

大学自転車競技男子選手の1 kmタイムトライアル時における スプリント能力と身体的・形態的特性の関係

山道 晶子¹⁾，石井 泰光²⁾，森 寿仁³⁾，黒川 剛⁴⁾，山本 正嘉⁵⁾

¹⁾鹿屋体育大学体育学部

²⁾国立スポーツ科学センター

³⁾鹿屋体育大学大学院

⁴⁾鹿屋体育大学スポーツ・武道実践科学系

⁵⁾鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

<論文概要>

大学自転車競技男子選手13名を対象として，身体組成，形態，下肢の筋厚および筋量を測定し，自転車競技1 kmタイムトライアルのタイムと下肢の部位別形態特性との関連性について検討した。その結果，1 kmタイムトライアルにおけるシーズンベストタイムと大腿直筋，大腿後部筋，下腿前部筋および下腿後部筋における筋厚および筋量との間で有意な相関関係が認められた。さらに，本研究の被検者の中で，最もタイムの早かった者は，そのほかの被検者の平均値よりも大腿直筋，大腿後部筋，下腿後部筋の筋厚が厚く，筋量が多い傾向にあった。したがって，自転車競技1 kmタイムトライアルにおけるスプリント能力の向上には，股関節屈曲動作に関わる大腿直筋，股関節伸展動作に関わる大腿後部筋，ペダリング時の足関節底屈動作に必要な下腿後部筋を発達させることが重要であることが示唆された。

キーワード：筋厚，筋量，短距離，トラック種目

I. 緒言

自転車競技とは，ロードレース，トラックレース，競輪，マウンテンバイク，BMXといった自転車を使用する競技を総称したものである。その中でもトラックレースは，タイムによって順位や勝敗が決定する種目が多く行われている。

トラックレースでは短距離種目と中長距離種目に分類できる。短距離種目として，チームスプリントやスプリント，1 kmタイムトライアル，ケイリン，中長距離種目として，団体追抜きや個人追抜き，ポイントレースなどが行われている。また，複合競技であるオムニウムレースでは，短距離および中長距離の計6種目の総合点によって勝敗が決まる。様々なトラックレースの短距離種目の中で，個人のタイムと着順とが最も直接的に結びつくのは，1 kmタイムトライアルである。

これまで，自転車競技の200mタイムトライアルや1 kmタイムトライアルなどのトラックレースの短距離種目におけるスプリント能力と関係する様々な要因について検討が行われている。池田らは，1 kmタイムトライアルにおけるタイムと等速性膝伸展筋力および等速性体幹屈曲筋力との間に，有意な負の相関関係がみられることを報告しており，これらの筋力が高いほどスプリント能力も高いことを示唆している⁵⁾。また，網分らは，高校生自転車競技選手を対象とし，競技力の高い者ほど除脂肪体重および大腿囲が高値を示すことを報告している¹¹⁾。これらの研究では，下肢，特に大腿部の形態特性について検討しているが，下腿部の形態特性について検討されているものは少ない。

近年，池田らは，MRI画像を用いて体幹部と大腿部における筋横断面積を測定した結果，自転車エル

ゴメーターにおける最大パワー発揮時のクランク回転速度は、大腰筋、大腿直筋および内側ハムストリングスの筋断面積との間に強い正の相関関係が認められたことを報告している⁶⁾。自転車エルゴメーターは、負荷（電磁ブレーキ式の一定負荷）やポジション（身長に合わせたフレームサイズ、クランク長およびハンドル幅）の設定に制限がある。これに対し、実際のレースでは、走行中の速度が増加するにつれて、空気抵抗により選手の身体にかかる負荷は様々に変化する。また、選手本人が使用する自転車は、パフォーマンスを発揮しやすいようにポジションやギア比が設定されている。より競技現場に即した形でパフォーマンスを評価するには、実走のタイムを参考にする方が妥当であると考えられる。

トラックレース短距離種目の実走中のスプリント能力と下肢の部位別形態的特性との関係性について明らかにすることは、競技現場において、重点的に強化すべき筋群を明らかにすることになり、効率的なトレーニングを行うための示唆が得られると考えられる。

本研究では、大学自転車競技男子選手を対象として、下肢部位別の筋厚および筋量を測定し、これらの形態的特徴と自転車競技1 kmタイムトライアルの実走中のスプリント能力との関連性を明らかにすることを目的とした。

II. 方 法

1. 被検者

被検者は、大学自転車競技男子選手13名を対象とした。被検者の身体特性は、年齢:20±2歳、身長:174.1±5.4cm、体重:68.4±8.6kgであった。個人の専門種目および身体特性については、表1に示した通りである。各被検者には、本研究の目的および方法について説明を行い、本研究に参加する同意を得た。

2. 測定項目

(1) 1 kmタイムトライアルにおける実走タイム

2013年度に行われた公式戦および記録会において計測された1 kmタイムトライアルの記録のうち、最もタイムの早かったものを代表値として採用した（以後、シーズンベストタイムと略す）。なお、本研究の被検者は、2013年度に最低2回以上1 kmタイムトライアルに参加していた。

(2) 身体組成

体重および体脂肪率は、体組成計（DC-320, Tanita社製）で測定した。また、除脂肪体重（LBM）は、体重と体脂肪率から（体重×（100-体脂肪率）／100）算出した。

表1. 被験者の身体特性および専門種目

専門種目	被検者	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)
長距離	M.I	20	177.0	67.2
	T.T	19	172.5	66.4
	N.I	19	163.0	56.1
	E.H	19	180.0	73.9
	Y.H	19	173.0	63.9
	H.H	20	177.4	69.7
	S.T	19	181.0	61.6
	S.M	19	165.0	55.6
短距離	H.Y	22	170.0	68.6
	T.S	20	179.0	79.7
	S.O	19	177.8	81.8
	T.H	21	172.0	62.2
	S.Y	18	176.0	82.4
	平均	20	174.1	68.4
	標準偏差	2	5.4	8.6

(3) 身体形態

大腿長（大転子から膝皺点までの長さ）、下腿長（膝皺点から外果までの長さ）、大腿囲（大転子から大腿長の50%位置の周径囲）および下腿囲（膝皺点から下腿長の30%位置の周径囲）は、メジャーを用いて0.1cm単位で計測した。各測定部位における左右の測定値の平均を代表値として採用した。

(4) 下肢筋厚

下肢筋厚の測定には、Bモード超音波診断装置（Prosound 2, Aloka社製）を使用した。被検者の測定時の姿勢は立位とし、大腿前部および大腿後部は大腿長の近位50%部位を、下腿前部および下腿後部は下腿長の近位30%部位を測定した。大腿前部の筋厚は、大腿直筋と中間広筋の両部位を測定した。

超音波画像を印刷して、定規を用いて0.5mm単位で下肢筋厚を算出した。なお、これらの測定は、測定方法に習熟した1名の検者によって行われた。また、各測定部位における左右の測定値の平均を代表値とした。

(5) 下肢筋量

下肢筋量を算出するために、下肢長および筋厚の大腿前部、大腿後部、下腿前部および下腿後部の筋

量指標を（筋厚／2）²×3.14×大腿長（または下腿長）により算出した¹⁰。左右の平均値を代表値として採用した。

3. 統計処理

測定値は、すべて平均値±標準偏差で表した。シーズンベストタイムと各測定項目の関係についてPearsonの積率相関係数を算出した。なお、統計処理は、SPSS（IBM SPSS Statistics 20, IBM社製）を用いて行った。有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. シーズンベストタイムと身体組成の関係

図1は、シーズンベストタイムと体重、除脂肪体重および体脂肪率との関係性についてそれぞれ示したものである。体重（ $r = -0.682$, $P < 0.05$ ）、除脂肪体重（ $r = -0.706$, $P < 0.01$ ）および体脂肪率（ $r = -0.578$, $P < 0.05$ ）の3項目ともに、シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。

2. シーズンベストタイムと身体形態の関係

図2は、シーズンベストタイムと大腿囲および下腿囲との関係性についてそれぞれ示したものであ

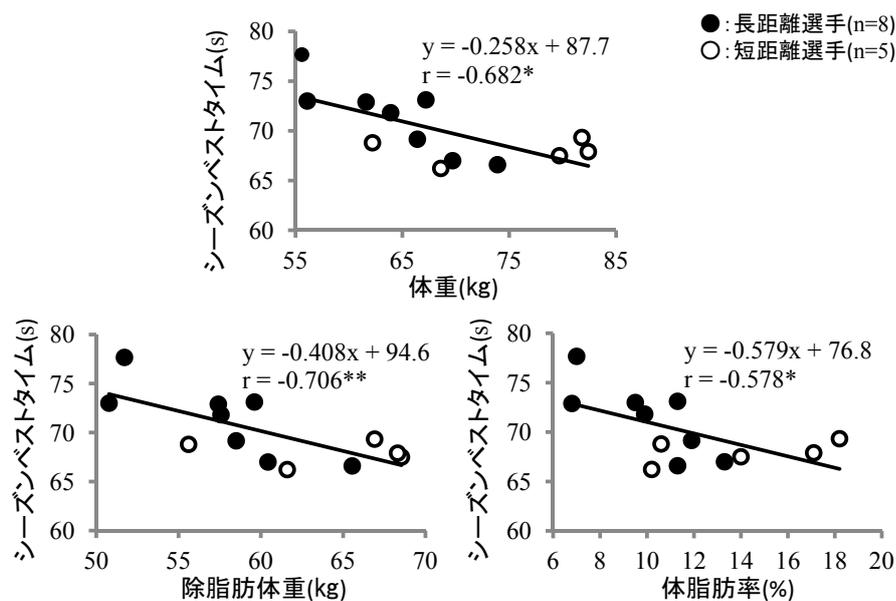


図1. 身体組成とシーズンベストタイムの関係 *: $P < 0.05$ **: $P < 0.01$

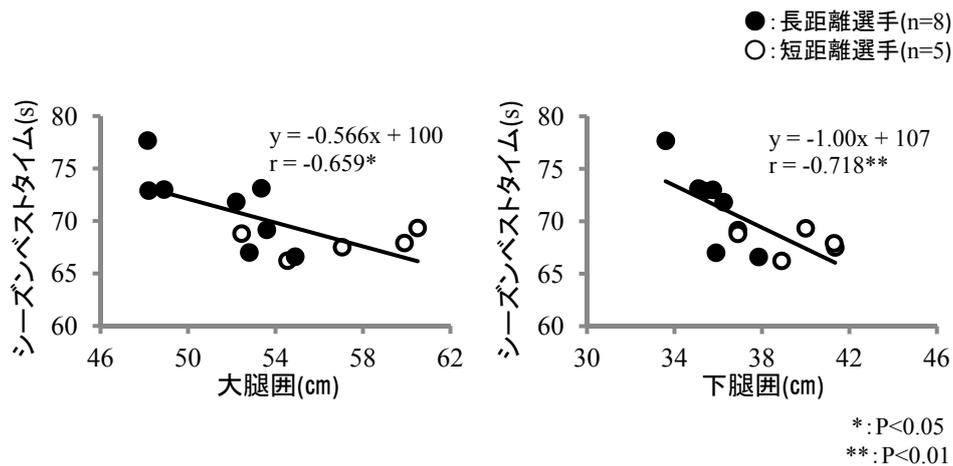


図2. 大腿・下腿長と大腿・下腿囲とシーズンベストタイムの関係

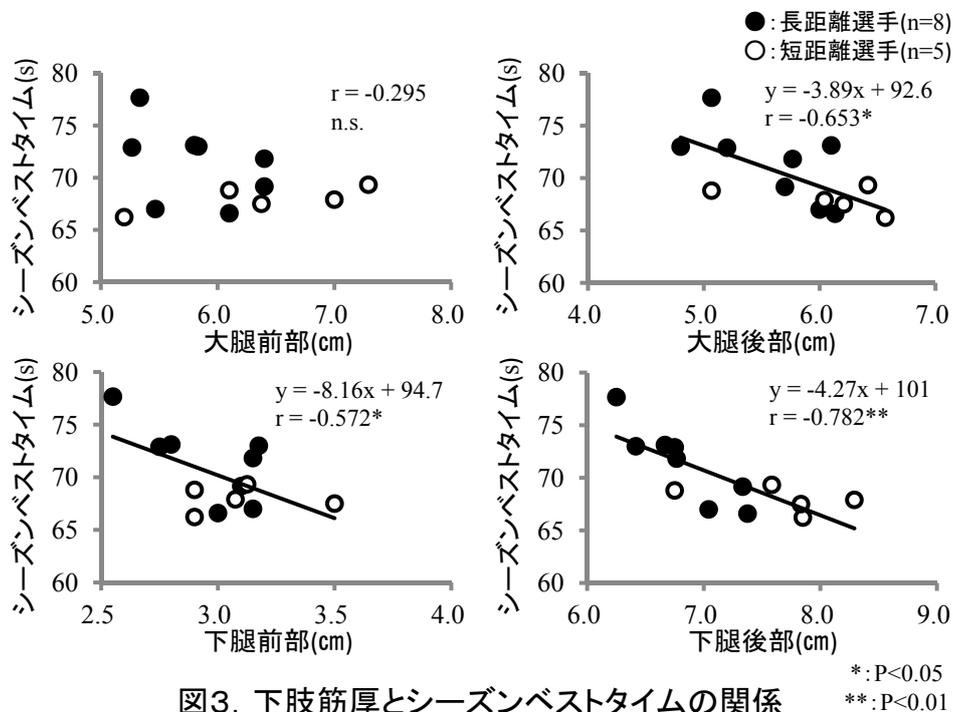


図3. 下肢筋厚とシーズンベストタイムの関係

る。大腿囲 ($r = -0.659$, $P < 0.05$) および下腿囲 ($r = -0.718$, $P < 0.01$) の2項目ともに、シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。

3. シーズンベストタイムと下肢筋厚の関係

図3は、シーズンベストタイムと筋厚(大腿前部、大腿後部、下腿前部、下腿後部)との関係性についてそれぞれ示したものである。図4は、大腿前部を大腿直筋と中間広筋とに分け、それぞれの関係性について示した。大腿前部および中間広筋においては、

有意な相関関係が認められないが、大腿後部 ($r = -0.653$, $P < 0.05$)、下腿前部 ($r = -0.572$, $P < 0.05$)、下腿後部 ($r = -0.782$, $P < 0.01$) および大腿直筋 ($r = -0.687$, $P < 0.01$) において、シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。

4. シーズンベストタイムと下肢筋量の関係

図5は、シーズンベストタイムと筋量(大腿前部、大腿後部、下腿前部および下腿後部)との関係性について示したものである。大腿前部においては有意

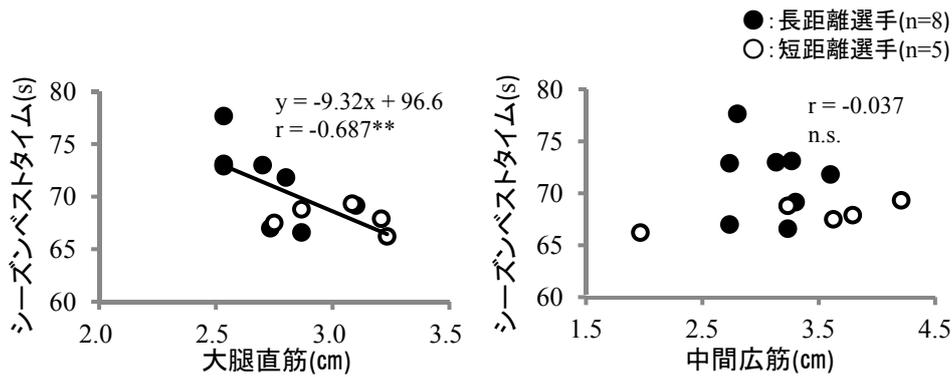


図4. シーズンベストタイムと大腿直筋および中間広筋の関係

** : P<0.01

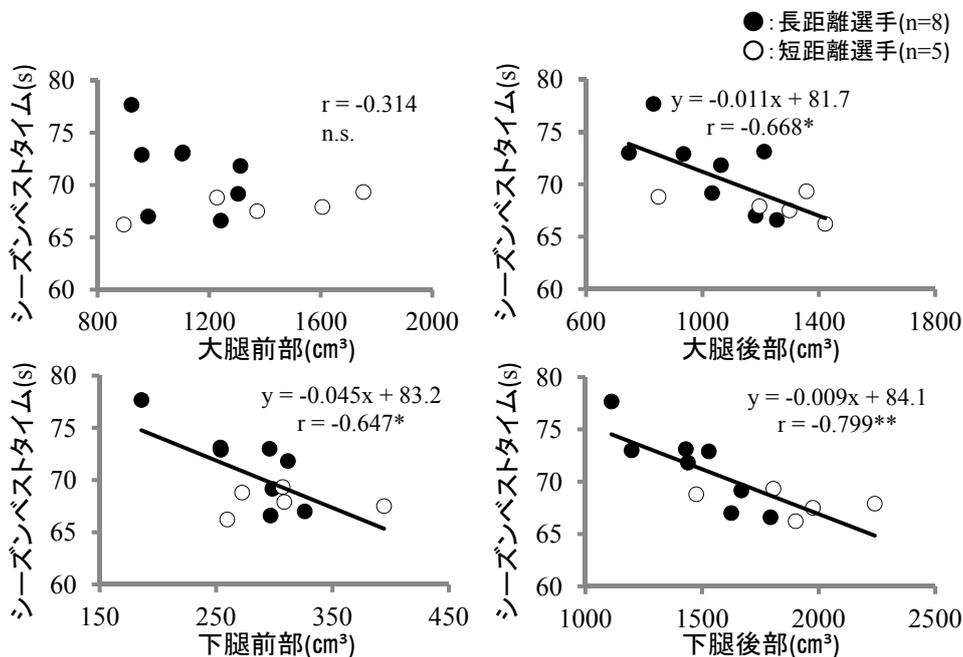


図5. 下肢筋量とシーズンベストタイムの関係

* : P<0.05
** : P<0.01

な相関関係が認められないが、大腿後部 ($r = -0.668$, $P < 0.05$), 下腿前部 ($r = -0.647$, $P < 0.05$) および下腿後部 ($r = -0.799$, $P < 0.01$) において、シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。

IV. 考察

本研究は、短距離種目を専門とする選手が少なかったため (5名), 被検者の中に中長距離選手も含まれている。本研究で対象にした大学生はロードを中心とした練習を行うことから、短距離選手も長距離選手も同様の練習が行なわれることが多い。ま

た、ロードレースにおけるゴールスプリントが必要とされることから、長距離選手においても、スプリント能力が必要とされることも多くある。本研究では、短距離選手と長距離選手を合わせて分析しても問題はないと判断した。

1. シーズンベストタイムと身体組成

体重および除脂肪体重において、シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。つまり、体重および除脂肪体重が大きい選手ほど1kmタイムトライアルにおけるタイムが早いと言える。池田らは、トラック種目を専門とする大学生

自転車競技選手と一流自転車競技選手の形態を比較した結果, 大学生選手よりも一流選手の方が, 体重において8.1kg, 除脂肪体重において7.2kg大きく, どちらも有意な差が認められたことを報告しており⁵⁾, 本研究を支持する結果であった。また, 淵本は, 筋量の増加に伴って質量(体重)が増加することは, 自転車競技における短距離選手のパフォーマンスを高めるために有利となると報告している³⁾。

本研究では, 体脂肪率においても, 体重および除脂肪体重と同様な結果が示された。本研究における被検者の平均体脂肪率は $11.6 \pm 3.2\%$ であった。一流選手の体脂肪率は $14.5 \pm 4.3\%$ であり⁵⁾, 本研究における被検者よりも高値(+2.9%)であった。一方, Dorel et al.は, ワールドカップおよびオリンピックチャンピオンを含む, 国際レベルのトラックレースに出場する一流自転車競技男子選手12名の体脂肪率は, $11.3 \pm 2.0\%$ であると報告しており¹⁾, 本研究の被検者と同等の値であった。つまり, 本研究の被検者は体脂肪率でみると世界トップレベルの選手と同等であると言える。

また, 体脂肪率とスプリント能力の関係について検討するに当たり, 注意すべき点がある。それは, 前述の先行研究で報告されているように^{3,5)}, 筋量とスプリント能力には有意な相関関係が見られ, 図1をみると除脂肪体重の大きかった短距離選手が, 体脂肪率でも高い値を示す傾向にあったという点である。すなわち, 除脂肪体重の多さがスプリントパフォーマンスと関連しており, 体脂肪率の高さは副次的なものであった可能性がある。したがって, 脂肪量の増加による体脂肪率の増加がスプリント能力の向上に有効であるかは, 一概に結論が出せないと言える。以上のことから, トラック種目におけるパフォーマンス向上には, 筋量増加を伴った体重の増加が重要であると考えられる。

2. シーズンベストタイムと身体形態

身体形態では, 大腿囲および下腿囲において, シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。つまり, 大腿囲および下腿囲が大きい選手ほど, 1kmタイムトライアルにおけるタイムが早

いと言える。

本研究の被検者の大腿囲および下腿囲はそれぞれ, $53.6 \pm 3.8\text{cm}$, $37.3 \pm 2.3\text{cm}$ であったのに対し, Mclean and Parkerは, オーストラリアの一流自転車競技トラック選手(スプリンター)14名の大腿囲および下腿囲の値がそれぞれ, $57.5 \pm 3.4\text{cm}$, $37.8 \pm 1.7\text{cm}$ であったことを報告している⁹⁾。このことから, 一流選手は本研究の被検者よりも大腿囲が大きい(+3.9cm)ことがわかる。

Ericsonは, ベダリング動作において, 股関節および膝関節動作に関与する筋群の活動が重要であることを報告しており²⁾, 大腿部筋群の重要性を示唆している。また, 実際のパフォーマンスとの関連をみたときに, Mclean and Parkerは, 大腿囲と200mタイムトライアルにおけるタイムとの間に, 有意な負の相関関係が認められたことを報告している⁹⁾。加えて, 綱分らも, 高校生自転車競技選手を対象に, 競技力の高い選手ほど大腿囲が大きいことを報告している¹¹⁾。

以上のことから, 1kmタイムトライアルを含め, スプリント能力が必要とされる短距離種目におけるパフォーマンス向上には, 大腿部および下腿部の周径囲を大きくすることが重要であると考えられる。

3. シーズンベストタイムと下肢筋厚および下肢筋量

下肢筋厚では, 大腿後部, 下腿前部, 下腿後部および大腿直筋において, シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。また, 下肢筋量では, 大腿後部, 下腿前部および下腿後部において, シーズンベストタイムとの間に有意な負の相関関係が認められた。

市橋らは, 健常な大学生男女を対象とし, 高負荷短時間の自転車ベダリング運動を行わせると大腿直筋と内側広筋の筋活動量が増加することを報告している⁴⁾。また, 舌らは, 自転車エルゴメーターで測定した下肢パワーは, 等速性股関節伸展および屈曲筋力と高い相関関係があることを報告している¹²⁾。さらに, 自転車競技短距離選手の競技パフォーマンスに直結する指標として, 全力ベダリングにおける最大パワーが挙げられる。木越らは, 最大パワーの

表2. H.Y選手(シーズンベストタイム1位の選手)と平均値の比較

項目		H.Y選手	平均値	平均値比
シーズンベストタイム		1分06秒22	1分10秒40	94%
筋厚	大腿前部(cm)	5.20	6.12	85%
	┌ 大腿直筋(cm)	3.23	2.81	115%
	└ 中間広筋(cm)	1.97	3.28	60%
	大腿後部(cm)	6.57	5.71	115%
	下腿前部(cm)	2.90	3.02	96%
	下腿後部(cm)	7.85	7.07	111%
筋量	大腿前部(cm ³)	892	1239	72%
	大腿後部(cm ³)	1422	1077	132%
	下腿前部(cm ³)	259	291	89%
	下腿後部(cm ³)	1899	1609	118%

■はシーズンベストタイムと有意な相関関係がみられた項目を示している。
太字はH.Y選手の値が平均値よりもタイムが早いまたは値が大きいことを示している。

向上には、大臀筋や大腿二頭筋の筋活動水準が大きく影響していることも報告している⁸⁾。

解剖学的な側面から考えると、大腿直筋は腸骨から脛骨に渡って付着する二関節筋であり、股関節屈曲動作に貢献する。一方で、中間広筋は大腿骨から脛骨に渡って付着する単関節筋であり、股関節の動作に関与していない。つまり、大腿直筋の筋厚とシーズンベストタイムとの間にみられた相関関係が、中間広筋で認められなかったのは、股関節動作に関与している筋であったかどうかの影響していた可能性が考えられる。また、大腿後部にあるハムストリングスも坐骨から脛骨に渡って付着する二関節筋であり、股関節伸展動作に働くことから、前述の考察と同様にシーズンベストタイムと関係していた可能性がある。これらのことから、自転車競技選手では股関節動作に関わる大腿直筋および大腿後部筋が選択的に発達しやすく、その筋厚および筋量がパフォーマンスに関係したものだと言える。

自転車競技のペダリング動作において、踵がペダルより下がらないように、足関節を底屈位で保持した状態でペダリングすることが理想とされている。これは、股関節や膝関節から発揮された力が、足関節が底屈もしくは固定されることによって、拇指球を通じてペダルへ伝わるのに対し、足関節が背屈して踵が下がると、ペダルへの力が踵側へと分散してしまい、ペダリング効率が低下すると考えられている。

解剖学的な側面から考えて、脛骨から足底部に渡って付着する下腿前部筋と、大腿骨や脛骨から踵骨に渡って付着する下腿後部筋は互いに拮抗する筋群である。したがって、足関節角度を一定に保つために、これらの筋が共働的に活動している可能性が予想される。

形本らは、大学自転車競技選手を対象として、ペダリング負荷の上昇とともに、下腿の前部および後部を含む下肢の筋活動が増加することを報告している⁷⁾。このことから、ペダリング動作を伴う自転車競技において、強度の高いトレーニングを日常的に行うことで、下腿前部筋および下腿後部筋が発達したものだと考えられる。

これらの知見を踏まえて、本研究における被検者のうち、シーズンベストタイムが最も早かったH.Y選手の特徴について検討した。比較するにあたり、各測定項目の平均値から、H.Y選手の値を除いた平均値と比較した。表2にその一覧表を示した。

H.Y選手は、シーズンベストタイムにおいて、平均よりも4秒以上早く、本研究でスプリント能力に重要とされた大腿直筋、大腿後部および下腿後部筋の筋厚および筋量が平均値よりも高値を示していた。つまり、1kmタイムトライアルにおけるスプリント能力が高い選手は実際に、大腿直筋、大腿後部および下腿後部筋が他の選手よりも発達していると言える。

以上のことから、自転車競技の短距離種目におい

て、股関節伸展動作に関わる大腿後部筋や、股関節屈曲動作に関わる大腿直筋、ペダリング時の足関節底屈重要な下腿後部筋の筋厚および筋量を増加させることが、スプリント能力の向上のために重要であると考えられる。

V. 参考文献

- 1) Dorel S., Hautier C., Ramvaud O., Rouffet D., Van Praagh E., Lacour J., Bourdin M.: Torque and power-velocity relationships in cycling; Relevance to track sprint performance in world-class cyclists, *Int. J. Sports Med.*, 26(9): 739-746, 2005.
- 2) Ericson M: Mechanical muscular power output and work during ergometer cycling at different work loads and speeds, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 57(4): 382-387. 1988.
- 3) 淵本隆文：自転車競技における短距離選手の走行速度とパワー、*バイオメカニクス研究*, 8(1): 52-55, 2004.
- 4) 市橋則明, 池添冬芽, 大畑光司, 岡英世, 三浦元, 才藤栄一：自転車エルゴメーターにおける高負荷短時間のペダリングトレーニングが下肢筋に与える影響, *理学療法学*, 31(6) : 369-374, 2004.
- 5) 池田祐介, 高島渉, 谷所慶, 前川剛輝, 谷山哲成：トラック種目を専門とする一流自転車競技選手と大学自転車競技選手の体力要素の比較および大学自転車競技選手の1 kmタイムトライアルにおけるパフォーマンスと体力要素との関係, *トレーニング科学*, 21(4) : 399-416, 2009.
- 6) 池田祐介, 高島渉, 本間俊行, 高橋英幸, 村田正洋：男女一流自転車競技選手における筋の形態的特徴と自転車エルゴメーターのパワー発揮能力との関係, *体育学研究*, 58(2) : 539-555, 2013.
- 7) 形本静夫, 淵本隆文, 内藤久士, 石原啓次, 小林裕幸, 三重野寛治, 海村昌和, 岡田純一, 中島宣行, 杉浦雄策, 宮田浩二, 小清水孝子：自転車エルゴメーターによるペダリング・トレーニングの筋電図学的検討, 1998年度日本体育協会スポーツ科学研究報告集Vol.1 No.Ⅱ競技種目別競技力向上に関する研究, 215-221, 1998.
- 8) 木越清信, 尾縣貢, 田内健二, 大山下圭悟, 高松薫：短時間の全力自転車ペダリング運動における座位姿勢の相違が筋活動および最大パワーに及ぼす影響, *体力科学*, 52(2) : 167-178, 2003.
- 9) McLean B., Parker A.: An anthropometric analysis of elite Australian track cyclists, *J. Sports Sci*, 7(3): 247-55, 1989.
- 10) Miyatani.M. Kanehisa H., Fukunaga T.: Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 82(5-6): 391-396, 2000.
- 11) 綱分憲明, 田原靖昭, 湯川幸一, 千住英明：高校男子自転車競技優秀選手の身体組成, 最大酸素摂取量及び最大酸素負債量, *Ann. Physiol. Anthropol.*,12(6) : 351-362, 1993.
- 12) 舌正史, 守田武志, 原邦夫, 間島満：自転車エルゴメータにより測定した下肢パワーと下肢単関節筋力の関係, *理学療法学*, 28(2) : 120, 2001.