要な役割を担うようになった[4) 10]。先行研究によれば、スラップスケートを使用することによって、脚伸展時の出力パワーが15％から20％ほど高まることが考えられている[10]。従って、本研究の被検者についていえば、高校生期では、下腿の筋量増加が競技の遂行を有利なものとすることが考えられる。

Table.３には、大腿及び下腿部の筋厚の増加率と平均滑走速度の増加率との関係における相関係数を示したものである。下肢の筋厚の増加率は、全ての部位において滑走能力の増加率と有意な相関関係が認められた。一方、セグメント長あたりで正規化した筋厚値では、MTTa・TL-1及びMTTp・TL-1においてのみ滑走能力の増加率との間に有意な相関関係が認められた（Table.４）。従って、自然発育による骨成長の影響を除去して考えた場合、滑走能力の増加に対しては、下腿に比べ大腿部の筋量増加の影響が大きいことが考えられた。

Table. 3　Correlation coefficients between increment ratio of muscle thicknesses and SV.

	MTTa	MTTp	MTLa	MTLp
SV	0.637 *	0.558 *	0.391 *	0.318 *

*: p<0.05

Table. 4　Correlation coefficients between increment ratio of relative muscle thicknesses to lower limbs length and SV.

	MTTa/TL	MTTp/TL	MTLa/LL	MTLp/LL
SV	0.520 *	0.372 *	n.s	n.s

TL:Thigh length, LL:Leg length

*: p<0.05

４．要　　約

本研究では、本研究では、ジュニアスピードスケート選手を対象として、１年間の身長及び下肢筋形態の変化と競技能力との関係について検討した。

その結果は次のとおりであった。

1）滑走能力の年間増加率に年齢差はほとんどなく、各年齢ともに滑走能力は向上することが明らかになった。
2）高校生期では、筋量増加に対するトレーニングの効果が大腿前部よりも後部において大きいことが考えられた。
3）下腿部における筋厚は、前面及び後面ともに中学生期において増加するものの、高校生期における有意な変化は認められなかった。
4）成長期スピードスケート選手において、自然発育による骨成長の影響を除去して考えた場合、滑走能力向上に対しては、下腿に比べ大腿部の筋量増加の影響が大きいことが考えられた。

本研究の一部は、国士舘大学体育学部付属体育学研究所の2007年度研究助成によって実施した。

引用・参考文献

１）de Boer R W, Cabri J, Vaes W, Clarijs J P, Hollander A P, de Groot G, van Ingen Schenau G J, (1987), Moments of force, Power, and muscle coordination in speed-skating. Int J Sports Med, 8 (6), 371-78.

２）de Koning J J, de Groot G, van Ingen Schenau G J, (1991), Coordination of leg muscles during speed skating. J Biomech, 24 (2), 137-46.

３）de Koning J J, Bakker F C, de Groot G, van Ingen Schenau G J, (1994), Longitudinal development of young talented speed skaters: physiolosical and anthropometric aspects. J Appl Physiol, 77, 2311-2317.

４）Houdijk H, de Koning J J, de Groot G, Bobbert M F, van Ingen Schenau G J, (2000), Push-off mechanics in speed skating with conventional skates and klapskates. Med Sci Sports Exerc, 32 (3), 635-41.

５）金久博昭，根本勇，角田直也，福永哲夫，（1983），スピード・スケート選手の陸上トレーニングが身体組成、大腿部組成および筋出力に与える影響. Jpn J Sports Sci, 2, 905-11.

６）熊川大介，角田直也，（2006），男女スピードスケート選手における下肢筋群の形態及びパワー発揮能力に及ぼす競技種目の影響．トレーニング科学, 18（3），241-9.

７）Nemoto I, Kanehisa H, Miyashita M,(1990), The effect of sports training on the age-related changes of body composition and isokinetic peak torque in knee extensors of junior speed skaters. J Sports Med Phys Fitness, 30, 83-8.

８）Sale D G and D MacDougal,(1981), Specificity in strength training: a review for the coach and athlete, Can J Appl Sport Sci, 6 (2), 87-92.

９）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（4）：192-199.

10）van Ingen Schenau G J, de Groot G, Scheurs A W, Meester H, De Koning J J, (1996), A new skate allowing powerful plantar flexions improves performance. Med Sci Sports Exerc, 28(4), 531-5.

11）Wanne O and Valimäki I, (1983), The influence of sports training on growth in school children. Scand J Sports Sci, 5, 41-4.