日本人の肘関節屈筋力の発達

—Isometric Strength と Eccentric Strength について—

水谷四郎* 奥田博* 脇田裕久*

(昭和47年12月8日受付)

The Development of the Strength of Elbow Flexors

—Isometric and Eccentric Conditions—

Shiro Mizutani, Hiroshi Okuda and Hirohisa Wakita

(Department of Physical Education, School of Education, Mie University)

三重県津市周辺に在住する4歳～20歳までの健康な男子1,131名、女子1,090名を対象として、張力計を用い肘関節屈筋における Isometric と Eccentric Strength, さらに上腕屈曲回, 上腕伸展回, 前腕長を測定し, 次の結論を得た。

- 1) Isometric と Eccentric の発達過程は, 4～10歳までは増加量は小さく, 男女とも類似した発達過程を示すが, その後, 男子は18歳頃まで著しい増加をする。女子は10～12歳まで著しい増加をするが, その後はほぼ一定の値となる。
- 2) Isometric と Eccentric を比較すると, Eccentric の方が 1.7～4.0kg 大きい。Isometric を基準とした Eccentric の割合は7～12歳頃にかけて著しく減少するが, その後は男(110%)女(120%)とも一定の割合となる。
- 3) 上腕屈曲時の単位断面積あたりの筋力は, 男女とも4～11歳頃まで著しく増加するが, その後, 男子ではわずかな増加量となり, 女子では12歳を頂点として減少する。
- 4) 性差は, 筋力・形態とも13歳以後顕著となる。

The difference in force exerted by the same muscles under the different conditions has been studied by many investigators. According to those reports, the maximal eccentric force was more than the isometric force. The present study was undertaken to investigate the strength of flexor muscles of the forearm exerted under isometric and eccentric conditions, and to compare the isometric strength and eccentric strength in relation to age cross-sectionally.

2,221 healthy boys and girls, aged from 4 to 20 years, participated in the measurements. The subjects were asked to exert his maximal strength at the right angle of the elbow joint in sitting position. The subject grasped the belt which was connected through the metal cord to the dynamometer. The dynamometer was constructed of semiconductive strain gauge. When the eccentric strength was measured, the dynamometer was towed until the subject could not hold his elbow joint at the right angle. When the isometric strength was measured, the dynamometer was fastened to the wall.

The results obtained are as follows;

- (1) Up to ten years of age, there is no difference in muscle strength between boys and girls, and thereafter muscle strength increases much faster in boys than in girls.
- (2) Eccentric strength is always larger than isometric strength. But the ratio of eccentric

* 三重大学

strength to isometric strength decreases as the age grows from 4 to 11 years of age, and thereafter it becomes an approximately constant value (110% for boys and 120% for girls).

(Mizutani, S., H. Okuda and H. Wakita: "The Development of the Strength of Elbow Flexors: Isometric and Eccentric Conditions", *Research Journal of Physical Education*, Vol. 17, No. 5, February, 1973. pp. 277~285.)

1. 研究目的

人の筋の働きには, Concentric (Con.) Contraction, Eccentric (Ecc.) contraction と Isometric (Iso.) contraction の3様式がある。それらの様式による筋力の比較については, すでに, いくつかの研究がなされており, Ecc. contraction による筋力が他の様式による筋力よりも大きいことが明らかにされている。一方, 人の筋力の発達過程については, Con. contraction および Iso. contraction に関する研究が数多く報告されてきたが, Ecc. contraction による筋力の発達過程を追求した報告は数少ない。

本研究では, 上腕屈筋群を対象として, Iso. strength と Ecc. strength の発達過程を横断的資料にもとづいて観察し, 両者の関係を加齢的推移から明らかにしようとするものである。

2. 測定方法

被検者は椅座位姿勢をとり, 右上腕を台上に密着させて置き, 前腕を垂直にして, 肘関節角度を90度に保持する。手掌は肘の屈曲方向へむけ, 他方の手は台上に置いた。また, ワイヤーの一方は固定, もしくは牽引できるようにし, その中間にロードセル張力計を接続した。ワイヤーの他端には皮革製の幅40mmのベルトを接続し被検者の手頸部にかけた。張力計の下にはその重量が直接かからないように台を設置した。張力計は, その有効測定範囲が0~50kgの半導体ひずみゲージを用いた。記録は, ペン書きオシログラフによった。

Iso. strength の測定は, 肘関節が90度の位置から最大努力で能動的に収縮させて行なった。

Ecc. strength の測定は, 肘関節が90度の位置から最大努力で収縮を行なうと同時に毎秒約50mm/

sec の速度で牽引し, 肘関節角度が90度を保持できなくなる時の最大値を求めた。なお, 牽引方法は, 4~20歳までの広範囲の年齢層を対象に測定を実施したので機械的に牽引することが不可能であり, そのために人力によって牽引した。

各被検者は最低2回実施し, その最大値をとった。

形態については, 上腕屈曲囲, 上腕伸展囲, 前腕長を同時に測定し, さらに, 上腕囲から上腕中央部が円形であると仮定して横断面積を算出した。

被検者は, 津市周辺に在住する4~20歳までの健康正常人, 男子1,131名, 女子1,090名, 総数2,221名を対象とした。

測定は, 昭和46年7月から昭和47年3月にわたって実施された。

3. 結 果

(1) 上腕横断面積の発育過程

上腕の横断面積の発育経過は, 伸展時, 屈曲時ともに, Table 1 に示すように, 年齢がすすむとともに増加するが, その年間発育増加量はかならずしも一様ではない。最も著しい増加がみられる時期は, 男子で8歳から16歳まで, 女子で7歳から16歳までであった。

しかし, 屈曲時と伸展時のそれぞれの面積の差は, 男子では12歳以降に増大するが, 女子では13歳以降一定となる。

(2) 前腕長の発育過程

前腕長の発育経過は, 年齢がすすむとともに増加するが, その年間発育増加量はかならずしも一様ではない。最も著しい増加がみられるのは, 男子では6歳から9歳までと11歳から15歳までで, 女子では6歳から12歳までであった。(Table 1)

(3) 筋力の発達過程

Table 1 Cross-sectional area of upperarm and length of forearm in relation to age and sex.

Sex	Age	N	Cross-sectional area of upperarm (cm ²)							Length of forearm (cm)		
			Extension (A)			Flexion (B)			Difference between A and B	Mean	S.D.	Difference
			Mean	S.D.	Difference	Mean	S.D.	Difference				
Boys	4	49	20.28	2.59	1.27*	22.97	3.39	2.20**	2.69	14.9	1.07	
	5	55	21.55	3.75		25.17	4.73		3.62	15.1	1.39	
	6	52	21.00	3.08	3.71**	24.94	3.54	3.18**	3.94	15.2	0.98	0.9**
	7	39	24.71	5.45		28.12	5.62		3.41	16.1	0.83	
	8	36	24.44	4.14	3.16**	28.53	4.33	4.81**	4.09	17.0	0.96	0.9**
	9	44	27.60	5.68		33.34	6.29		5.74	18.6	1.23	
	10	55	29.79	7.76	5.14**	35.69	8.60	5.10**	5.90	19.3	1.65	0.7*
	11	41	34.93	8.85		40.79	9.56		5.86	19.6	1.38	
	12	51	36.16	7.89	5.10**	42.57	9.97	7.86**	6.41	21.5	1.61	1.9**
	13	137	41.26	10.26		50.43	12.65		9.17	22.5	1.76	
	14	147	42.81	8.20	4.60**	53.30	10.62	6.60**	10.49	23.3	1.41	0.8**
	15	117	47.41	9.86		59.90	12.10		12.49	24.0	1.27	
	16	63	52.24	8.02	4.83**	64.96	8.62	5.06**	12.72	23.8	1.28	0.7**
	17	73	51.95	9.88		66.08	11.58		14.13	24.2	1.22	
	18	59	49.03	6.78	-2.92*	62.99	7.97	4.21**	13.96	24.2	1.46	
	19	65	51.30	6.41		67.20	9.51		15.90	24.6	14.0	
	20	48	49.42	9.03		63.77	11.63		14.35	24.8	1.09	
Girls	4	55	20.38	3.28		23.67	3.94		3.29	14.5	1.17	0.5*
	5	60	21.27	3.79		24.19	4.06		2.92	15.0	0.98	
	6	53	21.39	3.10	4.26**	24.77	3.60	5.67**	3.38	14.9	1.11	0.8**
	7	33	21.93	3.31		24.79	3.66		2.86	15.7	0.76	
	8	36	26.19	4.86	4.13**	30.46	5.91	5.01**	4.27	16.5	1.57	0.8**
	9	45	26.70	4.45		31.44	5.55		4.74	18.0	1.32	
	10	48	30.83	7.84	4.29**	36.45	9.60	4.43*	5.62	19.4	1.81	1.4**
	11	37	33.80	7.25		39.23	8.38		5.43	19.5	1.27	
	12	46	38.09	7.27	3.74**	43.66	8.23	3.37**	5.57	21.5	1.62	2.0**
	13	135	38.74	7.70		46.00	8.80		7.26	21.5	1.31	
	14	135	42.48	7.87	2.10*	49.37	9.08	3.48*	6.89	21.4	2.29	0.7**
	15	97	44.58	7.76		50.85	8.60		6.27	21.7	1.23	
	16	83	47.04	8.16	2.46*	54.33	10.46	-4.30**	7.29	22.4	1.06	
	17	74	48.03	8.16		55.49	9.74		7.46	22.4	1.31	
	18	51	44.04	7.03	4.89**	51.19	7.72	6.38**	7.15	23.5	2.13	
	19	53	48.93	8.24		57.57	8.25		8.64	22.8	1.73	
	20	49	47.49	6.15		54.64	6.29	-2.93*	7.15	22.0	1.17	-0.8**

*...P<0.05 **...P<0.01

男子の Ecc. strength は, Fig. 1 および Table 2 に示されるように一般的傾向は年齢がすすむとともに増加する. しかし, その発達経過は必ずしも一様ではない. すなわち, 年間発育増加量の平均値は 4 歳 (6.6 kg) から 10 歳 (13.5 kg) まで約 1

kg, その後の 19 歳 (33.3 kg) まで約 2 kg である. したがって発達の顕著な 10~19 歳の各年齢間では 1%~5% 水準で有意な差が認められた.

女子について年間発育増加量の平均値は, Fig. 2 および Table 2 に示したように 4 歳 (6.1 kg)

Table 2 Eccentric strength and Isometric strength, and ratio of Eccentric strength to Isometric strength.

Sex	Age	N	Muscular strength (kg)						Difference between Eccentric strength and Isometric strength (kg)	Ratio of C to D (%)
			Eccentric strength (C)			Isometric strength (D)				
			Mean (kg)	S.D.	Difference (kg)	Mean (kg)	S.D.	Difference (kg)		
Boys	4	49	6.6	1.58	1.7**	4.9	1.15	1.1**	1.7**	134.7
	5	55	8.3	1.62	1.8**	6.0	1.23	1.1**	2.3**	138.3
	6	52	10.1	1.47		7.1	1.37		3.0**	142.3
	7	39	10.1	1.88		7.4	1.62		2.7**	136.5
	8	36	12.7	2.74	2.6**	9.6	1.95	2.2**	3.1**	132.3
	9	44	12.7	1.82		10.1	1.62		2.6**	125.7
	10	55	13.5	2.36		10.9	2.09	0.8*	2.6**	123.9
	11	41	17.3	3.38	3.8**	15.3	3.85	4.4**	2.0*	113.1
	12	51	19.2	4.07	1.9*	16.8	3.93		2.4**	114.3
	13	137	20.9	3.60	1.7*	18.8	4.12	2.0**	2.1**	111.2
	14	147	22.6	4.67	1.7**	20.7	4.52	1.9**	1.9**	109.2
	15	117	25.8	4.77	3.2**	23.1	4.90	2.4**	2.7**	111.7
	16	63	27.2	3.64	1.4*	25.3	3.82	2.2**	1.9**	107.5
	17	73	29.1	5.18	1.9*	26.5	4.24		2.6**	109.8
	18	59	30.8	3.78	1.7*	27.8	4.38		3.0**	110.8
	19	65	33.3	4.46	2.5**	30.3	4.55	2.5**	3.0**	109.9
	20	48	29.8	4.50	-3.5**	27.9	4.57	-2.4**	1.9*	106.8
	Girls	4	55	6.1	1.38	1.6**	4.3	1.21	1.4**	1.8**
5		60	7.7	1.35	1.3**	5.7	1.17	0.7**	2.0**	135.1
6		53	9.0	1.45		6.4	1.36		2.6**	140.6
7		33	9.5	1.36		6.5	1.39		3.0**	146.2
8		36	12.6	2.84	3.1**	8.9	2.33	2.4**	3.7**	141.6
9		45	11.8	2.24		8.9	2.05		2.9**	132.6
10		48	12.7	2.78		9.8	2.26		2.9**	129.6
11		37	15.3	2.76	2.6**	12.1	2.80	2.3**	3.2**	126.4
12		46	17.3	3.13	2.0**	14.6	2.39	2.5**	2.7**	118.5
13		135	16.2	2.59	-1.1*	14.1	2.45		2.1**	114.9
14		135	17.3	2.74	1.1**	15.0	2.41	0.9**	2.3**	115.3
15		97	18.4	2.81	1.1**	15.1	2.27		3.3**	121.9
16		83	18.9	2.70		16.4	2.77	1.3**	2.5**	115.2
17		74	19.9	2.49	1.0*	15.9	2.51		4.0**	125.2
18		51	18.0	2.53	-1.9**	14.8	2.64	-1.1*	3.2**	121.6
19		53	18.5	2.20		16.0	2.70	1.2*	2.5**	115.6
20		49	18.4	2.45		16.5	2.93		1.9**	111.5

*...P<0.05 **...P<0.01

から10歳(12.7kg)まで約1kg, その後の12歳(17.3kg)までは約2kgであり, その後の年間発育増加量は減少し漸次プラトー状態となる. 発達の顕著な10~12歳の各年齢間では1%水準で有

意な差が認められた.

また, Iso. strength は男女とも Ecc. strength の場合と殆んど類似した発達経過を示した. (Fig. 1, Fig. 2, Table 2)

Fig. 1 Growth curves in muscular strength for boys.

Fig. 2 Growth curves in muscular strength for girls.

(4) Iso. strength と Ecc. strength の関係

男子の Iso. strength と Ecc. strength の関係は Table 2 に示されるように各年齢における比較では、Iso. strength よりも Ecc. strength の方が 1.7~3.1 kg 大きく、両者の間には11歳と20歳で5%水準、その他の年齢で1%水準の有意な差が認められた。

また、Iso. strength を基準とした Ecc. strength

の割合について加齢的推移を観察すれば4歳から7歳までは135~142%の範囲であるが7歳から11歳(113.1%)までは減少し、その後は約110%と一定の割合となる。

女子の Iso. strength と Ecc. strength との関係は Table 2 に示されるように各年齢における比較では、Iso. strength よりも Ecc. strength の方が 1.8~4.0 kg 大きく、両者の間にはすべての年

Table 3 Muscular strength per unit area of upperarm.

Age	Boys			Girls		
	N	Muscular strength per cm ²		N	Muscular strength per cm ²	
		Eccentric strength	Isometric strength		Eccentric strength	Isometric strength
4	49	0.287	0.213	55	0.258	0.182
5	55	0.330	0.238	60	0.318	0.236
6	52	0.405	0.285	53	0.363	0.258
7	39	0.359	0.263	33	0.383	0.262
8	36	0.445	0.336	36	0.414	0.292
9	44	0.381	0.303	45	0.375	0.283
10	55	0.378	0.305	48	0.348	0.269
11	41	0.424	0.375	37	0.390	0.308
12	51	0.451	0.395	46	0.396	0.334
13	137	0.414	0.373	135	0.352	0.307
14	147	0.424	0.388	135	0.350	0.304
15	117	0.431	0.386	97	0.362	0.297
16	63	0.419	0.389	83	0.348	0.302
17	73	0.440	0.401	74	0.359	0.287
18	59	0.489	0.441	51	0.352	0.289
19	65	0.496	0.451	53	0.321	0.278
20	48	0.467	0.438	49	0.337	0.302

Table 4 The difference in muscular strength between boys and girls

Age	Eccentric strength		Isometric strength	
	Difference between Boys and Girls (kg)	Ratio of Girls to Boys (%)	Difference between Boys and Girls (kg)	Ratio of Girls to Boys (%)
4	0.5	92.4	0.6*	87.8
5	0.6*	92.8	0.3	95.0
6	1.1**	89.1	0.7**	90.1
7	0.6	94.1	0.9*	87.8
8	0.1	99.2	0.7	92.7
9	0.9*	92.9	1.2**	88.1
10	0.8	94.1	1.1*	89.9
11	2.0**	88.4	3.2**	79.1
12	1.9*	90.1	2.2**	86.9
13	4.7**	77.5	4.7**	75.0
14	5.3**	76.5	5.7**	72.5
15	7.4**	71.3	8.0**	65.4
16	8.3**	69.5	8.9**	64.8
17	9.2**	68.4	10.6**	60.0
18	12.8**	58.4	13.0**	53.2
19	14.8**	55.5	14.3**	52.8
20	11.4**	61.7	11.4**	59.1

*... $P < 0.05$ **... $P < 0.01$

齢において1%水準の有意な差が認められた。

また、男子の場合と同様にして Iso. strength を基準とした Ecc. strength の割合について加齢的推移を観察すれば4歳から8歳までは135~146%の範囲であるが、8歳から12歳(118.5%)までは減少し、その後は、約120%と一定の割合となる。

(5) 上腕単位面積あたりの筋力

上腕屈曲時の単位面積あたりの筋力は、男子では年齢がすすむとともに増加するが、その年間発育増加量の著しいのは4歳から11歳までで、その後はわずかな増加量である。

女子の単位面積あたりの筋力は、4歳から12歳までは男子と同じように著しく増加するが、その後は男子と異なり減少する。(Table 3)

(6) 性 差

上腕の横断面積は伸展時では15歳、屈曲時では13歳以降に性差が顕著となり、男子が女子より大きい値を示す。

前腕長は13歳以降性差が顕著となり、男子の方が長くなる。

筋力の比較では Ecc. strength, Iso. Strength ともにいずれの年齢においても男子は女子よりも大きい。(Table 4)

とくに、13歳以降では年齢がすすむとともに性差は顕著となる。

男子の値を基準として女子の値を割合で示すと Ecc. strength については、4歳では92.4%、10歳では94.1%、13歳では77.5%であり、最小は19歳の55.5%であった。

また、Iso. strength については、4歳では87.8%、10歳では89.9%、13歳では75.0%であり、最小は19歳の52.8%となる。

4. 論 議

青少年における筋力は、石川⁹⁾、石河¹⁰⁾の握力に関する研究、猪飼⁹⁾の腕エルゴメーターによる肘関節屈筋力に関する研究、小野¹⁵⁾らの握力とバーベルを用いた腕筋力に関する研究によれば、筋力の発達過程は、11歳までは男子は女子よりもわずかに大きい値であるが、12歳を過ぎる頃から女子は漸次停滞の傾向であるのに対し、男子は、16、

17歳まで増加し、それ以後筋力はほぼ一定の値となると報告している。また、Hettinger⁵⁾によれば、10歳までは男女間に差がなく、その後、男子は女子よりも顕著な増加をし20～30歳の間に最大筋力に達し、その後は減少するという結果である。これらは、本研究結果と一致するものである。

発育発達の完成期と考えられる20歳を一基準として観察すれば、石河¹¹⁾の握力に関する報告では男子10歳では40%、15歳では80%、女子10歳では50%、15歳では90%であり、本研究結果と非常に近い値である。

筋力の性差は、本研究の Iso. strength と Ecc. strength の両者とも13歳以後に顕著であり、石河¹²⁾の14歳以後に性差があらわれるという報告より、やや早くなっている。これは、石河の測定が本研究の20年前に行なわれたということを考えあわせるならば本研究結果は、発育発達の加速度現象の一つともいえよう。

また、男子の筋力を基準として、女子の筋力を観察すれば、Hettinger⁵⁾は、筋の種類によって異なるが成人女子は、成人男子のおよそ2/3であると報告し、本研究も一致した結果を得た。

Iso. strength と Ecc. strength の比較では、Doss と Karpovich³⁾は、19～23歳の男子体育専攻学生を対象として肘関節角度が75～165度まで伸展するのに18秒間を要し、その間等速で発揮された Ecc. Force と代表的な肘の関節角度で発揮された Iso. Force とでは、前者の方が後者よりも13.5%大きいと報告している。これは、本研究結果における12歳から20歳にかけての値と非常に近い。

また、浅見¹⁾らの伸張性指力と短縮性指力の比較では、前者の方が後者よりも1.44～1.98倍大きいという結果であり、本研究よりもはるかに大きい割合を示している。これは、指力と肘関節屈筋力という被検筋の相異によるものと推定される。

金原¹³⁾¹⁴⁾らは、Ecc. contraction によって発揮される筋力は、Iso. contraction によって発揮される筋力よりも30～40%大きく、また、Ecc. contraction による筋力は、負荷刺激が増大するにつれて大きくなるが、その大きくなり方は次第に減少してゆき限界に達すると報告している。

本研究では、約50mm/sec という牽引速度で測定を実施したため、12歳から20歳までの男子では約110%、女子では約120%の割合にとどまったものと推定される。

さらに、4歳から12歳頃にかけて減少することについては、猪飼⁷⁾⁸⁾、石井⁹⁾、矢部¹⁶⁾の報告にみられる筋力に及ぼす心理的影響の大きさの変動によるものか、あるいは、他に原因があるのかという点については、さらに検討されなければならない問題であろう。

また、形態と筋力の関係について Hettinger⁵⁾は、筋の1cm²断面積あたりの筋力は、約4kgであり、筋力は筋の生理的横断面積に比例すると報告し、また、福永⁴⁾は超音波装置によって上腕断面写真撮影を行ない屈筋群の断面積と屈筋力の関係について研究し単位断面積あたりの筋力は年齢、性に関係なく約6.3kgと一定であると報告している。

本研究では、被検者数が多く直接生理的横断面積を測定することが不可能なため筋肉、骨、皮下脂肪を含めた上腕屈曲時の1cm²単位断面積あたりの筋力の加齢的推移を観察した。その結果は、男女とも12歳頃までは年齢がすすむとともに顕著な増加を示している。

このことは、Asmussen と Nielsen²⁾の指摘したようにその時期が神経筋機構の発達過程にあることを示すものであると考えられる。

また、女子では、12歳以後は主として上腕部の皮下脂肪の沈着が増加するために単位断面積あたりに含まれる筋肉量の割合が相対的に減少し、単位あたりの筋力が低下するものと推定できる。

形態と筋力の加齢的推移の変移点を観察すれば屈曲時と伸展時の面積の差は、男子では12歳以後顕著な増加を示し、女子では13歳以後一定の値となる傾向にあり、Iso. strength と Ecc. strength は10歳以後、男女とも顕著な増加を示す。

また、Iso. strength を基準とした Ecc. strength の割合は、男子では11歳以後、女子では12歳以後に一定の割合となる傾向にあり、上腕屈曲時の単位断面積あたりの筋力は、男子では年齢がすすむとともに増加するが、その年間発育増加量の著しいのは11歳まででその後は、わずかな増加量であ

る。

女子の単位断面積あたりの筋力は、12歳までは男子と同じように増加するが、その後は男子と異なり減少する。

このように10～13歳頃にその変移点が観察できる。このことについて小野¹⁵⁾らも11歳頃にその質的变化があることを報告している。

このようなことから人の筋の発育発達には、およそ10～13歳を境にして上腕部の骨格、筋の組成、神経作用、内分泌作用等の質的变化により、形態的にも機能的にも変移する時期であると推定される。

5. 要 約

三重県津市周辺に在住する4～20歳までの健康正常人、男子1,131名、女子1,090名、総数2,221名を対象として、ロードセル張力計を用い肘関節屈筋におけるIso. strengthとEcc. strength、さらに上腕屈曲囲、上腕伸展囲、前腕長を測定して次のような結論を得た。

1) Iso. strengthとEcc. strengthの発達過程は、年齢がすすむとともに増加する。その経過は4～10歳までは、男子の方が女子よりもわずかに大きい値である。その後、性差が著しくなり、男子では17, 18歳まで顕著な増加をする。女子では10～12歳までの2年間に顕著な増加をするが、その後はほぼ一定の値となる。

2) 各年齢、性別のIso. strengthとEcc. strengthとを比較すれば、Ecc. strengthの方が男子では1.7～3.1 kg大きく、女子では1.8～4.0 kg大きい値であった。

Iso. strengthを基準として、Ecc. strengthを割合で示すと7歳から12歳頃にかけて著しく減少し、その後、男子では約110%、女子では約120%で、一定の割合となる。

3) 上腕屈曲時の単位断面積あたりの筋力は、男子では年齢がすすむとともに増加するが、その年間発育増加量の著しいのは4歳から11歳までで、その後はわずかな増加量である。

女子の単位断面積あたりの筋力は、12歳までは男子と同じように著しく増加するが、その後は男子と異なり減少する。

4) 性差は、Iso. strength, Ecc. strength, 屈曲時と伸展時の上腕面積の差、前腕長のいずれの場合も13歳以後顕著となる。

本研究は、名古屋大学松井秀治教授および宮下充正助教授の懇切なる御指導と実験協力校の御助力のもとで行なわれたものである。ここに記して深謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 浅見高明, 佐藤行那, 米田吉孝: 指力の分析, 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 7: 32～46, 1969.
- 2) Asmussen, E. and K. Heebøll-Nielsen: Physical performance and growth in children. influence of sex, age and intelligence. J. Appl. Physiol. 8: 371～380, 1956.
- 3) Doss, W.S. and P.V. Karpovich: A comparison of concentric, eccentric and isometric strength of elbow flexors. J. Appl. Physiol. 20: 351～353, 1965.
- 4) 福永哲夫: 超音波測定法による筋の単位面積あたりの筋力の算出, 体育学研究, 14(1): 28～32, 1969.
- 5) Hettinger, Th: Physiology of strength. Charles C. Thomas, 1961.
- 6) 猪飼道夫: 青少年の発育とトレーニング効果について, 一とくに筋力と持久力について一, 体育学研究, 6(1): 337～339, 1961.
- 7) 猪飼道夫: 体力の生理的限界と心理的限界に関する実験的研究, 東京大学教育学部紀要, 5: 1～18, 1960.
- 8) 猪飼道夫, 石井喜八: 筋力の生理的限界と心理的限界の筋電図学的研究, 体育学研究, 5(4): 154～164, 1961.
- 9) 石川知福: 握力に関する生理学的標準並びにその職業別比較, 労働科学研究, 7: 221～271, 1930.
- 10) 石河利寛: 握力に関する研究(2), 握力の発達, 体育学研究, 1: 335～339, 1953.
- 11) 石河利寛: スポーツ医学入門, 220～221, 南山堂, 1967.
- 12) 石河利寛: 疲労に至るまでの動作時間と静作業時間との比, 体力科学, 2(5): 175～178, 1952.
- 13) 金原 勇, 春山国広, 三浦望慶: 筋の力の出し方に関する基礎的研究(その1), 一筋収縮の種類と出し得る力一, 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 2: 11～20, 1964.
- 14) 金原 勇, 高松 薫, 渋川侃二: 筋の力の出し方

- 関する基礎的研究（その 2），一技術やトレーニングからみた Eccentric な筋力の特性について一，東京教育大学体育学部スポーツ研究所報，8：26～52，1970.
- 15) 小野三嗣，岡田信子，坪田修三：発育に伴う筋力の変化について，体力科学，14：85～97，1965.
- 16) 矢部京之助：最大筋力と疲労，体育学研究，11(2)：77～85，1966.