

超音波法による児童の大腿直筋矢状径の年齢変化について

高橋 彬・赤池 英和・佐藤 広徳・松浦 孝明*
斉藤 健治*・奥津 賢一*

Growth of m.rectus femoris in school children measured by ultrasonic apparatus

Akira TAKAHASHI, Hidekazu AKAIKE, Hironori SATOU, Takaaki MATSUURA,
Kenji SAITOU, Kenichi OKUTSU

SUMMARY

In this study, we examined growth of m.rectus femoris in school children (89 male and 76 female Japanese children, aged 7-11 years) measured by an ultrasonic apparatus. Stature, weight, sitting height, chest girth and thigh girth (right and left) were measured and took a photograph of sectional view at anterior side of thigh.

Conclusions are summarized as follows;

1) The distance curves of stature, sitting height, chest girth and thigh girth corresponded to Scammon's general type and the distance curves for male and female began to diverge at about 9 years of age. The peaks of increment per year for female appeared earlier in two years than male.

2) The distance curves of skinfold thickness at anterior side of thigh were not similar tendency to stature and other measurements. Its peak of increment per year for female appeared at about 10 years of age and for male appeared at about 9 years of age.

3) Mean values for thigh girth in female were larger than male and the distance curve of thigh girth for female was parallel to male.

4) The distance curves of depth of m.rectus femoris seemed to be similar tendency to stature and other measurements, but its changes in year was gentler than other measurements. Increment per year for male and female decreased till about 9 years of age and then began to increase. This tendency was not similar to other measurements.

Key words: M.rectus femoris, growth, ultrasonic-method, school children

緒言

骨格筋は中胚葉から発生し、中胚葉性器官の発育はほぼ Scammon¹⁷⁾の一般型の発育経過をたどると考えられている。しかし、発育学の立場でヒトの生体における筋の発育を研究した例は少なく、多くの場合、筋の発育に伴う筋力の発達を測定し、その結果から逆に筋の発育について検討を

加えるにすぎなかった。Montgomery¹³⁾は横断的資料を用いてヒトの死体の縫工筋の筋線維数について、筋線維数の増加は生後4ヶ月まで続くがそれ以降の増加の認められないことを報告している。また、生体では尿中のクレアチニンを測定し筋重量を推定する方法で、Malina¹¹⁾が筋重量の年齢変化、および、性差について報告している。これに対し、動物を用いた顕微解剖学的分野における報告は比較的多く³⁾⁴⁾⁵⁾⁸⁾¹⁰⁾²⁴⁾、Goldspink⁶⁾は筋の

*筑波大学大学院体育研究科

長さの発育に関し筋原線維のサルコメア数の変化をマウスの腓腹筋で観察し、誕生時から5週間後までの間にサルコメア数は急増し、その後顕著な増加のないことを報告している。また、筋の太さの発育に関しては筋線維数の増加と筋線維自体が太くなることの2通りの要因が考えられている。Morpurgo¹²⁾は筋線維数の増加が誕生直後まで続くがそれ以降増加しないことを報告している。また、これに対し、筋線維数は筋のトレーニングにより増加することも報告されており⁷⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁸⁾、Gonyea²⁶⁾はネコの橈側手根屈筋を用い、19週から46週のトレーニングにより筋線維数が増加すると述べている。筋線維自体が太くなることに関しては、Goldberg¹⁾がラットの腓腹筋を用いて、14日のトレーニングにより筋線維が肥大することを報告している。しかし、これらの報告はいずれも動物実験により得られた知見であり、マクロの立場でヒトの生体の筋の発育、あるいは、筋断面積、筋の矢状径を計測し年齢変化について報告を行った例は極めて少ない。

近年開発された超音波法はX線やCT法と異なり生体に害を与えることなく内部構造を把握することが可能なことから、臨床医学、人類学、体育学等の分野に応用されつつある。福永²⁾はこの方法を用いて12才から20才の男女の筋断面積と筋力の年齢変化について報告している。また、高橋²⁰⁾は超音波法をスポーツ選手の体表解剖学的研究に用い、競技特性と筋発達の関係について報告している。高橋らの方法は、比較的短時間で集団測定が可能であり、得られる画像も鮮明であることから生体の筋の発育学的研究においても有効な手法であることは言うまでもない。

本研究では、超音波法を用いて、児童の大腿前面断層画像を撮影し、大腿直筋矢状径の年齢変化について分析・検討し、大腿直筋の発育について考察を加えることを目的としている。

対象と方法

1) 対象：調査は昭和61年10月に行い、被検者は茨城県大穂町に在住する昭和50年から昭和54年までに生まれた男女165名であり内訳は表1に示してある。また、マルチンの方法に基づき、身長、体重、胸囲、座高、および、左右大腿最大囲を計測した。大腿の周径は大腿直筋の発育との関係を検討するために特に計測したもの

Table 1 Number of subjects (Osone elementary school)

age in yaers	7	8	9	10	11	total
male	12	19	15	22	21	89
female	9	15	17	17	18	76
total	21	34	32	39	39	165

で、生体計測値とは切り離して、大腿直筋の計測結果と共に記述してある。

- 2) 超音波法断層画像撮影：超音波法断層画像撮影は、大腿長の2分の1で大腿前面の中央に施したマーキングに発振器をあて、モニターで画像を監視しつつビデオテープに録画した。本研究で用いた超音波断層画像撮影装置は日本電気三栄製トモエース 2H71型で、距離分解能は水平方向、垂直方向とも1mmであり、周波数は3.5MHzである。また、超音波の透過性を高めるために、発振器と体表の間に0.03mm厚のゴム袋を装着した。測定は高橋らの方法と同様の方法、すなわち、発振器を発振器固定装置に固定し、モニター上に写し出された超音波断層画像上の測定部位のマークとモニター上の発振器の中心を一致させた後、超音波断層画像をビデオテープに録画する方法である。
- 3) 分析方法：図1は周波数3.5MHzで撮影し

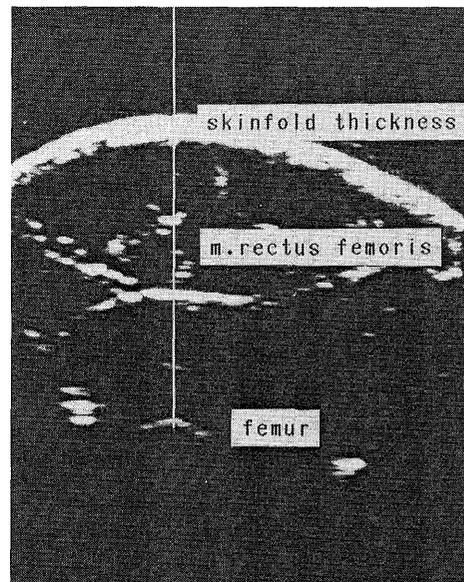


Fig. 1 Sectional view at anterior side of thigh (3.5 MHz)

た測定部位の超音波断層画像である。分析はビデオモーションアナライザーで行い、モニター上に写し出された超音波断層画像上の測定部位のマークを通る垂線を基準線とし、この基準線上で皮下脂肪厚、大腿直筋の矢状径を計測した。

以上のようにして求めた身長、体重、胸囲、座高、大腿最大囲、および、皮下脂肪厚、大腿直筋矢状径の各値の年齢変化、年増加量、発育のパターン、男女間の差について検討し、大腿直筋の発育について考察を加えた。

結果および考察

表2、および、表3は被検者の身長、座高、体重、胸囲、左右大腿最大囲の値を各年齢毎に示したものである。本研究の資料を昭和61年度の学校

保健統計調査報告書の全国平均値、茨城県平均値、同地域の高橋らの報告²¹⁾と比較したところ、各年齢の男女の値は、いずれの報告の同年齢の値よりもやや小さい値を示す傾向が認められた。

身長、座高、体重、胸囲は、男女とも年齢が増すにつれて値も大きくなり、8才で男女ともほぼ同じ値を示すが、女子が9才から11才で増加のピークをむかえ、男子は1年ないし2年遅れて増加のピークをむかえるため、9才以降女子の値が男子の値を上回る傾向が認められ(表2、3、図2、3)、男女いずれの測定項目の値も基本的にはScammon¹⁷⁾の一般型の発育経過をたどると考えられる。古くからこれらの測定項目の値は、Scammonの一般型の発育経過をたどるといふ報告が数多くされており⁹⁾¹⁴⁾²²⁾²³⁾、本研究の結果も同様の

Table 2 Mean values for physical measurements at each age groups in male (cm)

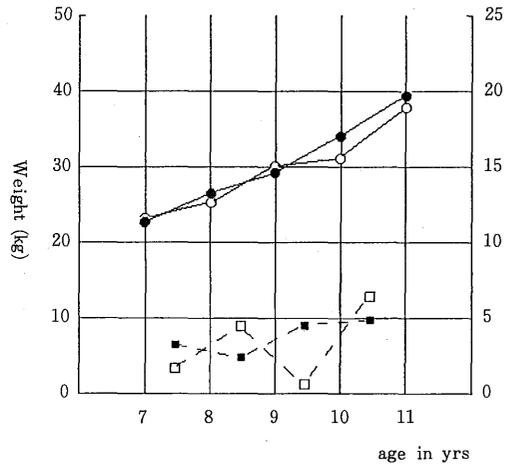
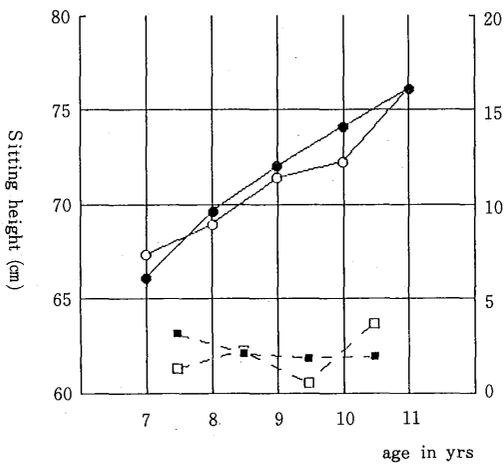
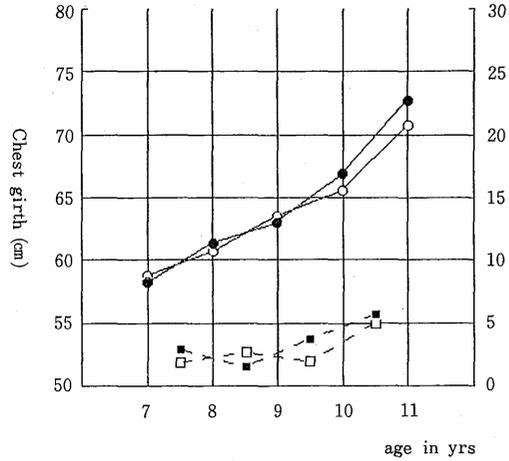
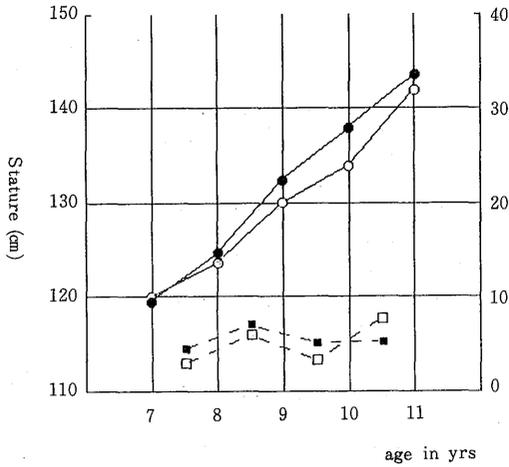
age in yaers		7	8	9	10	11
Stature	\bar{x}	120.1*	123.7*	130.2*	134.0*	142.0
	S.D.	(4.2)	(4.3)	(5.7)	(6.3)	(8.8)
Sitting height	\bar{x}	67.4*	69.0*	71.5	72.3*	76.2
	S.D.	(2.2)	(2.8)	(3.0)	(3.3)	(5.0)
Weight (kg)	\bar{x}	23.3	25.4*	30.3	31.3*	38.1
	S.D.	(4.9)	(3.9)	(9.5)	(8.3)	(9.7)
Chest girth	\bar{x}	58.8	60.8*	63.6	65.7*	70.8
	S.D.	(5.3)	(4.1)	(5.6)	(7.1)	(8.2)
Thigh girth(R)	\bar{x}	35.5	35.9	37.4*	40.3*	44.1
	S.D.	(4.2)	(3.3)	(4.1)	(4.9)	(4.6)
Thigh girth(L)	\bar{x}	34.8	35.6	37.1*	39.8*	43.7
	S.D.	(3.8)	(3.1)	(4.0)	(5.1)	(4.3)

*shows significant difference at 5% level

Table 3 Mean values for physical measurements at each age groups in female (cm)

age in yaers		7	8	9	10	11
Stature	\bar{x}	119.6*	124.8*	132.5*	138.1*	143.7
	S.D.	(4.8)	(4.5)	(4.2)	(6.5)	(6.2)
Sitting height	\bar{x}	66.2*	69.7*	72.1*	74.2*	76.2
	S.D.	(2.3)	(2.8)	(2.4)	(3.3)	(3.5)
Weight (kg)	\bar{x}	22.9*	26.6*	29.4*	34.3*	39.5
	S.D.	(3.4)	(4.7)	(4.7)	(6.2)	(8.5)
Chest girth	\bar{x}	58.3*	61.4	63.1*	67.0*	72.8
	S.D.	(4.5)	(5.4)	(5.0)	(5.6)	(7.9)
Thigh girth(R)	\bar{x}	36.4	38.3	39.4*	43.7*	46.2
	S.D.	(3.2)	(3.9)	(3.4)	(4.9)	(5.1)
Thigh girth(L)	\bar{x}	36.6	37.8	39.0*	42.8*	46.0
	S.D.	(3.1)	(3.6)	(3.5)	(4.1)	(4.8)

*shows significant difference at 5% level



○ — Male
 ● — Female
 □ - - Increment per year in male
 ■ - - Increment per year in female

○ — Male
 ● — Female
 □ - - Increment per year in male
 ■ - - Increment per year in female

Fig. 2 Distance curves of Stature and Sting height

Fig. 3 Distance curves of Chest girth and Weight

結果が得られたと考えられる。また、高橋ら¹⁹⁾²¹⁾は同地域の児童・生徒の調査を行い、Androgyny scoreの年齢変化、生まれ月による形態的優劣の有無について報告しているが、いずれの報告でも女子が男子より約2年ほど早く発育のピークをむかえ、10才以降女子の値が男子の値を上回ると報告しており、本研究の女子が9才から11才で増加のピークをむかえ、男子は1年ないし2年遅れて

増加のピークをむかえるという結果とほぼ一致していると思われる。

超音波断層画像による計測：表4は男女の各年齢における超音波断層画像より計測した皮下脂肪厚と大腿直筋の矢状径の値を示したものである。

左右皮下脂肪厚の年齢変化は男女とも、先に述べた生体計測値と多少異なる傾向が認められ、男子の7才と8才との間で有意な年齢差が認められ

たが ($p < 0.05$), それ以外は男女とも比較的緩やかな推移を示し, 男子では9才, 女子では10才で最も大きい値を示した。また, 10才で女子の値が男子の値に比して有意に大きい値を示すが ($p < 0.05$), 他の年齢ではほぼ男女とも同じ値を示した。年間増加量は, 男子が7才から8才で増加のピークを示し, その後減少する傾向が認められるのに対し, 女子では9才までほとんど変化せず, 10才から11才で減少する傾向が認められた (図

4)。一般に, 皮下脂肪厚の発育は生殖型に類似した経過をたどると言われており, 本研究の結果は年齢変化, 年増加量とも多少の増減はあるものの, すべての年齢を通して比較的緩やかな推移を示しており, 11才以降に急激な変化が始まることが予想される。また, Tanner et al.²⁴⁾は皮下脂肪厚の年齢変化について, 男子は8才~9才まで, 女子は7才~8才まで増加の傾向があり, その後男女とも12才までは顕著な増加がみられず, 男子はそれ以降顕著な増加は認められないが, 女子は13才前後で急激な増加が認められると報告しており, 本研究で得られた結果は Tanner et al.の報告とほぼ一致していると考えられる。しかし, 本研究の対象は小学生であって, 年齢に上限があり, 年齢変化の実態を十分に把握し得なかった。今後は中, 高校生について調査を行い皮下脂肪厚の年齢変化, 年間増加量について明らかにする必要がある。

左右の大腿直筋の矢状径は, 身長などの他の測定項目の値と基本的にはほぼ同様の発育経過をたどるが, 身長, 座高, 体重, 胸囲の値は9才から11才で女子の値が男子の値を上回るのに対し, 大腿直筋の矢状径は, 9才までは女子の値が男子より大きく, 10才以降は男子の値が女子の値を上回る傾向が認められ, 年齢による値の変化は比較的緩やかである。また, 年間増加量は男女とも右で9才, 左で10才まで減少し, その後増加するという, 他の測定項目では見られない傾向が認められた (図5)。筋の発育は基本的には一般型の発育経過をたどると言われており, 筋重量ではその傾向が認められる。しかし, 筋線維数は神経型の発育傾向を示すことが報告されており, 身体各部の個々の筋の発育経過については現在のところ明らかな知見が報告されていない。本研究の結果では, 11才まで比較的緩やかな推移を示し, また, 年間増加量も8才から9才で一度減少し, その後増加する傾向が認められるなど, ほぼ, 一般型に近い発育の経過をたどると考えられる。これに対し, 左右大腿最大囲では男女とも身長などの計測項目と同様の年齢変化を示し, 男子では9才と10才の間, および, 10才と11才の間で左右ともに有意な年齢差が認められ ($p < 0.05$), 女子では, 9才と10才, および, 10才と11才で有意な年齢差が認められた ($p < 0.05$)。また, 7才の右大腿最大囲を除いて女子の値が男子の値に比して有意に大きい値を示した ($p < 0.05$)。年間増加量は男子がほぼ

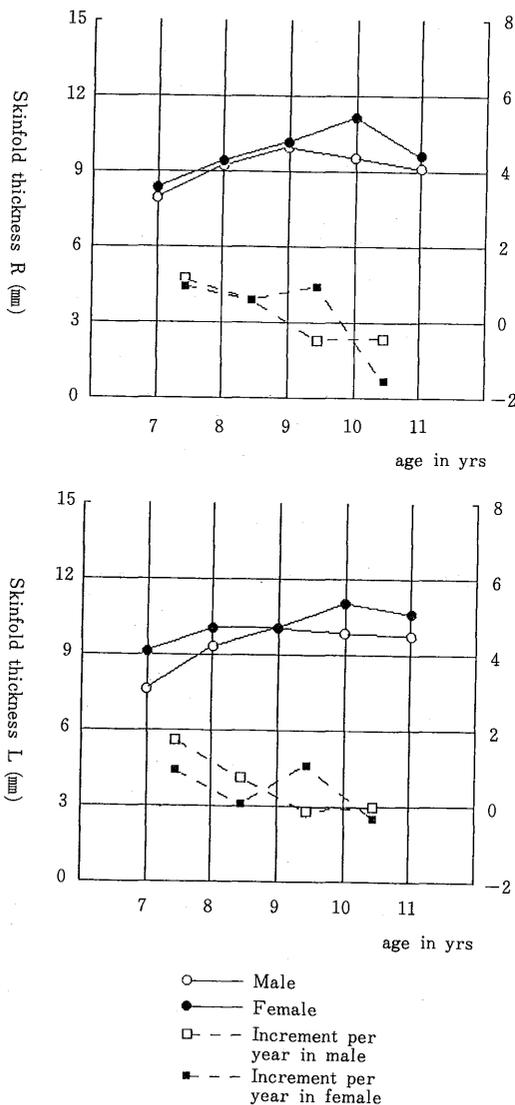
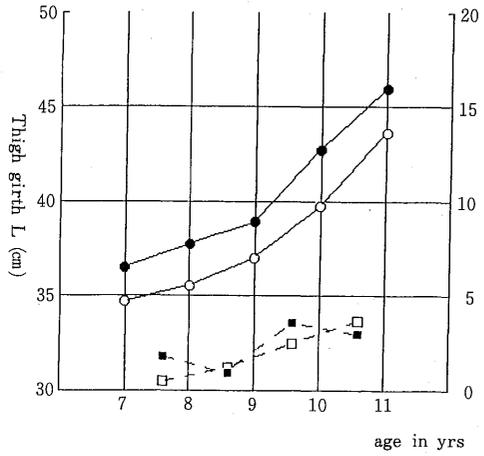
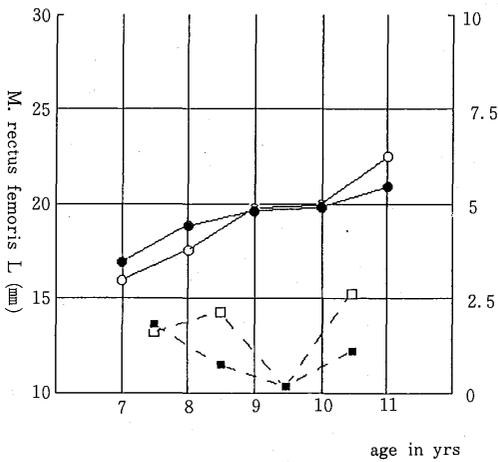
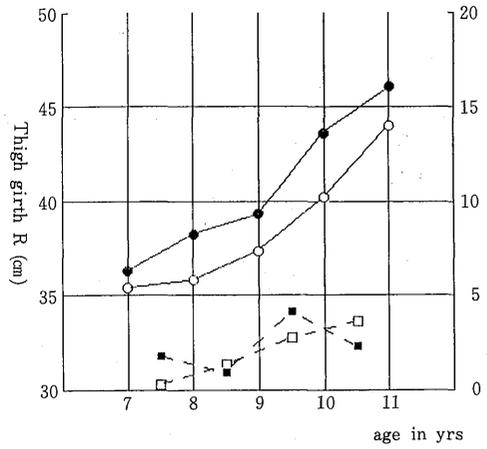
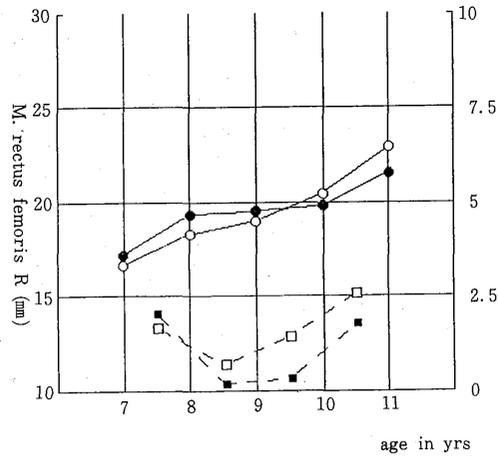


Fig. 4 Distance curves of Skinfold (Right and Left)



○ — Male
 ● — Female
 □ - - - Increment per year in male
 ■ - - - Increment per year in female

○ — Male
 ● — Female
 □ - - - Increment per year in male
 ■ - - - Increment per year in female

Fig. 5 Distance curves of M. rectus femoris (Right and Left)

Fig. 6 Distance curves of Thigh girth (Right and Left)

同程度の増加を示しながら推移するのに対し、女子は身長等の測定項目と同様の推移を示した (図 6)。このようなことから、大腿最大囲の発育は左右とも一般型の発育の経過をたどると考えられ、また、大腿直筋の矢状径の発育と比較したところ、大腿最大囲、および、大腿直筋の矢状径の値は7才から11才までで、どちらも、約25%の増加を示すなど非常に似通った傾向が認められた。しかし、大腿最大囲では各年齢で女子の値が男子の値に比

して常に大きい値を示し、男女間の発育曲線の交叉がみられない。これに対し、大腿直筋の矢状径は9才までは女子の値が男子の値より大きい値を示し、10才、11才では逆に男子の値が女子の値に比して大きい値を示しており、身長などの年齢変化とよく似た経過をたどることが認められた。周径は骨格、筋、および、皮下脂肪厚の総和を表す計測値であり、女子の周径の値が常に男子の値を上回っているのは大腿後面をも含めた皮下脂肪厚

の特異な発育の影響によるものと推察される。

超音波断層画像による児童の皮下脂肪厚や筋の矢状径を計測し、それらの年齢変化について報告した例がなく、他の報告との比較はできないが、本研究の結果からは、大腿直筋の矢状径の発育経過は比較的緩やかで一般型の発育経過と類似した経過をたどると考えられる。Malina¹¹⁾は発育に伴う筋重量の年齢変化について報告しているが、13才までは比較的緩やかな増加のパターンを示し、男子はその後急増するが、女子は急激な変化がみられないと述べており、11才までの発育に関しては本研究の結果と一致している。また、本研究では7才から11才と限られた年齢を対象としているが、年増加量の変化を検討したところ、他の測定項目の値で女子が8才から10才で増加のピークをむかえ、男子は1年ないし2年遅れて増加のピークをむかえるのに対し、男女とも右で8才、左で9才まで減少し、その後増加するという異なる傾向が認められた。福永²⁾は超音波法により12才から20才の男女の上腕屈筋群の横断面積を測定し、絶対筋力を算出し、それらの年齢変化について報告しているが、筋の横断面積は12才から20才で男子が約65%、女子が約40%増加していると述べており、本研究の結果と合わせて考えれば、大腿直筋の増加のピークは、他の測定項目でみられた増加のピークよりも遅れて出現するものと推察される。

要 約

本研究では超音波法を用いて児童の大腿前面超音波断層画像を撮影し、大腿直筋の矢状径の年齢変化について分析を試みた。

結果は以下に示すとおりである。

- 1) 身長、体重、胸囲、座高は男女とも年齢が増すにつれて値も大きくなり、8才で男女ともほぼ同じ値を示すが、女子が9才から11才で増加のピークをむかえ、男子は1年ないし2年遅れて増加のピークをむかえるため、9才以降女子の値が男子の値を上回る傾向が認められ(表2, 3, 図2, 3), 男女いずれの測定項目の値も基本的には Scammon¹²⁾の発育曲線のうち、一般型の発育経過をたどると考えられる。
- 2) 左右皮下脂肪厚の年齢変化は男女とも、生体計測値と多少異なる傾向が認められ、年齢間の差も男子の8才と9才の間で有意な差が認められたが ($p < 0.05$), それ以外は男女とも比較的緩やかな推移を示し、男子では9才、女子では10才で最も大きい値を示した。また、10才で女子の値が男子の値に比して有意に大きい値を示すが ($p < 0.05$), 他の年齢ではほぼ男女とも同じ値を示した。(表4, 図4)。
- 3) 左右の大腿直筋の矢状径、および、左右大腿最大囲は、身長などの他の測定項目の値と基本的にはほぼ同様の発育経過をたどり、7才から11才までで、どちらも、約25%の増加を示すなど非常に似通った傾向が認められた。しかし、大腿最大囲では各年齢で女子の値が男子の値に比して大きい値を示すのに対し、大腿直筋の矢状径は9才まで女子の値が男子の値より大きい値を示すが10才、11才で逆に男子の値が女子の値に比して大きい値を示し、両形質の発育経過は必ずしも一致しないことが認められた。(表2, 3, 4, 図5, 6)。

Table 4 Mean values for skinfold thickness and depth of m.rectus femoris, at each age groups in male and female (mm)

male	age in years	RIGHT					LEFT				
		7	8	9	10	11	7	8	9	10	11
Skinfold thickness	\bar{x}	8.0*	9.3	10.0	9.6	9.2	7.7*	9.4	10.1	9.9	9.8
	S.D.	(1.4)	(2.2)	(3.4)	(3.2)	(2.1)	(1.5)	(2.2)	(4.0)	(2.8)	(2.3)
M.rectus femoris	\bar{x}	16.7	18.4	19.1	20.5	23.0	16.0	17.6	19.8	20.0	22.6
	S.D.	(3.5)	(2.8)	(3.1)	(3.4)	(4.8)	(3.3)	(2.3)	(2.3)	(2.6)	(3.8)
female											
Skinfold thickness	\bar{x}	8.4	9.5	10.2	11.2	9.7	9.2	10.1	10.1	11.1	10.7
	S.D.	(1.3)	(1.9)	(2.3)	(2.2)	(2.5)	(2.0)	(2.5)	(2.6)	(1.8)	(1.8)
M.rectus femoris	\bar{x}	17.3	19.4	19.6	19.9	21.6	17.0	18.9	19.7	19.9	21.0
	S.D.	(3.5)	(2.8)	(2.9)	(2.6)	(3.3)	(4.1)	(2.4)	(3.1)	(3.1)	(4.4)

* shows significant difference at 5% level

参 考 文 献

- 1) Alfred L. Goldberg, Joseph D. Etlinger, David F. Goldspink, and Charles Jablecki: Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle., *Medicine and science in sports*, 7 (4), 248-261, 1975.
- 2) 福永哲夫: 絶対筋力, 杏林書院, 1978.
- 3) Goldberg, A, L: Relationship between hoemons and muscular work in determining muscle size., *Academic*, New York., 39-53, 1971.
- 4) Goldberg, A, L: Biochemical events during hypertrophy of skeletal muscle., *Academic*, New York., 301-314, 1971.
- 5) Goldberg, A, L., and J, F.Dice, Jr.: Intracellular protein degradation in animal and bacterial cells., *Ann Rev. Biochem*, 43, 835-869, 1974.
- 6) Goldspink, G.: Postembryonic groeth and differentiation of striated muscle., *The structure and function of muscle*, 2en ed. 1, 179-236, *Academic press*, 1972.
- 7) Gonyea, W,J. and G,C. Ericson: An experimental model for the study of exercise-induced skeletal muscle hypertrophy., *J. appl, Physiol*, 40, 630-633, 1976.
- 8) Hall-Griggs, E.C.B.: The significance of longitudinal fibre division in skeletal muscle., *J, Neurol. Sci.*, 15, 27, 33, 1972.
- 9) 木村邦彦: 成長, 雄山閣出版, 1979.
- 10) Lesch, M., W,W. Parmaley, M. Hamosh, S,K aufman and E,H. Sonneenblick: Effects of acute hypertrophy on the contractile properties of skeletal muscle., *Am, J, Physiol*, 214, 685-690, 1968.
- 11) Malina, R.M.: Adlescent changes in size, build, composition and performance., *Human biology*, 46, 117-131, 1974.
- 12) Morpurgo, B: Uber activitats-hypertrophie der willkurlichen musken., *Virchows Arch Path. Anat.*, 150, 522-554, 1897.
- 13) Montgomery, R,D.: Growth of human striated muscle., *Nature (London)*, 195, 194-195, 1962.
- 14) 森下はるみ: 日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究, *体育学研究*, 11, 47-58, 1966.
- 15) Peter, J.B.: Histochemical, biochemical and physiological studies of skeletal muscle and its adaptation to exercise. In *Contractility of muscle cells and related processes.*, Symposium of the society general physiologists., 151-173, 1971.
- 16) Reitsma, W.: Some structural changes in skeletal muscles of the rat after intensive training., *Acta Morphol. Neerl-scand*, 7, 229-246, 1970.
- 17) Scammon, R,E.: The Measurement of the body in childhood. In harris, J,A., C,M. Jackson, D,G. Paterson, R,E. Scammon, *The measurement of man.*, University of Minesota Press, 1930.
- 18) Sola, O,M., D,L. Christensen and A,W. Martin: Hypertrophy and hyperplasia of adult chicken anterio latissimus dorsi muscles following stretch with and without denervation., *Exp. Neurol*. 41, 76-100, 1973.
- 19) 高橋 彬, 鹿野俊一: Androgyny score (Tanner) の年齢変化について, *筑波大学体育科学系紀要*, 1, 131-136, 1978.
- 20) 高橋 彬, 赤池英和, 佐藤広徳他 1名: 超音波法およびモアレ法による胸部の体表解剖学的研究, *筑波大学体育科学系紀要*, 9, 265-274, 1986.
- 21) 高橋 彬, 赤池英和, 佐藤広徳他 2名: 生まれ月による形態的優劣の有無について, *昭和60・61年度文部省科学研究費補助金研究成果報告書*, 23-33, 1987.
- 22) 高石昌弘: 成長の縦断的研究に関する一考察, *小児科診療*, 38 (1), 61-67, 1975.
- 23) Tanner, J.M., R,H. Whitehouse, and M.Takashi: Standards from birth to maturrity for height, weight, heigth velocity, and weightverocity in british children., *Arch. dis Cildren*, 41, 454-471, 1966.
- 24) Tanner, J.M., R,H. Whitehouse.; Revised standards for triceos and subscapular skinfolds in british children., *Arch. dis Cildren*, 50, 142-145, 1975.
- 25) Turner, L,V. and P,J. Garlick: The effect of unilateral phrenicectomy on the rate of protein synthesis in rat diaphragmin vivo. *Biochem. Biophys. Acta*, 394, 109-113, 1974.
- 26) W. Gonyea, G,C. Ericson and F. Bonde-Petersen: Skeletal muscle fiber splitting induced by weight-lifting exercise in cats., *Acta physiol. scand.*, 99, 105-109, 1977.