

## 幼児期における動作前抑制現象について

The Study of Appearance in Silent Period Observed Just before a Rapid Voluntary Movement for Kindergarten Children.

脇田 裕久\* 八木 規夫\* 矢部 京之助\*\*

Hirohisa WAKITA \*, Norio YAGI \*, Kyonosuke YABE \*\*

It has been observed that the premotion silent period (p. s. p.) appears just before a rapid voluntary movement. The present study was designed to investigate the effect of physical characteristics on the appearance of p. s. p. Subjects were healthy 62 boys and 60 girls aged 4–5 years. Body height, weight, skinfold thickness, isometric leg strength and reaction movement were measured on each subject. On the measurement of reaction movement, they were asked to maintain the standing posture with knee joint flexed at about 50 degrees on the force plate and to extend their knee joint responding to a flashing lamp as quickly as possible. The EMG activities of M. vastus lateralis, M. vastus medialis and M. biceps femoris were recorded using bipolar surface electrodes. Vertical force curve was recorded when the subjects extended the knee joint on a force plate.

The following results were obtained from this experiment.

- 1) The rate of appearance in p. s. p. increased with age.
- 2) The latency of p. s. p. shortened with age.
- 3) The correlation between the rate of appearance in p. s. p. and body height was positively significant.
- 4) Positive significant correlation was found between the latency of p. s. p. and the body fat mass, and the correlation between the latency of p. s. p. and the leg strength was negatively significant.
- 5) The correlation between the movement time and body fat mass was positively significant.
- 6) Positive significant correlation was found between the peak value of force curve and the leg strength.

It is suggested from these results that increasing the body fat mass delayed the latency of p. s. p. and movement time, and that increasing the leg strength rised the peak value of force curve.

### 研究目的

あらかじめ、主動筋に軽度の随意的な緊張を与えた状態から、急速な反応動作を起こすと、動作に先行して主動筋に筋放電の休止期が出現する<sup>1)～8) 10)～12) 14)～22)</sup>。この動作前 silent period (premotion silent period : 以下 psp と略す) の出現については、成人に関する報告が多く、幼児期を対象としたものは数少ない。一方、psp の出現は、準備姿勢における筋緊張強度の関与があり、この至適条件は最大筋力の15–20%であると報告されている<sup>10)</sup>。また、脚伸展筋群の psp 出現率は、被検者体重の相対的荷重負荷の増大にともなって減少し<sup>18)</sup>、動作前抑制現象がヒトの身体的特性との間にも様々な関連性のあることが指摘されてきた<sup>20)</sup>。

本研究は、神経筋機能の発達の著しい幼児期の動作前抑制現象に着目し、あわせて被検者の形態的、機能的特性が持続性筋収縮から相動性筋収縮への切り換え時に出現する動作前 silent period の出現にどの様な影響を及ぼすかを究明することをその目的とした。

### 実験方法

被検者は、4・5歳の健常な幼児122名（4歳児男子32名・女子31名、5歳児男子30名・女子29名）であり、実験方法ならびに実験手順については前報告に準じて実施した<sup>18)</sup>。

### 実験結果

#### 1. 身体的特性

被検者の身体的特性に関する年齢別平均値及び

表1 実験結果

Sex	Boys			Girls			Sex Difference (Girls/Boys × 100)				
	Age (years old)	4	5	p	4	5	p	4	p	4	p
Body Height (cm)		105.0 4.71	112.5 3.54	**	105.3 5.30	110.2 4.84	**	100.3		98.0	*
Body Weight (kg)		17.6 2.38	19.7 1.72	**	17.8 2.34	18.4 2.23		101.1		93.4	*
Skinfold Thickness (mm)		20.3 5.78	17.0 5.13	**	22.8 7.66	17.5 4.13	**	112.3		102.9	
Leg Strength (kg)		17.6 4.07	23.2 4.28	**	16.8 5.19	19.7 4.20	*	95.5		84.9	*
Leg Strength/Body Weight (kg/kg)		1.00 0.18	1.15 0.21	**	0.96 0.24	1.07 0.27		96.0		93.0	
Rate of Appearance in PSP (Vastus Medialis) (%)		17.3 17.85	30.9 21.52	*	20.5 18.47	18.6 15.96		118.5		60.2	*
Rate of Appearance in PSP (Vastus Lateralis) (%)		21.0 21.61	40.2 21.95	*	31.4 21.52	22.6 22.11		149.5		56.2	*
Latency of PSP (msec) (Vastus Medialis)		322.0 95.74	315.5 106.85		387.7 130.61	313.8 67.51	*	120.4	*	99.5	
Latency of PSP (msec) (Vastus Lateralis)		318.6 99.0	295.7 70.65		365.6 115.45	293.8 63.61	*	114.8		99.4	
Duration of PSP (msec) (Vastus Medialis)		62.8 27.97	66.3 20.01		55.9 21.24	67.9 15.97	*	89.0		102.4	
Duration of PSP (msec) (Vastus Lateralis)		61.5 15.5	68.5 16.03		65.0 21.55	74.3 21.37		105.7		108.5	
Movement Time (msec)		288.0 44.05	302.7 53.76		304.9 52.48	303.3 47.35		105.9		100.2	
Peak Force (kg)		24.6 7.39	28.4 4.52	*	23.5 9.01	28.6 5.98	*	95.5		100.7	
Rate of Tension Rise (kg/ms)		0.31 0.14	0.38 0.10		0.36 0.10	0.38 0.13		116.1		100.0	

上段：平均値 下段：標準偏差 \* \* … p &lt; 0.01 \* … p &lt; 0.05

男子に対する女子の比率を表1に示した。身長の平均値は、男子の4歳児が105cm, 5歳児が112.5cm, 女子がそれぞれ105.3cm, 110.2cmと加齢とともに増加し、男女とも各年齢間に1%水準の有意な差が認められた。体重については、男子の4歳児が17.6kg, 5歳児が19.7kg, 女子がそれぞれ17.8kg, 18.4kgと加齢とともに増加し、男子の年齢間に1%の有意な差が認められた。皮下脂肪厚（上腕背部と肩甲骨下部を加えた値）の平均値は、男子の4歳児が20.3mm, 5歳児が17.0mm, 女子がそれぞれ22.8mm, 17.5mmと加齢とともに減少し、男女とも各年齢間に1%水準の

有意な差が認められた。

最大脚伸展力の平均値は、男子の4歳児が17.6kg, 5歳児が23.2kg, 女子がそれぞれ16.8kg, 19.7kgと加齢とともに増加し、各年齢間に男子が1%水準、女子が5%水準の有意な差が認められた。体重あたり脚筋力は、男子の4歳児が1.00kg/kg, 5歳児が1.15kg/kg, 女子がそれぞれ0.96kg/kg, 1.07kg/kgと加齢とともに増加し、男子の年齢間に1%水準の有意な差が認められた。

男子の身体的特性に関する測定値を基準とした女子の相対値は、身長では4歳児が100.3%, 5歳児が98.0%であり、5歳児の男女間に5%水準の

有意な差が認められた。体重の相対値は4歳児が101.3%, 5歳児が93.4%であり、5歳の男女間に5%水準で有意な差が認められた。皮下脂肪厚の相対値は4歳児が112.4%, 5歳児が102.9%であり、各年齢とも男女間に有意な差が認められなかった。脚筋力の相対値は4歳児が95.5%, 5歳児が84.9%であり、5歳の男女間に5%水準の有意な差が認められた。体重あたりの脚筋力の相対値は4歳児が96.0%, 5歳児が93.0%であり、各年齢とも男女間に有意な差が認められなかった。

## 2. 反応動作

反応動作時における筋電図を用いた動作前抑制現象ならびに力曲線の解析結果を表1に示した。男子における内側広筋のpsp出現率は、4歳児が17.3%, 5歳児が30.9%, 外側広筋がそれぞれ21.0%, 40.2%と加齢とともに増加し、各年齢間には両筋とも5%水準の有意な差が認められた。また、女子における内側広筋のpsp出現率は、4歳児が20.5%, 5歳が18.6%, 外側広筋がそれぞれ31.4%, 22.6%であり、各年齢間には両筋とも有意な差が認められなかった。

男子における内側広筋のpsp出現潜時は、4歳児が322.0ms, 5歳児が315.5ms, 外側広筋がそれぞれ318.6ms, 295.7msであり、各年齢間には両筋とも有意な差が認められなかった。女子における内側広筋のpsp出現潜時は、4歳児が387.7ms, 5歳児が313.8ms, 外側広筋がそれぞれ365.6ms, 293.8msと加齢とともに短縮し、年齢間には両筋とも5%水準の有意な差が認められた。

男子における内側広筋のpsp持続時間は、4歳児が62.8ms, 5歳児が66.3ms, 外側広筋がそれぞれ61.5ms, 68.5msであり、各年齢間には両筋とも有意な差が認められなかった。女子における内側広筋のpsp持続時間は、4歳児が55.9ms, 5歳児が67.9ms, 外側広筋がそれぞれ65.0ms, 74.3msと加齢とともに延長し、年齢間には内側広筋に5%水準の有意な差が認められた。

動作時間（反応動作時における力曲線の立ち上がりから終了までの時間）は、男子の4歳児が288.0ms, 5歳児が302.7ms, 女子がそれぞ

304.9ms, 303.3msであり、年齢間には男女とも有意な差が認められなかった。反応動作時における力曲線の最大値は、男子の4歳児が24.6kg, 5歳児が28.4kg, 女子がそれぞれ23.5kg, 28.6kgと加齢とともに増加し、男女の各年齢間に5%水準の有意な差が認められた。筋力上昇率（反応動作時における力曲線の立ち上がり勾配の最大値から算出）は、男子の4歳児が0.31kg/ms, 5歳児が0.38kg/ms, 女子がそれぞれ0.36kg/ms, 0.38kg/msであり、各年齢間には男女とも有意な差が認められなかった。

反応動作時における男子の値を基準とした女子の相対値は、内側広筋のpsp出現率では4歳児が118.5%, 5歳児が60.2%, 外側広筋ではそれぞれ149.5%, 56.2%であり、5歳児の男女間には両筋とも5%水準の有意な差が認められた。内側広筋におけるpsp出現潜時の相対値は、4歳児が120.4%, 5歳児が99.5%, 外側広筋ではそれぞれ114.8%, 99.4%であり、4歳児の内側広筋の男女間に5%水準で有意な差が認められた。内側広筋におけるpsp持続時間の相対値は、4歳児が89.0%, 5歳児が102.4%であり、外側広筋ではそれぞれ105.7%, 108.5%であり、各年齢とも男女間に有意な差が認められなかった。動作時間の相対値は、4歳児が105.9%, 5歳児が100.2%, 最大発揮筋力ではそれぞれ95.5%と100.7%, 筋力上昇率ではそれぞれ116.1%と100.0%であり、いずれの指標についても男女間には有意な差が認められなかった。

## 3. 動作前抑制現象と身体的特性との関係

動作前抑制現象と身体的特性との相関関係については、4, 5歳の男女をまとめて処理した（表2）。psp出現率と身体的特性の関係は、外側広筋の出現率と身長の間に5%水準の有意な正の相関関係が認められた（図1）が、体重、皮下脂肪厚、脚伸展力および体重当りの脚伸展力との間には有意な相関関係が認められなかった。psp出現潜時と身体的特性との関係は、外側広筋のpsp出現潜時と皮下脂肪厚の間に5%水準の有意な正の相関関係（図2）が、外側広筋のpsp出現潜

表2 動作前抑制現象と身体的特性の相関係数

Items	Body Height	Body Weight	Skinfold Thickness	Leg Strength	Leg Strength /Body Weight
Rate of Appearance in PSP (Vastus Medialis)	0.2091	0.1589	-0.0650	0.1898	0.0835
Rate of Appearance in PSP (Vastus Lateralis)	0.2256 *	0.1160	-0.0473	0.1978	0.0614
Latency of PSP (Vastus Medialis)	-0.1894	-0.1033	0.1185	-0.2196	-0.1495
Latency of PSP (Vastus Lateralis)	-0.2038	-0.1015	0.2513 *	-0.3200 **	-0.2726 *
Duration of PSP (Vastus Medialis)	0.2204	0.1896	0.0526	-0.3190 **	-0.2638 *
Duration of PSP (Vastus Lateralis)	0.0941	0.0729	0.0232	0.0040	-0.0273
Movement Time	0.0530	0.2233 *	0.2867 **	-0.0569	-0.1209
Peak Force	0.4178 ** *	0.4442 ** *	0.0391	0.2825 **	0.1334
Rate of Tension Rise	0.0302	0.0707	-0.0159	0.0001	-0.0200

\*\*\*...p &lt; 0.001    \*\*...p &lt; 0.01    \*...p &lt; 0.05

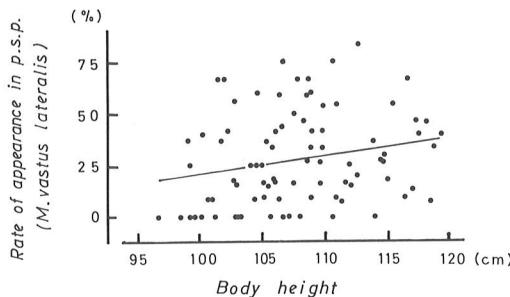


図1 身長からみた psp 出現率の関係

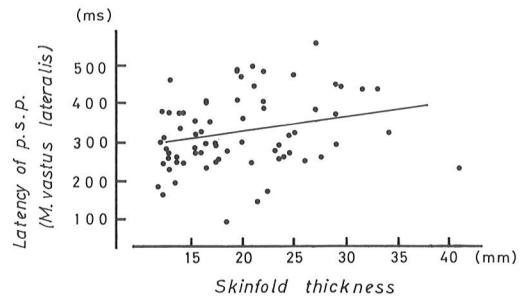


図2 皮下脂肪厚からみた psp 出現潜時の関係

時と脚筋力および体重当りの脚筋力との間にはそれぞれ1%水準と5%水準の有意な負の相関関係が認められた(図3, 4)。psp持続時間と身体的特性との間には、内側広筋のpsp持続時間と脚筋力および体重当りの脚筋力との間にはそれぞれ1%水準と5%水準の有意な負の相関関係が認められた(図5, 6)が、他の身体的特性については有意な相関関係が認められなかった。

動作時間と身体的特性との関係は、体重との間に5%水準、皮下脂肪厚との間に1%水準の有意

な正の相関関係が認められた(図7, 8)が、身長、脚筋力、体重あたりの脚筋力との間には有意な相関関係が認められなかった。反応動作中の最大発揮筋力と身体的特性との関係は、身長、体重および脚筋力の間にそれぞれ0.1%~1%水準の有意な正の相関関係が認められた(図9, 10, 11)が、皮下脂肪厚、体重あたりの脚筋力との間には有意な相関関係は認められなかった。筋力上昇率と身体的特性との相関係数については、身長、体重、皮下脂肪厚、脚筋力、体重あたりの脚筋力の

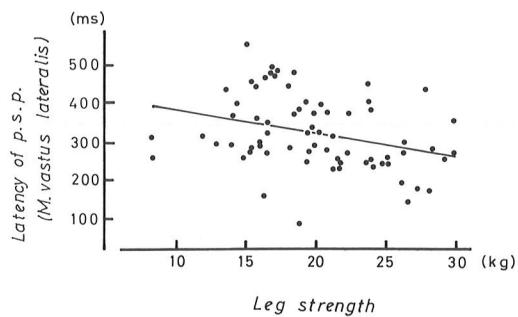


図3 脚筋力からみた psp 出現潜時の関係

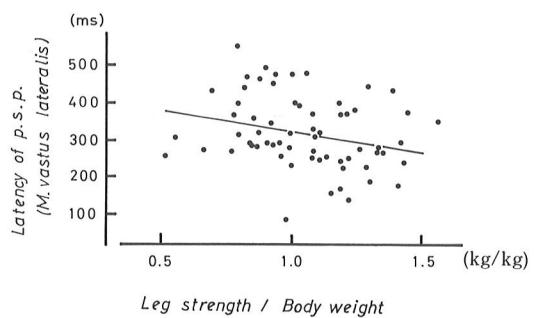


図4 体重当りの脚筋力からみた psp 出現潜時の関係

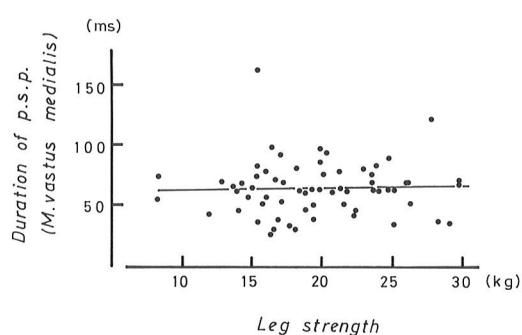


図5 脚筋力からみた psp 持続時間の関係

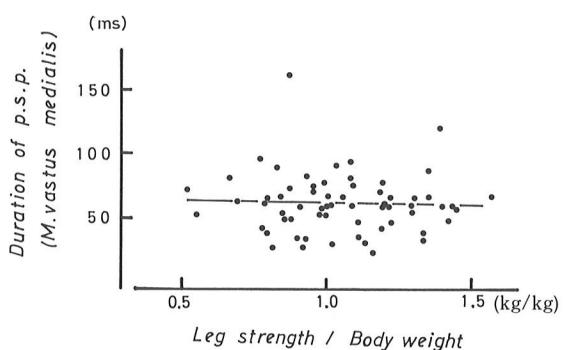


図6 体重当りの脚筋力からみた psp 持続時間の関係

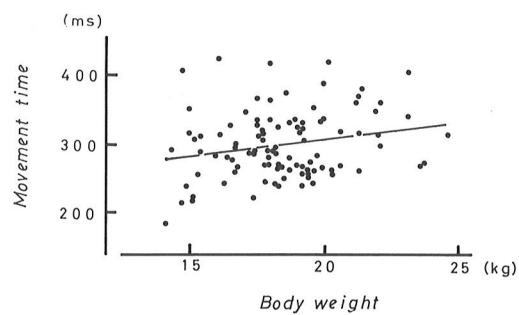


図7 体重からみた動作時間の関係

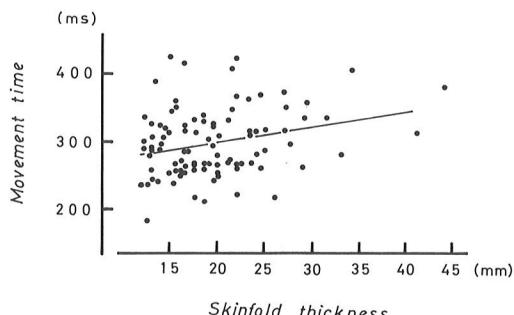


図8 皮下脂肪厚からみた動作時間の関係

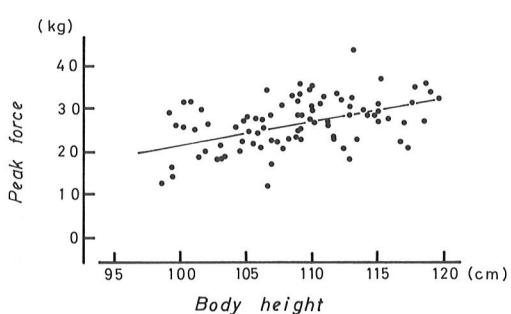


図9 身長からみた力曲線最大値の関係

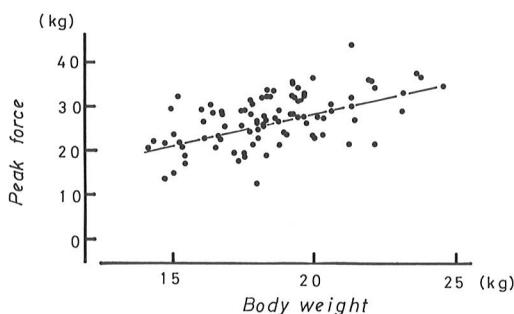


図10 体重からみた力曲線最大値の関係

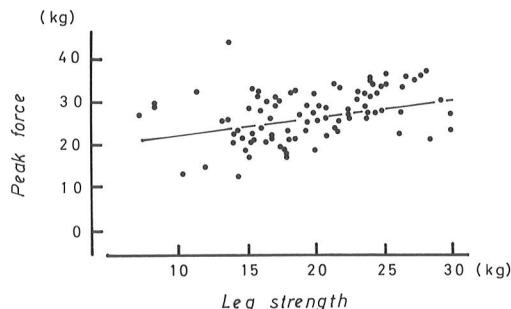


図11 脚筋力からみた力曲線最大値の関係

いずれの項目についても有意な差が認められなかった。

### 論 議

身体の加齢にともなう変化については、これまでに数多く報告され、特に幼児期における発育については、発育速度の観点から比較すると第二次性徴期よりも顕著であることが知られている。本研究の4歳から5歳にかけての発育・発達は、身長・体重の体格および脚筋力・体重当りの脚筋力の機能面とも加齢にともなって有意に増加し、身体組成の指標となる皮下脂肪厚は有意な減少を示し、本研究はこれまでの報告と一致した結果を示した。

体力に関する男女差については、様々な観点から検討され、絶対値を比較した場合は男性が女性よりも優れた結果を示すが、相対的な比較では男女差が消失し、これらの性差は質的な差異に基づくものではなく、量的な要因に依存するもの多い。幼児期における男女差は成人に比較して絶対値そのものが小さく、本研究における幼児では5歳時の身長・体重・脚伸展力に有意な差が認められたが、皮下脂肪厚と体重あたりの脚筋力には各年齢とも男女間に有意な差が認められなかった。

意図する動作を合目的に遂行するためには、末梢からのフィードバックを含めた運動制御機構を巧みに作動させ、中枢神経系からの促進性あるいは抑制性インパルスによって、筋の緊張と弛緩を自由にコントロールしなければならない。Gatev<sup>2)</sup>は、乳幼児の上肢屈伸動作を対象として、筋緊張

の抑制が発育とともに、①主動筋活動における拮抗筋の同時抑制、②主動筋活動に先行する拮抗筋抑制、③主動筋活動に先行する主動筋抑制の順序に出現頻度が増加することを報告している。

これまでに報告されている psp 出現率は、乳幼児の上肢屈伸動作を対象とした場合に約10%<sup>2)</sup>、健常成人の肘関節伸展動作における右腕に14%・左腕に18%であり<sup>22)</sup>、健常成人の運動経験年数別に比較した出現率では、右肘関節伸展動作時の非運動部所属者群に12%・短期運動部所属者群に25%・長期運動部所属者群に36%，左肘関節伸展動作ではそれぞれ16%・26%・31%であり、運動部所属年数の長期化にともなって増加することが報告されている<sup>14)</sup>。また、下肢に関する psp 出現率は、一般に上肢に比較して高い出現率を示し、川初<sup>7)</sup>は、大腿直筋が36.8%・外側広筋が67.0%・内側広筋が58.8%であり、脇田<sup>15)</sup>らの大学生を対象とした場合ではそれぞれ28.2%・57.6%・46.5%，一般高校生を対象とした場合では、25~35%であると報告している<sup>20)</sup>。本研究に用いた被検筋である内側広筋および外側広筋の出現率は、4歳児が約20~30%，5歳児が20~40%であり、従来の報告に比較して、やや低い出現率を示した。このことは、幼児期における動作前抑制現象の出現が神経系の発達した成人に比較して容易でないことを示唆するものである。

psp 出現潜時は、肘関節伸展動作の場合、およそ 100msec であると報告されている<sup>5)17)</sup>。脚伸展動作時の psp 出現潜時は、大学生・高校生を対象とした場合約 120msec であると報告されている<sup>15)20)</sup>。本研究における幼児の psp 出現潜時は、男女とも約 300msec であり、これまでの値に比較してかなり遅延した値を示した。これは、幼児期における神経系の発達が未熟であり、幼児では動作前の tonic な筋緊張を素早く抑制させることが極めて困難であることを示すものである。

psp 持続時間は、肘関節伸展動作が約 18~42 msec<sup>6)17)</sup>、脚伸展動作の成人が 80~100 msec<sup>5)21)</sup>、一流女子選手で 10~40msec<sup>7)</sup>、大学生・高校生がおよそ 40msec<sup>15)</sup>であると報告

されている。本研究における psp 持続時間は男女とも約 60msec であり、これまでの脚伸展動作による psp 持続時間と比較するとかなり延長した値を示した。 psp 持続時間は tonic な筋収縮から phasic な筋収縮への切り換えに要する時間であることから、幼児期では成人に比較して素早い切り換えが困難であるものと考えられる。

動作時間については、肥満者が<sup>8</sup> 188msec、非肥満者が 163msec であり<sup>9)</sup>、一般高校生の男子では 188.5msec、女子が 199.5msec であると報告されている<sup>20)</sup>。本研究における幼児の動作時間は、男女とも約 300msec であり、これまでの脚伸展動作による動作時間に比較してかなり延長した値を示した。幼児期における動作時間の遅延現象について検討を加えるため、高校生の筋系の関与する指標とを比較した。その結果、最大脚伸展力を基準とした反応動作時における力曲線の最大値は、高校生男子では 123.8%，女子が 172.2%<sup>20)</sup>、本研究における幼児では男子の 4 歳が 137.0%，5 歳児が 122.3%，女子ではそれぞれ 139.4%，145.6% であり、顕著な差が認められない。しかしながら、体重あたりの脚筋力は、高校生男子では 2.37 kg/kg、女子が 1.43kg/kg であり<sup>20)</sup>、本研究における幼児の比率は、約 1.00kg/kg であり、先の報告に比較して小さい値である。また、反応動作時における単位時間当たりの筋力上昇率は、一般高校生の男子が 1.67kg/ms、女子が 1.23kg/ms であり<sup>20)</sup>、本研究における幼児の値は男子 0.31kg/ms、女子 0.31kg/ms であり、高校生に比較してきわめて低い値を示した。これらのことから、幼児期においては体重に対する脚筋力が低いこと、速筋線維が未発達であることなどから、筋力上昇率の低下が動作時間を延長させる原因になったものと考えられる。従って、幼児期における反応動作では神経系のみならず、筋系の関与する動作自体をも素早くすることが困難であるといえる。

psp 発現には末梢の神経系の関与があり、準備姿勢時の筋緊張 (background tonus) の増加にともなって psp 出現率が減少し、その至適条件は最大筋力の 15–20% であると報告されている<sup>10) 19)</sup>。これらの報告から、脂肪量が多く体重に対する脚

筋力の低い被検者では、準備姿勢時の background tonus が増大し、 psp 出現率が減少する可能性のあることが推定された。そこで脇田らは、一般の高校生を対象として、動作前抑制現象と身体的特性との関係について検討したが、 psp 出現率と皮下脂肪厚・体脂肪率・脚筋力・体重あたりの脚筋力との間にはいずれも有意な相関関係が認められないと報告している<sup>20)</sup>。本実験における psp 出現率と身体特性の関係は、外側広筋の psp 出現率と身長の間にのみ有意な相関関係が認められ、他の身体的特性については有意な相関関係が認められなかった。従って、幼児期における身長の発育が、神経系の発達に影響を持つのかという点についてはさらに検討する必要があるものと思われる。本実験における psp 出現潜時と身体的特性との関係は、 psp 出現潜時と皮下脂肪厚との間には有意な正の相関関係・脚伸展力・体重当たりの脚筋力との間に有意な負の相関関係が認められた。本研究結果は、体脂肪の増大が psp 出現潜時を遅延させ、脚筋力の増大が psp 出現潜時を短縮させるという高校生を対象とした報告<sup>20)</sup>と同様の相関関係を示した。本実験における psp 持続時間と身体的特性との関係は、内側広筋の psp 持続時間と脚筋力および体重あたりの脚筋力との間に有意な負の相関関係が認められた。高校生を対象とした報告<sup>20)</sup>では、いずれの身体的特性との間にも有意な相関関係が認められていない。このことから、持続性筋放電から相動性筋放電に移行する神経系の切り替え機構が幼児期では筋力が関与し、これが加齢とともに消失するのかという点については、さらに検討する必要があると考えられる。

本実験の動作時間と身体的特性との関係は、動作時間と皮下脂肪厚との間に有意な正の相関関係が認められ、本研究は高校生を対象とした報告<sup>20)</sup>と一致した結果を得た。従って、この肥満者における動作時間の遅延は、体脂肪が単なる物理的負荷として作用することによるものと考えられる。本実験の反応動作の力曲線の最大値と身体的特性との関係は、身長・体重・脚筋力との間に有意な相関関係が認められた。高校生を対象とした報告

では、反応動作の最大値との脚筋力および体重当りの脚筋力との間にはいずれも有意な正の相関関係が認められており<sup>20)</sup>、本研究は一致した結果を示した。本実験の筋力上昇率と身体的特性との間には、いずれの項目についても有意な相関関係は認められなかった。しかし、高校生を対象とした報告では、筋力上昇率と脚筋力および体重当りの脚筋力との間にはいずれも有意な正の相関関係が認められており<sup>20)</sup>、本研究とは異なる結果を示した。これについては、前述したように幼児期における筋系の未発達な段階では反応動作時の筋力発揮が成人とは異なる様相を示すものと考えられる。

本研究結果から、幼児期における動作前抑制現象は、成人に比較して出現頻度の減少、出現潜時の遅延、持続時間の延長および反応動作での動作時間の延長が認められ、神経筋機能の発達が極めて未熟な段階にあることが示唆された。

## 要 約

本研究は、4・5歳の健常な幼児105名を対象として、持続性筋収縮から相動性筋収縮への切り換時に出現する動作前抑制現象と被検者の身体的特性との間にどの様な関係にあるかを究明することをその目的とし、次のような結果を得た。

1) 身体的特性の加齢的变化は、身長・体重・脚伸展力が有意な増加、皮下脂肪厚が有意な減少をした。

2) 動作前抑制現象の加齢的变化は、男子の内側広筋の psp 出現率が有意な増加、女子の psp 出現潜時が有意な短縮を示した。

3) psp 出現率と身体的特性の関係は、身長との間に有意な相関関係が認められたが、皮下脂肪厚・脚伸展力・体重当りの脚伸展力との間に有意な相関関係は認められなかった。

4) psp 出現潜時と身体的特性の関係は、皮下脂肪厚との間に有意な正の相関関係、脚伸展力と体重当りの脚伸展力との間に有意な負の相関関係が認められた。

5) 動作時間と身体的特性との関係は、体重と皮下脂肪厚との間に有意な正の相関関係が認められ

た。

6) 力曲線の最大値と身体的特性との関係は、身長、体重、脚伸展力との間には有意な正の相関関係が認められた。

## 引用・参考文献

- 1) 青木 久・三田勝巳・塚原玲子・矢部京之助：「動的筋力発揮に与える動作前筋放電休止期の影響」星川 保・豊島進太郎（編），走跳投打泳運動における“よい動き”とは，第7回日本バイオメカニクス大会論集，235-239, 1984.
- 2) Gatev, V. "Role of inhibition in the development of motor co-ordination in early childhood", Develop. Med. Child Neurol., 14 : 336-341, 1972.
- 3) 半場道子・永田 晟・室 増男：「咀嚼筋放電のquiet period 出現と筋電図周波数分析(FFT)について」日本生理誌, 44 : 253-264, 1982.
- 4) 猪飼道夫：「動作に先行する抑制機構」日本生理誌, 17 : 292-298, 1955.
- 5) 猪飼道夫・矢部京之助・山本高志・川初清典・渡辺和彦・手塚政孝：「随意動作に先行する silent period の発現機構」体育学研究, 18 : 127-133, 1974.
- 6) 笠井達哉・館山 昭：「動作開始前 silent period の出現頻度とその持続時間に与える練習の影響」体育の科学, 30 : 745-749, 1980.
- 7) 川初清典：身体運動における巧みさの科学，初版，杏林書院，1982, Pp. 128, 1982.
- 8) Kawahatu, K. and Miyashita, M., "Electromyogram premotion silent period and tension development in human muscle," Exp. Neurol., 82 : 287-302, 1983.
- 9) 北川 薫・磨井祥夫・宮下充正：「跳躍反応動作にみる肥満の影響」体育の科学, 30 : 741-743, 1980.
- 10) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助：「随意動作に先行する silent period の出現と静的準備状態との関係」医用電子と生体工学, 16 : 390-395, 1978.
- 11) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助：「反応開始前にみる筋活動水準の変化」体力科学, 31 : 234-241, 1982.
- 12) 三田勝巳・青木 久・矢部京之助：「反応開始前にみる運動ニューロンの興奮水準の変化過程」医用電子と生体工学, 20 : 162-169, 1982.
- 13) 長嶺晋吉：「皮下脂肪厚からの肥満の判定」日本医師会雑誌, 68 : 919-924, 1972.
- 14) 脇田裕久・水谷四郎・東海政義・三田勝巳・青木 久・矢部京之助：「随意動作に先行する silent period の出現率について」体育学研究, 24 : 227-236, 1979.

- 15) 脇田裕久・水谷四郎・矢部京之助「動作直前に出現する二様式の筋放電休止の比較—反応動作と非反応動作—」体育学研究, 32: 49-56, 1987.
- 16) 脇田裕久・長井健二・八木規夫・矢部京之助: 「反応動作における動作前 silent period の影響」体育学研究, 26: 120-128, 1981.
- 17) 脇田裕久・矢部京之助: 「指示条件の違いによる動作前 silent period の出現について」体力科学, 33: 192-200, 1984.
- 18) 脇田裕久・矢部京之助: 「反応動作直前に出現する抑制現象の発達的研究」総合保健体育科学, 11: 5-13, 1988.
- 19) 脇田裕久・八木規夫・長井健二・東海政義・矢部京之助: 「動作前 silent period の出現率について—第6報 筋収縮の切り換え機構に及ぼす荷重負荷の影響—」三重大学教育学部研究紀要(自然科学), 38: 69-76, 1987.
- 20) 脇田裕久・八木規夫・長井健二・矢部京之助: 「動作前 silent period の出現率について—第7報 身体特性の影響—」三重大学教育学部研究紀要(自然科学), 39: 35-45, 1988.
- 21) Yabe, K., "Premotion silent period in rapid voluntary movement," J. Appl. Physiol., 41: 470-473, 1976.
- 22) 矢部京之助・村地俊二: 「随意動作に先行する silent period の役割」日本生理誌, 37: 91-98, 1975.

