3-8才児における下肢筋厚の発育と性差

船津 京太郎¹, 村木 里志², 綱分 憲明³

Growth and gender differences of lower limb muscle thickness in children aged between 3 and 8 years old

Kyotaro Funatsu¹, Satoshi Muraki² and Noriaki Tsunawake³

¹九州共立大学スポーツ学部, 〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8 (*Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University, 1-8 Jiyugaoka, Yahatanisi-ku, Kitakyushu, Fukuoka 807-8585, Japan*)

²九州大学大学院芸術工学研究院, 〒815-8540 福岡県福岡市南区塩原4-9-1 (*Faculty of Design, Kyushu University, 4-9-1 Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka, Fukuoka 815-8540, Japan*)

³長崎県立大学, 〒851-2195 長崎県西彼杵郡長与町まなび野1-1-1 (*University of Nagasaki, 1-1-1 Manabino, Nagayo-chou, Nishisonogi, Nagasaki 851-2195, Japan*)

Received: April 23, 2012 / Accepted: August 21, 2012

Abstract The purpose of this study was to compare age and gender differences of lower limb muscle thickness among healthy young children. Five hundred and sixty-one healthy young children aged 3 to 8 years old (284 boys and 277 girls) participated in this study. Anterior thigh, posterior thigh, and calf muscle thicknesses (MTa, MTP, MC) were determined using a B-mode ultrasound. The thickness of each muscle increased significantly as age increased, except in the MTa in the 5-year-old boys' group. A significant main effect was found in MTa, and there was a higher value in girls than boys, except in the 4-year-old group. A significant age $\times$ gender interaction was also observed in MTa, with higher values found in boys than girls, except in the 3- and 5-year-old groups. There was no significant gender difference in MC. In addition to the Mt/Tmt ratio, the ratio of each muscle thickness to the total amount of MTa, MTP, and MC was calculated. As a result, in girls, the Mt/Tmt ratio remained constant as age increased in all muscles. On the other hand, in boys, MTa decreased and MTP increased as age increased. From these results, it was suggested that gender differences exist in lower limb muscles thickness among healthy young children aged between 3 and 8 years old. It was also suggested that the muscle development of MTa and MTP was different in boys, while lower limb muscle development in girls stayed constant.

Jpn J Phys Fitness Sports Med, 61(5): 479-486 (2012)

Keywords : muscle thickness, ultrasound, growth, gender difference

諸 言

子どもにおける身長、体重などの形態は、昔に比べて発育が早期化している。藤井ら¹⁾は、1969年から1999年の30年間に於いて男女とも年次に伴って身長の発育が早期化し、特に男子において顕著であることを報告している。一方、体力面では平成22年度の文部科学省「体力・運動能力調査結果」²⁾によると、青少年における新体力テストの殆どの種目で横ばい傾向から向上傾向に転じたところが見られ、合計点はすべての年代において平成10～22年度の中で過去最高になったと報告されている。しかし、体力・運動能力の推移を長期的に見た場合、体力水準が高かった昭和60年代と比較すると依然低い水準であり、形態は早熟であるが体力は低い状況が続いて

いる。子どもの体力の低下の背景には外遊びのための環境の不足、あるいはゲーム、テレビ、ビデオなどの屋内型遊びの増加が考えられ、いずれも子どもたちの身体活動量を減少させる要因となっており、結果的に体力低下を引き起こしていると考えられている³⁾。

このような生活習慣と体力との関連を報告した例^{4,5)}は多い。しかし、それらは種々の体力測定を行って、定量的運動能力と生活習慣との関係を検討している例が殆どである。体力は運動を発現する筋の機能との関連が深く、また、筋の量的な発達には発揮される力やパワーにも影響を及ぼす⁶⁾。したがって、形態と同様に筋の量的な発育様相を捉え、体力の発達と関連づけることが重要と思われる。また、下肢筋群は、歩行、走行などの基本的な身体活動を行う上で重要な役割を果たす部位であり、

その発育様相を知ることが運動プログラムを作成する上できわめて重要であると考えられる⁷⁾。しかし、筋の量的な発育と体力の関係についての報告は少ない。

近年では超音波法を用いて筋の量的指標である筋厚を測定した例⁸⁻¹²⁾が多くみられ、その妥当性も確認されている^{13,14)}。超音波法を用いて子どもの筋厚を測定した例では、Heckmatt et al.¹⁵⁾が、0-12歳の子どもの大腿四頭筋の筋厚を測定し、筋厚は年齢と共に増加するが、それぞれの年齢において男女差はなかったと報告している。しかし各年齢性別の対象者が5名から21名であり、対象者数のばらつきとその数に問題が残されている。また、子どもにおける上肢、下肢の特定の筋の筋厚は体重がコントロールされていれば、年齢、身長、性は筋厚に対して有意な影響をもたないとする報告¹⁶⁾もあるが、同様に対象者数において課題が残されていると思われる。さらに近年では石田ら⁹⁾が、生後50ヶ月から79ヶ月の幼児を対象とし、皮下脂肪厚、筋厚を測定し、皮下脂肪厚は上腕後部、腹部、大腿前部において女児が有意に高く、筋厚は月齢とは有意な正の相関があるものの男女差はなかったことを報告している。しかし、その報告の中でより大きな年齢幅を持つ被験者群を対象とした研究の必要性が述べられている。

これらの幼児、児童を対象とした研究に共通しているのは、骨格筋の量的指標である筋厚は年齢と共に増加し、性差はみあたらないという見解である。しかし、これらの報告は前述のように被験者数やその年齢幅に問題が残っており、幼児期から児童期における筋の量的発育や性差については不明な部分が多い。したがって、骨格筋の量的発育変化における性差や部位差を明らかにするにはより多くの年齢幅を持つ被験者群を対象にした研究が必要と思われる。そこで本研究においては3-8才の幼児・児童を対象として、過去の研究^{9,15,16)}よりも各年齢各性の対象者数と年齢幅を広げ、形態、および超音波法により下肢の脂肪厚、筋厚を測定し、特に筋厚に着目し幼児期から児童期前半にかけての下肢の筋の量的発育変化と性差、部位差を明らかにすることを目的とした。

方 法

被験者 本研究の被験者は3才から8才の幼児、児童である。私立J幼稚園に在籍する園児188名、総合型地域スポーツクラブLのキッズスポーツ教室に通う幼児17名、幼児を対象として北九州市と総合型地域スポーツクラブLとの協働で行った運動教室に参加した幼児83名、近隣の小学校に通う児童1-3年生が273名、計561名であった。各年齢群は3才が男児46名、女児41名、4才が男児49名、女児42名、5才が男児47名、女児41名、6才が男児42名、女児41名、7才が男児44名、女児49名、8才が男児56名、女児63名であった（Table 1）。尚、本研究は長崎県立大学倫理委員会の承認を得ている。また、測定に先立って被験者の保護者に対し、書面をもって本研究の目的、測定の方法、安全性の説明を行い、同意書を得た。各年齢、性における身体的特性の平均値と標準偏差はTable 2に示した。

形態の測定 形態は身長、体重、大腿囲、下腿囲の4項目の測定を行った。周径囲（大腿囲、下腿囲）の測定点は大腿部が大転子点より大腿長の遠位50%、下腿部は脛骨点より下腿長の遠位30%とした。また得られた身長、体重のデータからbody mass index（BMI）を算出した。周径囲は左右肢に対して測定を行い、平均値を算出した。

筋厚、皮下脂肪厚の測定 筋厚、脂肪厚はBモード超音波診断装置（SSD-900 ALOKA社製）を用いて大腿前部、大腿後部、下腿後部の測定を行った。測定時の超音波発振周波数は7.5MHzであった。測定点は周径位と同様に大腿部が大転子点より大腿長の遠位50%、下腿部は脛骨点より下腿長の遠位30%とした。測定姿勢は、周径囲は立位、筋厚、脂肪厚は大腿前部は仰臥位、大腿後部は伏臥位とした。得られた超音波画像の皮膚から皮下脂肪の筋の境界を示す反射波までの距離を皮下脂肪厚とし、皮下脂肪と筋の境界から、大腿では大腿骨まで、下腿では脛骨までを筋厚として測定した。筋厚の撮影は右肢についてのみ実施した。

Table 1. Number of participants and mean values of age and distribution of age in months.

		Age (yrs.)					
		3	4	5	6	7	8
Age (mo.)		36-47	48-59	60-71	72-83	84-95	96-107
Boys	N	46	49	47	42	44	56
	Mean age	3.5±0.3	4.4±0.3	5.4±0.3	6.6±0.3	7.5±0.3	8.5±0.3
Girls	N	41	42	41	41	49	63
	Mean age	3.6±0.3	4.4±0.3	5.6±0.3	6.5±0.3	7.5±0.3	8.5±0.3

また、筋厚については各年齢群における部位別の量的な割合として、3ヶ所の下肢筋厚の合計値(Tmt)に対する各部位の筋厚の割合(以下Mt/Tmt比)を算出した。

統計処理 全てのデータは平均値±標準偏差で示した。統計処理はIBM SPSS Statistics Version 19を用い、年齢別の形態、周径囲、筋厚、皮下脂肪厚のデータに対し年齢と性を要因とした二元配置分散分析を行い、主効果、交互作用の有無を確認した。有意な性の主効果、または年齢×性の交互作用が認められた項目についてはスチューデントのt検定を用い、各年齢群の性差の有意差検定を行った。また、全ての男女児毎のデータに対し、年齢を要因とする一元配置分散分析を行い、有意な年齢の主効果が認められた場合にはScheffeテストにより隣接する年齢間の差の検定を行った。有意水準はいずれも5%未満とした。

結 果

Table 2に身長、体重、BMIの測定結果を示す。身長、体重には有意な年齢の主効果がみられ、年齢が上がるにつれ高い値を示した。身長には有意な性の主効果も認められ、6才群において男児が有意に高い値を示した。BMIに有意な年齢の主効果が認められ、男児は5才群、女児は4才群が最も低い値を示し、それ以上の年齢群においては年齢が上がるにつれ高い値を示した。

Fig. 1に大腿囲、下腿囲の測定結果を示す。双方とも有意な年齢の主効果が認められ、年齢が上がるにつれ高い値を示した。また、大腿囲には有意な性の主効果も認められ、3、5才群で女児が有意に高い値を示した。隣接する年齢間では、大腿囲は男児は7-8才群、女児は4-5才群、6-7才群および7-8才群の間に有意差が認められた。下腿囲には有意な性の主効果は認められず、男児の5-6才群、7-8才群、女児の4-5才群、6-7才群、および7-8才群の間に有意差が認められた。

Fig. 2に大腿部、下腿部の皮下脂肪厚の測定結果を示す。大腿部、下腿部の全ての部位に有意な年齢の主効果と性の主効果が認められ、男児は5才群、女児は4才群

で最も低い値が認められ、それ以上の年齢では女児の大腿前部、下腿後部を除き年齢が上がるにつれ高い値を示した。また、大腿前部は6才群を除いて、大腿後部は5、7、8才群で、下腿後部では5才群で女児が有意に高い値を示した。なお、5才女児の皮下脂肪厚が高い値を示したことから、対象者の所属の影響を検証するため3、4、5才児を幼稚園群とスポーツクラブ群(総合型スポーツクラブ所属群および運動教室参加群)に分類し、各部位の皮下脂肪厚に対し年齢、性、所属を要因とした三元配置分散分析を行った。その結果、各部位に有意な所属の主効果および交互作用は認められなかった。

Fig. 3に大腿部、下腿部の筋厚の測定結果を示す。大腿前部、大腿後部、下腿後部の全ての部位に有意な年齢の主効果が認められ、男児の大腿前部を除けば年齢が上がるにつれ高い値を示した。また、大腿前部に有意な性の主効果と年齢×性の交互作用が認められ、4才群を除けば女児が男児よりも高い値を示し、5、7、8才群で有意差が認められた。更に、大腿後部にも有意な年齢×性の交互作用が認められ、3、5才群を除いて男児が高い値を示し、7才群で有意差が認められた。また下腿後部には有意な性の主効果、交互作用は認められなかった。隣接する年齢間では大腿前部における男児の5-6才群、大腿後部における男児の5-6才群、6-7才群、女児の4-5才群、下腿後部における男児の5-6才群、女児の4-5才群の間に有意差が認められ、男児は全ての部位に共通して5才群と6才群の間に、女児は大腿前部を除いて4才群と5才群の間に有意差が認められた。

Fig. 4にMt/Tmt比を示す。全ての部位に有意な性の主効果と年齢×性の交互作用が認められた。大腿前部は4才群を除き女児が高い値を示し、6、7、8才群で有意差が認められ、女児は一定の値を示すのに対し男児は4才群から7才群まで年齢が上がるにつれ低い値を示していた。大腿後部では3、5才群を除き男児が高い値を示し、6、7才群で有意差が認められた。女児は大腿後部も大腿前部と同様に一定の値を示すが、男児は7才まで年齢が上がるにつれ高い値を示していた。下腿後部には有意な年齢の主効果は認められず、有意な年齢×性の

Table 2. Descriptive statistics for some anthropometric characteristics by age and gender.

		Age (yrs)							ANOVA		
		3	4	5	6	7	8	Total	Age	Gen	Int
Body height (cm)	Boys	96.9±4.6	102.6±4.1	108.6±5.0	116.6±5.0	122.3±5.5	127.4±4.6	112.7±11.9	P<0.01	P<0.05	NS
	Girls	96.9±4.0	100.9±4.5	109.1±4.5	114.4±4.4*	121.6±5.1	126.4±5.2	113.0±11.8			
Body mass (kg)	Boys	14.8±1.8	16.5±2.2	18.0±2.2	21.7±4.0	24.2±4.3	27.3±4.5	20.6±5.6	P<0.01	NS	NS
	Girls	14.8±1.4	15.8±2.1	18.6±2.5	20.3±2.6	23.9±3.8	27.1±5.5	20.7±5.7			
BMI (kg/m ²)	Boys	15.7±1.1	15.6±1.5	15.3±1.6	15.9±1.8	16.1±2.0	16.8±2.4	15.9±1.8	P<0.01	NS	NS
	Girls	15.7±1.1	15.5±1.1	15.6±1.4	15.5±1.2	16.1±1.8	16.9±2.5	15.9±1.8			

Gender difference : *p<0.05

Gen : Gender Int : Interaction

Fig. 1 Growth curves in thigh and calf circumference.

Gender difference: * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Differences in age groups: Boys; # $p<0.05$, ## $p<0.01$, Girls; \$ $p<0.05$, \$\$ $p<0.05$

交互作用が認められ、8才群で男児が有意に高い値を示した。

考 察

「身長、体重、BMI、下肢周径囲、皮下脂肪厚」

本研究における身長、体重の測定値は種々の報告¹⁷⁻¹⁹⁾とはほぼ同程度を示した。また、男女ともに年齢が上がるにつれ高い値を示した。また、身長には性の主効果が認められ、6才群において男児が有意に高い値を示した。一方、BMIには男女間ならびに隣接する年齢間に有意差は認められなかったが、男女ともに3才から低下をみせ、5才でリバウンドしていた。このような6才前後でみられるBMIのリバウンド現象はAdiposity reboundとして定義されている²⁰⁾。増田と小宮²¹⁾、中尾ら²²⁾は5才児を最下点とするAdiposity reboundがみられたことを報告しており、本研究はそれらの報告を支持する結果となった。

大腿囲、下腿囲は年齢が上がるにつれ直線的に高い値を示し、大腿囲には性の主効果が認められ、女子が高い

Fig. 2 Growth curves on skinfold thickness.

Gender differences: * $p<0.05$, ** $p<0.01$

値を示した。一方、下腿囲には性差は認められなかった。また、周径囲を構成する要素の一つである皮下脂肪厚は全ての部位に有意な性の主効果が認められ、女兒が高い値を示し性差が認められた。さらに、皮下脂肪厚の変化はBMIと類似していた。増田と小宮²¹⁾は、BMI reboundはSFM（皮下脂肪量）が関与していると指摘しており、本研究で認められたBMIのリバウンドは皮下脂肪厚が関与していると考えられる。また、本研究の大腿囲における性差は女兒の高い皮下脂肪厚が影響していると思われる。

Fig. 3 Growth curves in muscle thickness.
Gender differences: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$
Difference in age groups: Boys: # $p < 0.05$,
$p < 0.01$, Girls: \$ $p < 0.05$, \$\$ $p < 0.01$

Fig. 4 Growth curves in the ratio of each muscle thickness to the total amount of thigh anterior, thigh posterior, and calf.
Gender differences: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Taylor et al.²³⁾は本研究と同じ年齢幅の男女40人の体脂肪率を測定し、女兒が有意に高い値を示したことを報告している。また、乙木ら²⁴⁾は同じBMIの3-6才の子どもを対象として身体組成およびその性差を検討し、男女間では総体脂肪量や体脂肪率に有意な差はないものの皮下脂肪厚はほとんどの年齢で女兒が有意に高かったことを報告している。本研究においてもBMIに性差は認められず、大腿部と下腿部の皮下脂肪厚は乙木ら²⁴⁾と同様

に女兒が有意に高い結果となった。これらのことから、幼児期から児童期前半における下肢の皮下脂肪厚には性差が存在することが示された。

「下肢筋厚」

石田ら⁹⁾は本研究と同じ部位の筋厚を測定しているが、対象者の年齢幅は50-79ヶ月(4.2-6.6才)である。その年齢幅においては、下肢の筋厚は月齢と有意な正

の相関を示しており、年齢が上がるにつれ高い値を示している。しかし、石田ら⁹⁾やHeckmatt et al.¹⁵⁾の報告では有意な性差、部位差は認められていない。さらに、Scholten et al.¹⁶⁾は、子どもの筋厚は体重と密接な関係があり、体重がコントロールされていれば年齢、身長、性は筋厚に有意な影響を与えるものではないと指摘している。

本研究は石田ら⁹⁾の研究より年齢幅を広げ、3-8才までを対象とした。その年齢幅では下肢の筋厚は男女児ともに全ての部位に有意な年齢の主効果が認められ、石田ら⁹⁾と一致する。部位別では、大腿前部では4才群を除けば女兒が高い値を示した。一方、大腿後部は大腿前部とは対照的に3、5才群を除けば男児が女兒より高い値を示した。熊川と角田²⁵⁾は10才から22才までの男女スピードスケート選手の大腿部の筋厚を横断的に測定しているが、大腿前部の筋厚に性の主効果や年齢×性の交互作用は認められていない。しかし、14才以下の全ての年齢群では本研究と同様に女子が高い値を示しており、男子が女子より高い値を示すのは15才以上の年齢群である。また、大腿後部には性の主効果が認められ男子が有意に高い値を示しており、本研究と一致する。これらのことから、本研究の年齢幅における大腿部の筋の量的発育には性差が存在すると思われる。

下腿後部筋厚には性差は認められなかった。Tanner et al.²⁶⁾は、X線を用いた3-8才児を対象とした測定から、11才以前においては下腿部の筋厚に性差はなかったことを報告している。また、Kanehisa et al.²⁷⁾は日本人の4つのグループ(7-9才、10-12才、13-15才、16-18才)を対象として下腿部の筋断面積を測定しているが、7-9才、10-12才では男女差は認められておらず、13-15才以降に明白な性差が出現することを報告しており、本研究における筋厚の測定結果と一致する。下腿部は大腿部と異なり、幼児期から児童期にかけては筋厚の性差が現れにくいことが示唆される。

筋厚においては男児5-6才群、女兒4-5才群の差が顕著であり、差が現れる時期に男女児間に1年程度のずれが生じていた。身長における横断的発育データの中で、出生から思春期急増開始年齢まで、発育速度の減少が続く過程で僅かな速度の上昇が指摘されたスパート事象はmid-growth-spurt (MGS)と呼ばれている²⁸⁾。MGSについては様々な報告^{1,28-32)}があるが、Bock³⁰⁾は思春期にみられる発育スパートの以前にも男女ともに発育速度が一時的に上昇する時期があることを指摘している。その時期は、男児が4才を過ぎてから始まり7才でピークを迎え、女兒は4才以前から始まり6才以前でピークを迎えている。Molinari et al.³²⁾は、MGSは骨格の一時的な発育割合の増加によるものとし、脂肪や筋組織の発育にもMGSが存在する可能性を示している。しかも、女兒

が男児より約1年早く出現すると報告している。これらのことから、本研究の筋厚にみられた男児5才群と6才群、女兒4才群と5才群の差の大きさには筋のMGSが関与している可能性がある。

部位別の筋の量的割合の指標であるMt/Tmt比は、大腿前部では女兒は各年齢群で一定の値を示すのに対し、男児は年齢の主効果が認められ、4才群を境に低下する傾向にあった。一方、大腿後部も女兒は大腿前部と同様に一定の値を示すが、男児は年齢の主効果が認められ、年齢が上がるにつれ増加する傾向にあった。しかし、下腿後部においては男児、女兒とも大腿部と比較して一定の割合を示している。このことから、本研究の対象者の年齢幅では女兒は下肢筋群の部位が異なっても発育速度が一定であるのに対し、男児は児童期前半に大腿前部の発育速度が減少し、大腿後部の発育速度が増加する可能性が示唆された。また、これは大腿部筋厚において男児が大腿後部、女兒が大腿前部に高い値が認められた原因と思われる。池袋ら⁷⁾は男性の中学生から成人に至るまで、下肢筋群においては発育に伴う体重の1/3乗当たりの筋厚の変化には筋群や協働筋の中にも差があることを報告しており、思春期以降は筋により成長スピードが異なることを示唆している。また、金久ら³³⁾は、身長をXとし、身長を基準とする種々の筋の筋断面積をYとして、その関係をアローメトリー式 $Y=bX^a$ の係数aから検討し、筋は幾何学的に相似形で発育していないことを示している。本研究においても男児の下肢筋厚には発育の部位差がみられ、第2次性徴期以前にも筋の量的発育速度の部位差が存在すると考えられる。

「今後の研究課題と展望」

本研究において認められた大腿部筋厚における性差の原因は、内在的に備わっている発育の性差だけでなく、日常生活での下肢の筋群に与える負荷量の差が考えられる。また、下肢の筋は代表的な運動能力の一つである疾走能力に大きく影響する。その一方でその疾走能力には性や年齢による違いがみられる³⁴⁾。このことから、下肢筋厚の発育と疾走能力との関係は興味深いところである。

結 論

本研究は3才から8才までの子どもを対象とし、幼児期から児童期前半にかけての形態、および下肢の筋の量的発育変化の性差、部位差を明らかにすることを目的とした。その主な結果は以下の通りである。

- 1) 下肢の皮下脂肪厚は女兒において有意に高い値を示し、性差が認められた。
- 2) 下肢筋厚には有意な年齢の主効果が認められ、年齢と共に増加した。
- 3) 大腿部筋厚は、児童期前半において男児は大腿後部、

女兒は大腿前部でより高い値が観察され、発育の性差が認められた。

- 4) 下肢筋厚の部位別の発育量は、女兒は全ての部位において一定の速度で発育するのに対し、男児は児童期前半から大腿前部の速度が低下し、大腿後部の速度が上昇することが示され、男児の下肢筋群の間には発育の部位差が存在した。
- 5) 下肢筋厚において、男児5-6才、女兒4-5才にかけての発育量が他の隣接する年齢間のそれより大きかった。したがって、幼児期における筋の量的な発育に男女間に1年程度のずれが生じることが示唆された。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費 (NO.23650435, NO24500687) の助成を受けたものである。

文 献

- 1) 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 酒井俊郎: 幼児の体格・運動能力の発育・発達における年次変化に関する検証, 体力科学, 55: 489-502, 2006.
- 2) 文部科学省スポーツ・青少年局: 平成22年度体力・運動能力調査報告書, 2011.
- 3) 中野貴博, 春日晃章, 村瀬智彦: 生活習慣および体力との関係を考慮した幼児における適切な身体活動量の検討, 発育発達研究, 46: 49-58, 2010.
- 4) 鈴木宏哉, 西嶋尚彦, 鈴木和弘: 小学生における体力の向上に関連する基本的な生活習慣の改善: 3年間の追跡調査による検証, 発育発達研究, 46: 27-36, 2010.
- 5) 笹山健作, 沖嶋今日太, 水内秀次, 足立稔: 小学生の日常生活における身体活動量と体力との関連性, 体力科学, 58: 295-304, 2009.
- 6) Rajala GM, Neuman DA, Foster C, and Jensen RH. Quadriceps Muscle Performance in Male speed Skaters. *J Strength and Cond Res* 8(1): 48-52, 1994.
- 7) 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.
- 8) Binzoni T, Bianchi S, Hanquinet S, Kaelin A, Sayegh Y, Dumont M, and Jequier S. Human gastrocnemius medialis Pennation Angle as a Function of Age: From Newborn to the Elderly. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 20(5): 293-298, 2001.
- 9) 石田良恵, 萩裕美子, 鈴木志保子, 金久博昭: 生後50ヶ月から79ヶ月の幼児の皮下脂肪厚と筋厚, 日本生理人類学会誌, 12(2): 99-103, 2007.
- 10) Ishida Y, Kanehisa H, Kondo M, Fukunaga T. Body Fat and Muscle Thickness in Japanese and Caucasian Females. *Am J human biol* 6: 711-718, 1994.
- 11) 大淵修一, 新井武志, 小島基永, 河合恒, 小島成実: 超音波測定による大腿前面筋厚と膝伸展筋力の関係, 理学療法科学, 24(2): 185-190, 2009.
- 12) Schmidt R, Voit Th. Ultrasound Measurement of quadriceps Muscle in the first Year of Life. Normal Values and Application to Spinal Muscular Atrophy. *Neuropediatrics* 24: 36-42, 1993.
- 13) 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, *Jpn J Med Ultrasonics*, 16(2): 170-177, 1989.
- 14) Miyatani M, Kanehisa h, Ito M, Kawakami Y, Fukunaga T. The accuracy of volume estimating using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. *Eur J appl Physiol* 91: 264-272, 2004.
- 15) Heckmatt JZ, Pier N, Dubowitz V. Measurement of Quadriceps Muscle Thickness and Subcutaneous Tissue Thickness in Normal Children by Real-Time Ultrasound Imaging. *J Clin Ultrasound* 16: 171-176, 1988.
- 16) Scholten RR, Pillen S, Verrips A, and Zwarts MJ. Quantitative ultrasonography of skeletal muscle in children: normal values. *Muscle Nerve* 27: 693-698, 2003.
- 17) 厚生労働省: 平成21年国民健康・栄養調査報告書, 2010.
- 18) 文部科学省生涯学習政策局: 平成22年度学校保健統計調査, 2011.
- 19) 首都大学東京体力標準値研究会: 新・日本人の体力標準値II, 2007.
- 20) Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempe M, Guilloud-Bataille M, and Patois E. Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *AM J Clin Nutrition* 39: 129-135, 1984.
- 21) 増田隆, 小宮秀一: 日本人幼児におけるBMI reboundと身体組成の関係, 肥満研究, 9: 284-289, 2003.
- 22) 中尾武平, 大柿哲朗, 斎藤篤司, 小宮秀一: 日本人小児の(3-11歳)の身体組成指数の検討, 健康科学, 30, 19-25, 2008.
- 23) Taylor RW, Gold E, Manning P, and Goulding A. Gender differences in body fat content are present well before puberty. *Int J Obes* 21: 1082-1084, 1994.
- 24) 乙木幸道, 小宮秀一, 寺本圭輔, 増田隆, 宇部一: 日本人3-6歳児の体脂肪分布に関する性差, 体力科学, 48: 641-650, 1999.
- 25) 熊川大介, 角田直也: 相対発育から見たスピードスケート選手の滑走速度と大腿部の筋厚及び無酸素性パワーの発達, 体力科学, 57: 119-130, 2008.
- 26) Tanner JM, Hughes PCR, and Whitehouse RH. Radiographically determined widths of bone muscle and fat in the upper arm and calf from age 3-18 years. *Ann Hum Biol* 8(6): 495-517, 1981.
- 27) Kanehisa H, Yata h, Ikegawa S, Fukunaga T. A cross-sectional study of the size and strength of the lower leg muscle during growth. *Eur J appl Physiol* 72: 150-156, 1995.
- 28) 藤井勝紀: 身体発育現象としてのmid-growth-spurtの検証, 体育学研究, 47: 347-359, 2002.
- 29) Berkey CS, Reed RB, and Valadian I. Midgrowth spurt in height of Boston children. *Ann Hum Biol* 10(1): 25-30, 1983.
- 30) Bock RD, Thissen A. Statistical problem of fitting individual growth curve. *Human Physical Growth and Maturation* (Johnston FE, Roche AF, and Susanne C, eds.), Plenum Press, New York, 265-290, 1980.

- 31) Gasser T, Muller HG, Kohler W, Prader A, Largo R, Molinari L. An analysis of the mid-growth and adolescent spurts of height based on acceleration. *Ann Hum Biol* 12(2): 129-148, 1985.
- 32) Molinari L, Largo RH, Prader A. Analysis of the growth spurt at age seven (mid-growth-spurt). *Helv paediat Acta* 35: 325-334, 1980.
- 33) 金久博昭, 角田直也, 池川繁樹, 福永哲夫: 相対発育から見た日本人青少年の筋横断面積, 人類誌, 97(1): 63-70, 1989.
- 34) 宮成凱史: 疾走能力の発達-走り始めから成人まで-, 体育学研究, 47: 607-614, 2002.