

〈研究報告〉

思春期の男子サッカー選手における大腿筋群の部位別にみた発育特性

Characteristics of growth at different sites of thigh muscles in male soccer players

手島 貴範¹, 沢井 史穂², 定本 朋子¹, 角田 直也³

TAKANORI TESHIMA¹, SHIHO SAWAI², TOMOKO SADAMOTO¹, AND NAOYA TSUNODA³

Abstract

The characteristics of growth of thigh muscles in soccer players have not been fully expressed. We examined the muscle thickness of the rectus femoris (RF) and the vastus intermedius (VI) at different sites of muscle in 112 male soccer players under developmental period aged from 12 to 22 years old. Using B-mode of a high resolution ultrasound, the muscle thickness in RF and VI was, respectively, measured at the site of 30% (proximal), 50% (intermediate) and 70% (distal) of the whole length of femur in dominant leg. The muscle thickness in both RF and VI increased with chronological age. However, the largest increment of thickness was attained during 14-16 years of age in RF despite over 18 years of age in VI. Comparing the muscle thickness among three sites, the largest thickness was observed at proximal site and followed by intermediate and then distal sites for both RF and VI. The present results suggested two important characteristics of growth of thigh muscles in the male soccer players; one is the earlier growth in RF than VI and the other is the greater growth at proximal site than intermediate and distal sites in RF and VI.

Key words: muscle thickness, ultrasound, developmental period, the rectus femoris, the vastus intermedius

1. 緒言

思春期を中心とした発育期には、骨格筋が著

しく成長・肥大し、そして筋の機能が発達する。骨格筋の成長・発育には遺伝要因と環境要因が複合的にかかわるが、日常の身体活動レベルやスポーツの実施率やその種目などの環境要因は

¹ 日本女子体育大学附属基礎体力研究所

Research Institute of Physical Fitness, Japan Women's college of Physical Education.
8-19-1 Kitakarasuyama, Setagaya-ku, Tokyo, 157-8565, JAPAN.

² 日本女子体育大学

Japan Women's college of Physical Education.

³ 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科

Graduate School of Sport System, Kokushikan University.

筋の発育に大きな影響を及ぼすと言われている (Baxter-Jones *et al.* 2008, Dettler *et al.* 2014). 実際には、各種スポーツ競技選手を測定した先行研究では選手の身体形態が種目特有の発育を示すことが報告されている (藤本と勝田 1993, 伊藤 1998). その中でもサッカー選手には、大腿部の筋に特異的な発育が認められるとする報告が数多い (星川ら 2006, 星川ら 2007, Masuda *et al.* 2003, 手島と角田 2011, 角田ら 1986). 例えば、超音波法により大腿部の断面積を調べた角田ら (1986) によると、サッカー選手では大腿四頭筋断面積に占める大腿直筋の比率が、他の競技種目よりも有意に高いと指摘している。しかし、これらの先行研究における知見は、いずれも一流のサッカー選手を対象にした結果であり、同様の結果が発育期のサッカー選手に当てはまるのかどうかについては明らかではない。また、これらの先行研究では、特定部位の筋断面積の比較であり、種々の部位を比較したものではなかったといえる。一方、国内一流競技者における大腿部近位部、中央部および遠位部の筋横断面積を測定した勝田ら (1993) は、一流の成人サッカー選手では大腿部の筋量が多いだけでなく、近位部や中央部の断面積が大きい、という部位差を示唆する結果を報告している。このように成人サッカー選手で示唆される部位差が発育期のサッカー選手の大腿部においても同様にみられるのかどうかについて検討する必要があるといえる。

これまでの超音波法を用いた多くの研究では、大腿長の 50% 部位における筋厚でのデータ比較が一般的であり、種々の部位での比較や発育の部位差に関する系統的な研究は見当たらない。しかし、前述した勝田ら (1993) の研究成果にみられるように同一筋内のすべての部位が一樣に (均一に) 発育するとは限らないことから、異なる部位における筋厚の比較が重要と思われる。

以上のことを踏まえ、本研究では、定期的にサッカーのトレーニング及び試合を実施してい

る思春期男子サッカー選手における大腿の前部の筋群の近位部、中央部、遠位部の筋厚を各々評価し、部位別にみた筋厚の発育について検討する。検討に当たり、本研究では大腿部の近位部、中央部、遠位部を大腿長の近位 30%、50% および 70% として計測することにした。その理由は、自然発育とトレーニングによる肥大は同一ではないが、これまでの多くのトレーニングの研究に基づくと、大腿長の近位 30%、50% および 70% を近位部、中央部、遠位部として検討しているからである。また、大腿前部の筋として大腿直筋と中間広筋の筋厚をそれぞれ分けて検討することとした。

II. 方法

1) 被検者

本研究の被検者は、定期的にサッカーのトレーニング及び試合を実施している 12 歳から 21 歳までの男性サッカー選手 112 名であった。被検者を暦年齢に基づき 2 歳ごとの年齢群 (12-13G, 14-15G, 16-17G, 18over (18 歳以上群)) に分類した。Table 1 には、各年齢群別に被検者の人数、年齢及び競技経験年数、身長および体重を示した。本研究に参加した被検者は、小・中学生は東京都内の地域サッカークラブに所属する選手、高校生は東京都内の公立及び私立高校のサッカー部に所属する選手、大学生は、関東大学サッカーリーグ 1 部に所属する選手であった。被検者とその保護者には、本研究の目的及び内容等について十分な説明を行い、本研究への任意による参加の同意を得た。また本研究は、国土舘大学体育学部研究倫理委員会の審査を受けて承認を得た後に実施した。

表 1 被検者の年齢及び身体的特性

Age group	n	Age (yrs)	Experience (yrs)	Body height (cm)	Body weight (cm)
12-13 yrs	20	13.4±0.5	6.0±1.8	159.7±7.1	45.3±6.0
14-15 yrs	19	14.7±0.4	6.7±1.8	168.9±4.8	53.7±6.5
16-17 yrs	18	16.8±0.5	8.5±2.4	169.6±5.3	60.3±7.4
18 over yrs	55	19.6±0.8	11.9±2.2	174.0±6.9	67.5±5.6

2) 身体組成の測定

被検者の身長は、身長計 (seca213, seca 社製) を用いて計測した。体重は、体組成測定装置 (BODY FAT ANALYZER, TBF-110, TANI-TA 社製) を用いて測定した。

3) 大腿部筋厚の測定

超音波 B モード法 (安部 1995, 福永ら 1989b) により大腿部の筋横断面厚 (筋厚) を測定した。筋厚の測定には、超音波診断装置 (SSD-900, ALOKA 社製) を用いて超音波発振周波数 7.5MHz を用いた。測定部位は、各被検者の利き脚における大腿長の近位 30%, 50% 及び 70% に相当する部位における前面計 3 部位を対象とした。分析の対象とした筋は、大腿前面に位置する大腿直筋および中間広筋とした (図 1)。筋厚は、皮下脂肪組織と筋組織との境界を示す反射波から各筋の境界面および大腿骨までの距離を 0.1mm 単位で記録し、この値を本研究における計測値とした。

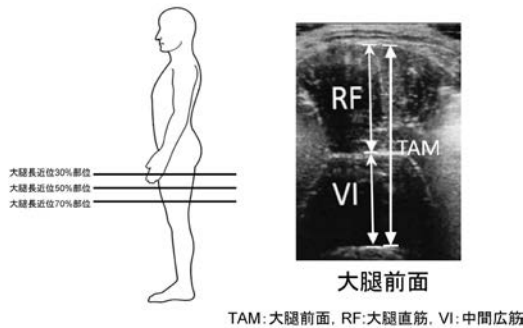


図 1 本研究の筋厚測定の対象とした部位と大腿部の筋

4) 統計処理

各測定項目の値は、全て平均値±標準偏差値で示した。大腿部筋厚における年齢群間差及び部位による差の検定は、二元配置分散分析を行い、要因に有意な主効果が認められた場合には、Bonferoni 法による post-hoc test を用いて差の検定を実施した。いずれも有意水準は、5% 未満 ($p < 0.05$) とした。

III. 結果

1) 年齢群別にみた大腿部筋厚の部位差

表 2 に男子サッカー選手における大腿前部の部位ごとの筋厚を年齢群別に示した。大腿前部では、全ての年齢群において 30% 部位が、他の部位 (50% および 70% 部位) よりも有意に高値を示した (図 2a)。大腿前部の筋である大腿直筋および中間広筋においても同様の結果がみられた (表 3 および図 2b, c)。つまり、大腿直筋では、全年齢群において 30% が他の部位 (50% および 70% 部位) よりも有意に高値を示し、中間広筋では、全年齢群において 30% 部位が 70% 部位よりも有意に高い値を示した。

表 2 男子サッカー選手における年齢群別にみた大腿前面の筋厚

部位	筋厚 (mm)			
	大腿前面			
	12-13 yrs	14-15 yrs	16-17 yrs	18 over yrs
30%	47.8±4.0	52.6±5.4	59.1±6.6	65.0±5.4
50%	41.8±4.6*	45.6±4.9*	50.9±6.6*	57.2±5.2*
70%	29.3±3.8*#	32.4±5.2*#	36.9±6.0*#	42.9±5.8*#

*.VS30%, #.VS50% (Significant difference : $p < 0.05$)

表 3 男子サッカー選手における年齢群別にみた大腿直筋及び中間広筋の筋厚

部位	筋厚 (mm)							
	大腿直筋				中間広筋			
	12-13 yrs	14-15 yrs	16-17 yrs	18 over yrs	12-13 yrs	14-15 yrs	16-17 yrs	18 over yrs
30%	27.5±3.2	29.5±3.3	33.2±2.9	32.7±3.6	20.2±2.4	23.1±3.9	25.8±5.0	32.4±5.9
50%	23.7±3.0*	26.6±3.1*	28.0±3.8*	30.0±2.4*	18.1±2.7*	19.0±3.1*	22.9±3.5	27.1±4.7*
70%	13.8±3.2*#	15.5±3.9*#	16.6±3.4*#	19.6±3.0*#	15.5±2.8*#	16.9±3.6*	20.3±4.9*	23.3±4.6*#

*.VS30%, #.VS50% (Significant difference : $p < 0.05$)

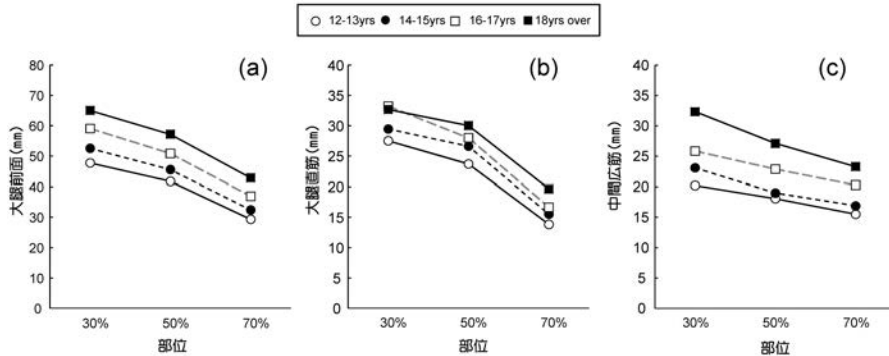


図2 男子サッカー選手における年齢群別にみた大腿前面，大腿直筋および中間広筋の筋厚

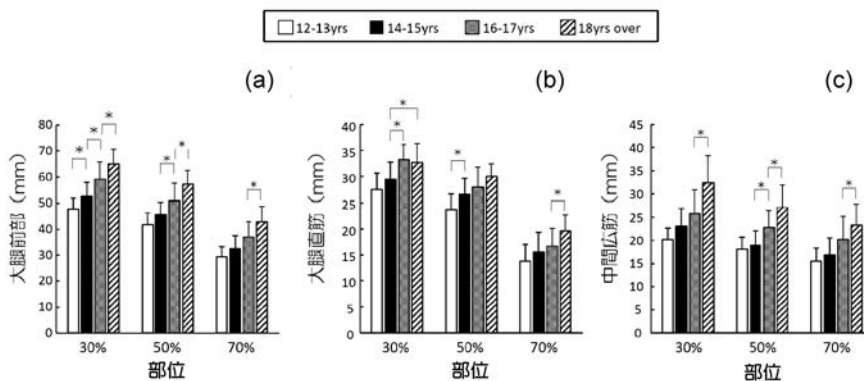


図3 男子サッカー選手における大腿部各筋の部位別にみた筋厚の発育

2) 大腿の部位別にみた筋厚の発育

図3は、大腿前部、大腿直筋および中間広筋の部位別にみた筋厚の発育を示したものである。各筋の筋厚は、ほぼすべての部位において年齢に伴って増加する傾向が認められたものの、大腿直筋の30%部位においては、16-17歳群以降の年齢においては年齢に伴う筋厚の増加は確認されなかった。大腿前部は、30%部位ではすべての年齢群間において、50%部位では14-15歳群以降の群間において、70%部位では16-17歳群と18歳以降群の間において有意な増加が示された(図3a)。大腿前部の筋である大腿直筋の30%部位では、12-13歳群から16-17歳群まで筋厚は増大し、14-15歳群と16-17歳群間に有意な増大が認められた。しかし、18歳以上群の値は、16-17歳群とほぼ等しくなっていた。また、50%部位では12-13歳群と

14-15歳群間に有意な増加が示され、70%部位では16-17歳群と18歳以上群の間において有意な年齢群間差が認められた(図3b)。また、中間広筋においては、30%および70%部位では16-17歳群と18歳以降群の間において、50%部位では14-15歳群以降の各群間において有意な年齢群間差が認められた(図3c)。

IV. 論議

1) 年齢群別にみた大腿部筋厚の部位差

サッカー選手において大腿部の筋は、ボールを蹴るといった動作のみならず、ジャンプ、スプリント、方向転換といった主要な動作において主動的な役割を担っている筋である。サッカー選手における大腿部筋肥大の要因について星川ら(2006)は、サッカー選手の除脂肪体重や大

腿部全筋断面積の増大は、自然な成長にサッカーの練習を主としたトレーニングの効果が加わるものと考えられ、身長が終了した後にも継続的なトレーニングにより全身、大腿部いずれにおいても筋を大きくしているあるいは大きくしないと高いレベルを維持出来ないことを指摘している。従って、サッカー選手における大腿部筋の肥大は、高いパフォーマンスを発揮するための重要な要素の1つであると考えられる。本研究において、各筋厚における部位による差を年齢群別に検討したところ、大腿前面においては、近位側(30%部位)がすべての年齢群において他の部位(50%および70%部位)よりも有意に大きい値を示した。さらに、大腿前面を構成している筋のうち、大腿直筋は、近位側(30%部位)が他の部位よりも有意に大きかった。これは、サッカー選手の大腿部の筋量は、大腿全体にわたって大きい、特に近位部および中央部における大腿直筋の断面積が大きいとする勝田ら(1993)の先行研究を支持するものであった。さらに本研究の中間広筋では近位側(30%部位)が遠位側(70%部位)よりも有意に大きい値を示したことから、サッカーのトレーニングの継続は、年齢を問わず大腿伸筋群の近位側の筋を大きくさせる可能性があるものと考えられた。

2) 大腿の部位別にみた筋厚の発育

発育期においては、成人に至るまで年齢の上昇に伴って身体各部位における各組織の重量は、増加することがよく知られている。また、これまでの発育期における大腿部筋の発育についての先行研究(福永ら1989a)では、男子の12歳以降における筋断面積の急激な増加が報告されている。これは、テストステロンの増加を起因とした第二次性徴の影響によるものであり、思春期中に認められる身体各部位における急激な成長現象は、思春期スパート(保志1988)と呼ばれる。本研究で計測した大腿部各部位における筋厚の年齢に伴う変化を見ると、

いずれの筋においても発育に伴う筋厚の増大傾向が確認されたものの、各筋の大腿長軸における各部位(近位30%、50%及び70%)の違いによって、発育の著しい時期は異なっていた。一般児童の発育期における大腿前面の筋厚について計測しているFukunaga et al. (2014)の報告(近位50%部位, 13歳: 40.0 ± 5.0 mm, 14歳: 46.0 ± 5.0 mm)では、本研究における計測結果(12-13歳群: 41.8 ± 4.6 mm, 14-15歳群: 45.6 ± 4.9 mm)とほぼ同様の値であった。一方、本研究の結果において、先の報告と同一の部位(近位50%部位)において年齢によって有意差が認められたのは14-15歳以降の各年齢群間であり、さらに、大腿前面においては、中央部のみならず、近位部および遠位部においても16-17歳群と18歳以上群との間で有意な差が認められた。このことから、サッカー選手における大腿前面の筋厚は、思春期以降の年齢においても増大することが確認されたと言える。発育期サッカー選手の大腿部筋厚(近位50%部位)の相対発育について検討した手島と角田(2011)によると、身長の相対発育からみた大腿部の筋厚発育の急増現象は、身長約157.3cm、年齢約13.5歳を境に始まり、その後、身長の伸びが止まっても年齢と共に筋厚増加は継続し、一般児童の大腿部筋の発育において観察された思春期発育スパート後の発育停滞がサッカー選手では認められなかったことから、サッカー選手における大腿部筋厚の発育スパート開始は自然発育によるところが大きく、それ以後の筋厚増加の継続現象についてはサッカートレーニング及び筋力トレーニングの影響を少なからず受けている可能性がある旨を指摘している。このことから、男子サッカー選手においては、思春期後半から成人に至る過程において、大腿の前面の近位から遠位にかけて徐々に大腿部全体を大きくしている可能性が唆された。一方で、大腿前面の筋を構成している筋群の一部である大腿直筋と中間広筋の筋厚の年齢に伴う変化を見ると、中間広筋ではすべての

部位において16-17歳群と18歳以上群の間に有意な差が認められたが、大腿直筋では遠位部を除いて同一の年齢群間に有意差は認められなかった。このことから、サッカー選手は、思春期の後半以降から成人にかけて大腿部全体の筋量が増加させていくが、大腿前面を構成する各筋は同一の時期に肥大しているわけではなく、筋の種類や部位によって肥大する年齢が異なる可能性があると考えられた。

本研究では、大腿部各筋の部位別にみた年齢群間当りの増加率を算出した(図4)。この増加率は、前の年齢群に対する変化の割合を示したものである。この年齢に伴う年齢群間当りの筋厚増加率を比較すると、部位間で増加の推移は異なっていた。大腿直筋では最大の筋厚を示した近位部の増加率が13-14歳群で7%、16-17歳群で12.8%を示して頭打ちとなり、18歳以上群ではむしろ減少に転じている(図4b)。一方、中央部および遠位部での増加率は5~15%の間にあり、18歳以上群でも減少することなく増加を示している。中間広筋では、中央部および遠位部における筋厚の増加率が16-17歳群でピークを示した後、減少したのに対し、近位部では18歳以上群において著しい増加(25.2%)が示された(図4c)。したがって、年齢に伴う大腿直筋の筋厚増加率は部位間で異なり、特に18歳以降における部位差が大きいものと考えられた。これらの大腿部各筋の部位別にみた年齢群間当りの増加率の結果を考慮すると、本研究において確認された大腿前面における近位

部の筋厚の肥大は、大腿直筋よりも中間広筋の肥大によってもたらされた可能性が大きいといえる。これまで、サッカー選手の大腿伸筋群における形態的な特徴としては、あらゆる競技種目の中でも大腿四頭筋に占める大腿直筋の筋断面積の割合が大きいこと、さらに大腿全体にわたって筋量が多く、近位部および中央部における大腿直筋の断面積が大きいことが報告されてきたが、中間広筋の肥大についての報告は殆ど見当たらない。本研究の結果においても14-15歳群以降、近位部(30%部位)で大腿直筋が肥大する傾向が確認されたものの、中央部(50%部位)では、思春期後半以降の年齢群間差が認められなかったことから、サッカー選手の大腿直筋は、思春期後半にはすでにある程度の肥大を来しており、さらに大腿部全体の筋を増大していく過程において日常のトレーニングによって選択的に中間広筋が肥大していくのであろうと推察された。大腿伸筋群の解剖学的な働きとして、大腿四頭筋のうち大腿直筋は、腸骨の下前腸骨棘を起始部、脛骨粗面を停止部とする2関節筋であり、股関節屈曲および膝関節伸展に働くが、股関節屈曲時には膝伸展力へ関与が小さくなる。一方、大腿直筋の下層に位置する中間広筋の起始は、大腿骨上部前面を起始、脛骨粗面を停止とする単関節筋であり、股関節屈曲時には膝関節の伸展に貢献できる筋と言える。齋藤ら(2011)は、等尺性股関節屈曲筋力を測定し、その際の中間広筋の筋活動を評価ところ、股関節屈曲によって生じた大腿直筋の筋収縮

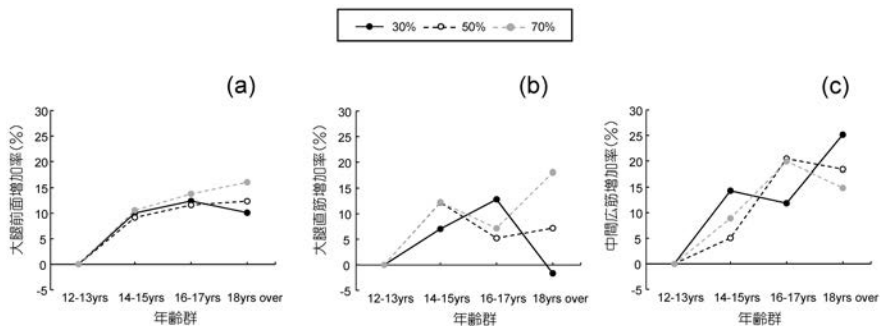


図4 男子サッカー選手の大腿部各筋の部位別にみた筋厚の増加率

は、膝関節伸展のみに作用するはずの中間広筋の筋活動を誘発させたことから、神経性あるいは力学的な相互作用が影響している可能性について言及している。また、ランニング中の筋電図を取得した Montgomery et al. (1994) によると、ミドルスイング期の股関節屈曲動作時に中間広筋において最大収縮時の約 17% に相当する筋放電が認められたことが報告されている。さらに、これらの先行研究の知見と合わせて、サッカーの主たる動作であるボールキック動作時には、蹴り脚の股関節最大伸展位および膝関節最大屈曲位以降のフォワードスイングの局面において、ボールインパクトにかけて股関節の屈曲および膝関節の伸展動作がみられる (Cerrah et al. 2011) という報告を併せて考えると、本研究の思春期後半以降に大腿直筋を上回る中間広筋の肥大がみられた理由としては、サッカーのトレーニングや試合におけるキック動作時に膝関節伸展や股関節屈曲を繰り返していることが関係しているのではないかと考えられる。この点については、サッカーのキック動作中の大腿を構成する筋ごとの活動量も合わせて検討する必要があると考えられた。

V. 結論

本研究では、男子サッカー選手における部位別（近位部、中央部および遠位部）にみた大腿部筋厚の形態特性とその発育を明らかにすることを目的とした。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) 大腿各部位の筋厚は、年齢とともに増大するが、大腿前面を構成する大腿直筋および中間広筋では、30% 部位の筋厚が他の部位よりも有意に高く肥大していることが示された。

2) 思春期の後半以降から成人にかけて大腿部全体の筋量が増加するものの、大腿前面を構成する各筋は同一の時期に肥大しているわけではなく、筋の種類や部位によって肥大する時期は異なる可能性が示された。

3) 大腿前面の筋厚は、年齢に伴って各部位が増加し続けているにもかかわらず、大腿前面を構成する筋のなかでも、18 歳以降の年齢においては、近位部の中間広筋の肥大が著しく、大腿直筋の筋厚の増大が停滞していたことから、思春期後半以降において、サッカー選手は日常のサッカートレーニングにより中間広筋を肥大させることで、大腿部の筋を肥大させている可能性が推察された。

これらのことから、男子サッカー選手における大腿伸筋群の筋厚の発育は、近位部で著しく、筋の種類及び部位によってその発育は異なる傾向を示すこと、さらに身長が発育がほぼ終了した後においては、大腿部全体の筋を大きくしながら、特に近位側の中間広筋を肥大させている可能性が示唆された。

利益相反自己申告：申告すべきものはなし

文 献

- 秋間広, 久野譜哉, 西嶋尚彦, 丸山剛生, 松本光弘, 板井悠二, 下條仁志, 勝田茂: NMR による国内一流サッカー選手の筋エネルギー代謝および筋横断面積の検討. 体力科学, **41**: 368-375, 1992.
- 安部孝, 福永哲夫: 日本人の体脂肪と筋肉分布. 東京, 杏林書院, 1995.
- Baxter-Jones, A.D., Eisenmann, J.C., Mirwald, R.L., Faulkner, R.A., Bailey, D.A.: The influence of physical activity on lean mass accrual during adolescence: a longitudinal analysis. *J. Appl. Physiol.*, **105**(2): 734-741, 2008.
- Cerrah, A.O., Gungor, E.O., Soylu, A.R., Ertan, H., Lees, A., Bayrak, C.: Muscular Activation patterns during the Soccer In- Step Kick. *Isokine. Exerc. Sci.*, **19**: 181-190, 2011.
- Detter, F., Nilsson, J.A., Karlsson, C., Dencker, M., Rosengren, B.E., Karlsson, M.K.: A 3-year school-based exercise intervention improves muscle strength - a prospective controlled population-based study in 223 children. *BMC Musculoskelet. Disord.*, **15**: 353, 2014.
- 福永哲夫, 金久博昭, 角田直也, 池川茂樹: 発育期

- 青少年の体肢組成. 人類学雑誌, **97**: 51-62, 1989a.
- 福永哲夫, 松尾彰文, 石田良恵, 角田直也, 内野滋雄, 大久保真人: 超音波 B モード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討. 超音波医学, **16**(2): 170-177, 1989b.
- Fukunaga, Y., Takai, Y., Yoshimoto, T., Fujita, E., Yamamoto, M., Kanehisa, H.*: Effect of maturation on muscle quality of the lower limb muscles in adolescent boys. *J. Physiol. Anthropol.*, **33**: 30, 2014.
- 藤本浩一, 勝田 茂: 子どものスポーツトレーニングと筋組成. 体育の科学, **43**(9): 710-718, 1993.
- 保志 宏: ヒトの成長と老化 - 発生から死に至るヒトの一生 -. てらべいあ, 東京, 1988.
- 星川佳広, 飯田朝美, 村松正隆: サッカー選手の大腿部筋断面積の横断的, 縦断的变化. トレーニング科学, **18**(2): 115-127, 2006.
- 星川佳広, 飯田朝美, 村松正隆, 中嶋由晴: サッカー選手における膝関節伸張・屈曲トルクと大腿部筋体積の年齢変化. 体育学研究, **52**(3): 431-442, 2007.
- Hoshikawa, Y., Iida, T., Muramats, M., Nakajima, Y., Fukunaga, T., Kanehisa, H.*: Differences in thigh muscularity and dynamic torque between junior and senior soccer players. *J. Sports Sci.*, **27**(2): 129-138, 2009.
- 池袋敏博, 久保啓太郎, 小室輝明, 矢田秀昭, 金久博昭, 角田直也: 膝伸筋群および足底屈筋群の協働筋における発育に伴う筋厚変化. 発育発達研究, **44**: 8-15, 2009.
- 伊藤静夫: ジュニア期のスポーツトレーニングによる身体の特異的発達. 体育の科学, **48**(9): 17-722, 1998.
- 勝田茂, 久野譜也, 板井悠二. MRI による一流アスリートの大腿部筋組成. 体育科学系紀要, **16**: 107-119, 1993.
- Masuda, K., Kikuhara, N., Takahashi, H., Yamanaka, K.*: The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *J. Sports Sci.*, **21**: 851-858, 2003.
- Montgomery, W.H., Pink, M., Perry, J.*: Electromyographic analysis of hip and knee musculature during running. *Am. J. Sports Med.*, **22**(2): 272-278, 1994.
- Narici, M.V., Roi, G.S., Landoni, L., Minetti, A.E., Cerretelli, P.*: Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.*, **59**(4): 310-319, 1989.
- Narici, M.V., Hoppeler, H., Kayser, B., Landoni, L., Claassen, H., Gavardi, C., Conti, M., Cerretelli, P.*: Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta. Physiol. Scand.*, **157**(2): 175-186, 1996.
- 手島貴範, 角田直也: 身長の相対発育からみた男子サッカー選手の大腿部筋厚発育とボールキック能力の発達. 体力科学, **60**: 195-205, 2011.
- 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫, 近藤正勝, 池川繁樹: 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特異性. 体力科学, **35**: 192-199, 1986.
- 齋藤輝, 渡邊航平, 秋間広: 等尺性股関節屈曲運動時の大腿直筋の筋収縮が中間広筋の筋活動に及ぼす影響. トレーニング科学, **23**(3): 287-295, 2011.