

「反応動作直前に出現する抑制現象の発達の研究」

Developmental Study of Premotion Silent Period Observed Just before a Rapid Voluntary Movement.

脇田 裕久*¹ 矢部 京之助*²

Hirohisa WAKITA *¹, Kyonosuke YABE *²

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 developmental changes on the appearance of p. s. p. Subjects were healthy 143 boys and 125 girls aged 13-18 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 a 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 for boys and girls from this experiment.

- 1) No developmental changes of the rate of appearance in p. s. p. were found.
- 2) The latency of p. s. p. shortened with age.
- 3) No developmental changes of the duration of p. s. p. were found.
- 4) The movement time prolonged with age.
- 5) The rate of tension rise risen with age.

It is suggested from these results that no developmental changes of nervous switching mechanism (the rate of appearance in p. s. p. and the duration of p. s. p.) were found, and muscular system (the movement time and the rate of tension rise) changed with the increase of age.

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^{1)~8)}_{10)~12) 15)~22)}。これまでに報告されている動作前 silent period の出現率は、乳幼児の上肢屈伸動作を対象とした場合に約10%²⁾、健常成人の肘関節伸張動作における右腕に14%・左腕に18%である²²⁾。また、健常成人の運動経験年数別に比較した出現率では、右肘関節伸張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%、左肘関節伸張動作では、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¹⁵⁾。また、下肢に関する動作前 silent period は、一般に上肢に比較して高い出現率を示し、川初⁷⁾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¹⁶⁾らはそれぞれ28.2%・57.6%・46.5%であると報告している。これらの報告はいずれも幼児または成人を対象にしたものであり、発育期における動作前抑制現象について加齢の変化から論究された報告は見受けられない。

*¹三重大学教育学部

*²名古屋大学総合保健体育科学センター

*¹Faculty of Education, Mie University

*²Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

本研究は、13-18歳の生徒を対象に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 を指標として、発育期における敏捷性動作の神経筋機能の加齢的变化を横断的に究明することをその目的とした。

実験方法

13-18歳の健康な男子143名・女子125名・計268名を被検者とした。形態については、身長・体重・皮下脂肪厚（上腕背部と肩甲骨下部）を測定し、皮下脂肪厚から長嶺¹⁴⁾の式による体脂肪率を算出した。

最大脚伸展力の測定は、被検者に膝関節90度屈曲の仰臥姿勢をとらせ、ワイヤーに接続された皮革製のベルトを被検者の足関節に固定した。また、ワイヤーの他端は、中間に張力計を接続して固定され、被検者の最大努力による等尺性の脚伸展力を左右の両関節について測定できるようにした。

反応動作の測定は、force plate 上の被検者に両上肢下垂、膝関節約50度屈曲の立位準備姿勢をとらせ、被検者の前方 2m ・高さ 1.5m の位置に設置した光刺激 (xenon lamp) を注視するように指示した。検者の「用意」の合図の後、2-5秒後に光刺激を与え、できるだけ素早い跳躍反応動作を行わせた。測定回数は、各被検者について15試行実施させた。

筋電図は、右側の外側広筋・内側広筋および大腿二頭筋から表面双極導出法を用いて記録した。力曲線の鉛直分力については、force plate から同時に記録できるようにした。

実験結果

1. 体脂肪率

男子と女子の体脂肪率の加齢的变化を図1に示した。男子における体脂肪率は、13歳が14.6%、15歳が14.9%、18歳が12.9%であり、加齢にともなってやや減少する傾向を示した。各年齢間には、13歳と14歳の間に1%水準の有意な差が認められた。

女子における体脂肪率は、13歳が20.6%、15歳が21.9%、18歳が25.4%であり、加齢にともなっ

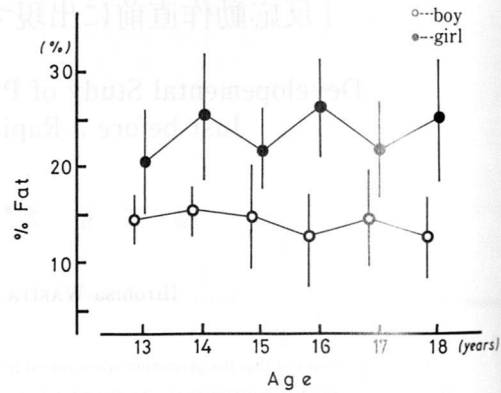


Fig. 1 Changes of percent fat with increase of age.

てわずかに増加する傾向にあった。各年齢間には、13歳と14歳、14歳と15歳、16歳と17歳の間にそれぞれ5%水準、15歳と16歳の間に1%水準の有意な差が認められた。また、男女差については、各年齢とも女子の体脂肪率が男子に比較して大きい値を示し、いずれの年齢においても1%水準の有意な差が認められた。

2. 体重当りの脚筋力

男子と女子における体重当りの脚筋力（左右の最大脚伸展筋力の合計値を体重で除した値）の加齢的变化を図2に示した。男子における体重当り

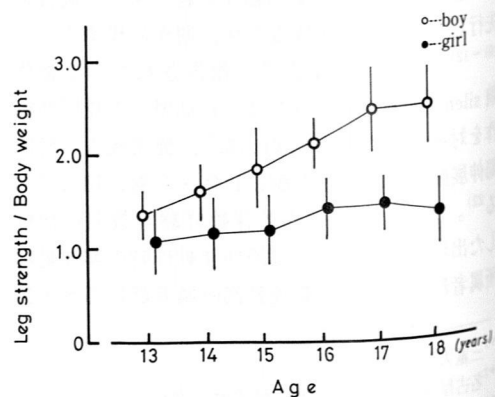


Fig. 2 Changes of leg strength per body weight with increase of age.

の脚筋力は、13歳が1.35、15歳が1.86、17歳が2.48であり、加齢にともなって急激に増加する傾向にあった。各年齢間には、16歳と17歳の間に1%水準、15歳と16歳の間に5%水準の有意な差が認められた。

女子における体重当りの脚筋力は、13歳が1.09、15歳が1.20、17歳が1.47であり、加齢にともなわずかに増加する傾向にあった。各年齢間には、15歳と16歳の間に1%水準の有意な差が認められた。また、男女差については、各年齢とも男子の体重当りの脚筋力が女子に比較して大きい値を示し、いずれの年齢においても1%水準の有意な差が認められた。

3. p. s. p. 出現率

男子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 出現率を図3に示した。男子における内側広筋の p. s. p. 出現率は、13歳が22.6%、15歳が29.0%、17歳が29.8%、外側広筋ではそれぞれ34.5%、39.9%、36.6%であり、加齢にともなう変化は観察されなかった。各年齢間の比較については、両筋ともいずれの年齢間にも有意な差が認められなかった。

一方、女子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 出現率を図4に示した。女子における内側広筋の p. s. p. 出現率は、13歳が27.6%、15歳が25.4%、

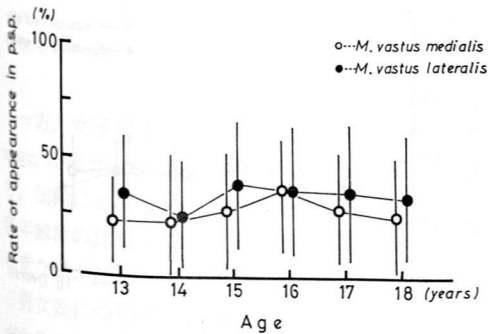


Fig. 3 Changes of rate of appearance in p. s. p. with increase of age (boy).

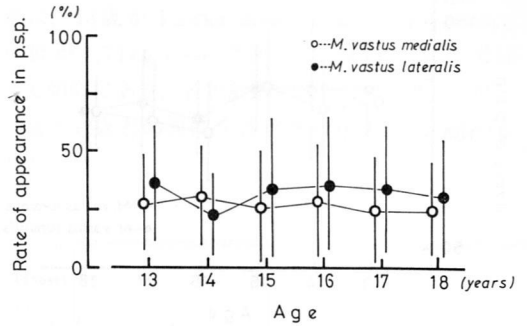


Fig. 4 Changes of rate of appearance in p. s. p. with increase of age (girl).

17歳が24.4%、外側広筋ではそれぞれ36.6%、31.5%、34.8%であり、加齢にともなう変化は観察されなかった。各年齢間の比較については、両筋ともいずれの年齢間にも有意な差が認められなかった。

男女差については、各年齢ともに男子が女子に比較して高い p. s. p. 出現率を示したが、いずれの年齢においても有意な差は認められなかった。また、被検筋による差異については、男女とも外側広筋の p. s. p. 出現率が内側広筋の p. s. p. 出現率に比較してやや高くなる傾向にあったが、両筋の間には有意な差は認められなかった。

4. p. s. p. 出現潜時

男子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 出現率潜時を図5に示した。男子における内側広筋の p. s. p. 出現潜時は、13歳が139.9msec、15歳が121.1msec、17歳が105.1msec、外側広筋ではそれぞれ119.9msec、120.4msec、113.4msecであり、加齢にともなう短縮する傾向を示した。各年齢間の比較については、15歳と16歳の間に内側広筋に1%水準、外側広筋5%水準の有意な差が認められた。

一方、女子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 出現率潜時を図6に示した。女子における内側広筋の p. s. p. 出現潜時は、13歳が132.8msec、15歳

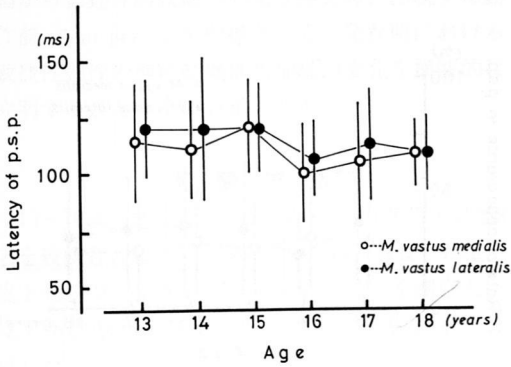


Fig. 5 Changes of latency of p. s. p. with increase of age (boy).

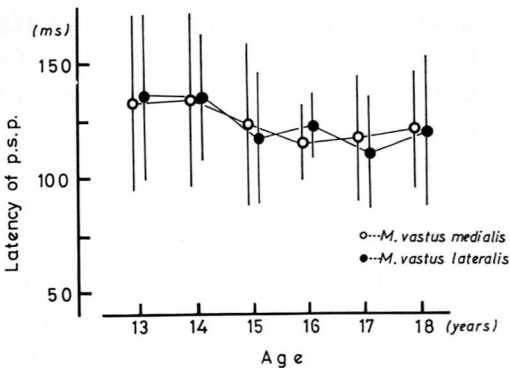


Fig. 6 Changes of latency of p. s. p. with increase of age (girl).

が 122.5msec, 17歳が 116.8msec, 外側広筋ではそれぞれ 136.0msec, 119.9msec, 110.5msec であり, 加齢ともなって短縮する傾向を示した。各年齢間の比較については両筋ともいずれの年齢間にも有意な差が認められなかった。

男女差については, 各年齢ともに男子の p. s. p. 出現潜時が女子に比較してやや短縮した値を示し, 内側広筋では16歳の男女間に 5%水準の有意な差が認められた。また, 被検筋による p. s. p. 出現潜時の差異については, 各年齢とも, 男女ともに両筋の間に有意な差は認められなかった。

5. p. s. p. 持続時間

男子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 持続時間を図 7 に示した。男子における内側広筋の p. s. p. 持続時間は, 13歳が 41.0msec, 15歳が 48.0msec, 17歳が 45.6msec, 外側広筋ではそれぞれ 39.0msec, 47.2msec, 44.3msec であり, 加齢ともなう顕著な変化は観察されなかった。各年齢間の比較については, 14歳と15歳の間の外側広筋に 5%水準の有意な差が認められた。

一方, 女子における内側広筋と外側広筋の p. s. p. 持続時間を図 8 に示した。女子における内側広筋の p. s. p. 持続時間は, 13歳が 42.6msec, 15歳が

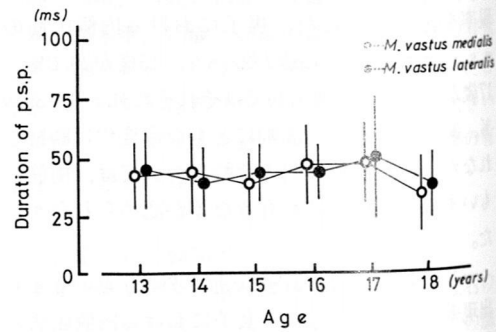


Fig. 7 Changes of duration of p. s. p. with increase of age (boy).

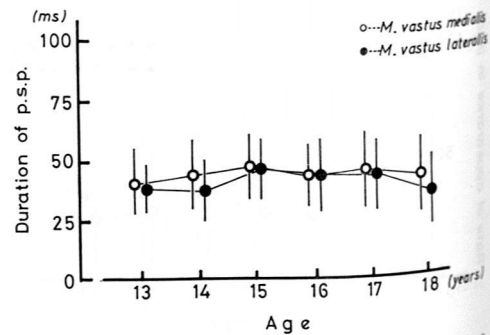


Fig. 8 Changes of duration of p. s. p. with increase of age (girl).

39.8msec, 17歳が 48.5msec, 外側広筋ではそれぞれ 44.8msec, 44.3msec, 49.9msec であり, 加齢にともなう変化は観察されなかった。各年齢間の比較については, 両筋ともいずれの年齢間にも有意な差が認められなかった。

男女差については, 内側広筋の p. s. p. 持続時間では各年齢とも有意な差は認められなかったが, 外側広筋では16歳に1%水準の有意な差が認められた。また, 被検筋による差異については, 男女とも両筋の間に有意な差は認められなかった。

6. 動作時間

男子と女子の動作時間(力曲線の立ち上がりから終了までの時間)を図9に示した。男子における動作時間は, 13歳が 167.5msec, 15歳が 185.8msec, 17歳が 186.0msec であり, 加齢にともなうやや延長する傾向を示したが, 各年齢間には有意な差は認められなかった。

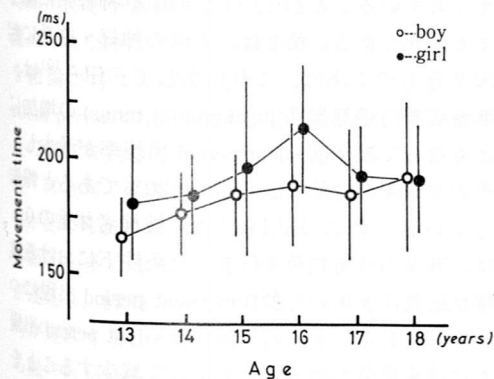


Fig. 9 Changes of movement time with in crease of age.

一方, 女子における動作時間は, 13歳が 182.5msec, 15歳が 197.4msec, 17歳が 193.8msec であり, 加齢にともなうやや延長する傾向を示し, 各年齢間の比較では16歳と17歳の間に5%水準の有意な差が認められた。

男女差については, 各学年とも男子の動作時間が女子よりも短縮した値を示し, 13歳に5%水準, 16歳に1%水準の有意な差が認められた。

7. 筋力上昇率

男子と女子の筋力上昇率(単位時間当りの筋力発揮率)を図10に示した。男子における筋力上昇率は, 13歳が 1.22kg/msec, 15歳が 1.45kg/msec, 17歳が 1.71kg/msec であり, 加齢とともに増加する傾向にあり, 各年齢間の比較では15歳と16歳・16歳と17歳との間に5%水準の有意な差が認められた。

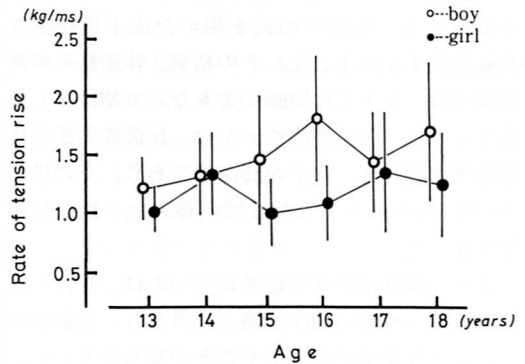


Fig. 10 Changes of rate of tension rise time with in-crease of age.

一方, 女子における筋力上昇率は, 13歳が 1.02kg/msec, 15歳が 1.00kg/msec, 17歳が 1.35kg/msec であり, 加齢とともに増加する傾向にあり, 各年齢間の比較では13歳と14歳・14歳と15歳との間にそれぞれ1%水準の有意な差が認められた。

男女差については, 男子の筋力上昇率が女子よりも大きな値を示す傾向がみられ, 15歳・16歳・18歳にそれぞれ1%水準の有意な差が認められた。

論 議

身体に関する加齢的变化については, これまでに数多くの報告がなされてきている。筋力については, 思春期までは緩やかな増加であるが, 思春期以降急激な増加を示し, その性比については, 成人女子は成人男子の約50-60%であると報告されている¹³⁾。本研究における脚伸展筋力の発達経過は, これまでの報告と一致した経過を示し, 男

女差については18歳（最大脚伸展力の左右の平均値：男子が73.9kg・女子が34.7kg）の性比が約47%である。また、本研究で用いた体重当りの脚筋力の性比は、18歳で54.2%となり、これまでの報告と近似した値を示した。

また、皮下脂肪厚については、山川²³⁾が10歳から19歳までの女子を対象に7部位の皮下脂肪厚を計測し、上腕三頭筋、肩甲骨下、臍の横の皮下脂肪厚は加齢にともなって増加することを報告している。また、成人女子の皮下脂肪厚は、男子の2倍から3倍に達すると報告されている²²⁾。本研究では、長嶺¹⁴⁾の式を用いた皮下脂肪厚から体脂肪率を算出した。その結果、体脂肪率の発達経過は、女子では加齢にともなって増加する傾向を示した。男女差については、18歳の男子の体脂肪率が12.9%、女子が25.4%であり、その性比は196.9%となり、これまでの報告と一致した結果を示した。

また、神経系の発達経過については、身長や筋力などの一般型の発達経過とは異なり、10歳頃までに急速な発達経過を示すことが知られている。神経系の指標である全身反応時間の男女差は、高校2年生頃から女性が遅延する傾向のあることが指摘されているが、体重を用いない単純反応時間については性差のないことが報告されている²²⁾。

一方、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。Gatev²⁾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にともなって、①主動筋活動時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動作前 silent period の出現率は、乳幼児の上肢屈伸動作を対象とした場合に約10%²⁾、健康成人の肘関節伸展動作における右腕に14%・左腕に18%である²²⁾。また、健康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¹⁵⁾。また、下肢に関する動作前 silent period は、一般に上肢に比較して高い出現率を示し、大腿直筋が28%~36%・外側広筋が58%~67%・内側広筋が47%~59%であると報告されている⁷⁾¹⁶⁾。しかし、これらの出現率に関する加齢的变化を究明した報告は見受けられていない。本実験における動作前 silent period の出現率の加齢的变化は、男子の内側広筋が25-35%・外側広筋が30-40%、女子ではそれぞれ25-30%、25-35%であり、加齢にともなう顕著な変化は認められず、ほぼ一定の出現率を示したが、これらの出現率は先の報告よりやや少ない値であった。

動作前 silent period の発現については、2条件を満たすことが必要とされている。第1は、動作前 silent period の発現が大脳皮質前頭葉・小脳・脳幹抑制領域からの遠心性インパルスの関与が考えられていることから、上位の中枢神経系に関する問題である。第2は、末梢の神経・筋系に起因するものであり、これに関して三田¹⁰⁾は、準備姿勢時の筋緊張 (background tonus) の増加にともなって動作前 silent period 出現率が減少し、その至適条件は最大筋力の15-20%であると報告している。また、脇田¹⁹⁾は、被検者体重の0、15、30%の荷重負荷を付加した条件下における跳躍反応動作を用いた動作前 silent period 出現について観察した。その結果動作前 silent period 出現率は荷重負荷の増大にともなって減少することを報告し、三田¹⁰⁾らの報告を支持する結果を得た。これらの報告から、脂肪量が多く体重に比して脚筋力の小さい被検者では、準備姿勢時の background tonus が増大し、動作前 silent period 出現率が減少する可能性のあることが推定される。本研究の動作前 silent period 出現率は、各年齢の内側広筋・外側広筋とも、男子が女子に比較して高い出現率を示した。この点に関しては、女子の脚筋力が男子に比較して少なく、女子の皮下脂肪が大きいことから、女子の準備姿勢時における back-

ground tonus が男子に比較して高くなったために、女子の出現率が男子に比較して小さくなったものと考えられる。

動作前 silent period の出現潜時については、肘関節伸展動作の場合、猪飼⁵⁾はその最頻値が 100msec であるとし、脇田¹⁸⁾は、筋収縮速度を高める条件が 117msec・動作開始時間を短縮する条件が 100msec であると報告している。また、脚伸展動作時の出現潜時は約 120msec であると報告されている¹⁶⁾。本実験の動作前 silent period 出現潜時の平均値は、男子の内側広筋が 140msec から 100msec、外側広筋が 120msec から 105msec、女子では両筋とも 130msec から 115msec であり、男女とも加齢にともなう減少する傾向を示した。これらの出現潜時の値は、いままでに報告されている値と類似した結果を示した。

北川⁹⁾は、跳躍反応動作と肥満の関係について検討を加え、肥満者の反応時間は、非肥満者と比較して刺激から筋放電開始までの EMG 反応時間が長くなる傾向を示すが、両者に有意な差が認められないことから神経系機能に差のないことを結論づけている。また、脇田²⁰⁾は動作前 silent period の出現潜時と皮下脂肪厚・体脂肪率との間に有意な正の相関関係が認められ、脚伸展力・体重当りの脚筋力との間に有意な負の相関関係が認められることを報告している。このことは、体脂肪が多くなるにしたがって p. s. p. 出現潜時が遅延し、脚筋力が増大するにともなう出現潜時が短縮することを示唆している。本研究における動作前 silent period の出現潜時の男女差は、各学年とも男子が女子に比較して短縮した値を示した。このことについては、女子の体脂肪率が男子に比較して大きく、女子の体重あたりの脚筋力が男子に比較して小さいことが、女子の p. s. p. 出現潜時を遅延させたものと考えられる。

動作前 silent period の持続時間については、肘関節伸展動作では約 18-42msec^{6) 18)}、脚伸展動作では 80-100msec^{5) 21)}、一流女子選手で 10-40msec⁷⁾であり、比較的身体的なトレーニングを行っている人でおよそ 40msec であると報

告されている¹⁶⁾。脇田²⁰⁾は、動作前 silent period 持続時間と皮下脂肪厚・体重脂肪率・脚筋力・体重あたりの脚筋力との間には何れも有意な相関関係が認められないことを報告し、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換え機構が脂肪量や筋力などの身体的特性には影響をもたない、主として神経系が関与する問題であると推察している。本実験における動作前 silent period の持続時間の平均値は、各学年の男女および各被検筋とも約 40msec であり、加齢にともなう変化および男女差は認められなかった。これらの動作前 p. s. p. 持続時間の値は、これまでの報告と一致した値であり、本研究においても形態や筋力の加齢の変化が動作前 silent period 持続時間に影響を持たないことが明かとなった。

北川⁹⁾は、力曲線から分析した動作時間が肥満者で 188msec、非肥満者で 163msec であり、両者の間に有意な差が認められることから肥満者の全身反応時間の遅延は動作時間に関係があることを指摘している。また、脇田²⁰⁾は、反応動作時における動作時間と皮下脂肪厚・体脂肪率との間に有意な正の相関関係が認められることを報告し、北川⁹⁾と一致した結果を得ている。本研究の動作時間は、男子が 160msec から 190msec、女子が 180msec から 210msec であり、加齢にともなう延長する傾向にあった。女子の動作時間が男子に比較して延長することについては、女子の体脂肪率が男子に比較して高い値を示し、この体脂肪が単なる物理的負荷として作用するためであると考えられる。

筋力発揮に関する動作前 silent period の役割は、筋力上昇率を高めることに貢献することが指摘されている¹⁷⁾。この筋力増強効果機構について、青木¹⁾は、動作前 silent period にともなう脱力が筋を伸張し、弾性エネルギーが利用されるためであると考察している。脇田²⁰⁾は、動作前 silent period 出現率と反応動作時の筋力上昇率や力曲線の最大値との間には有意な相関関係が認められることを報告し、このことから動作前 silent period 出現が、脂肪量や静的筋力に依存するものではなく、反応動作時の筋力上昇率や力曲線の最大値な

どの動的筋力に依存することを示唆するものであると報告している。しかしながら、本研究では、男子の筋力上昇率が加齢にともなって増大する傾向を示したものの、p. s. p. 出現率には加齢にともなう顕著な増加が認められず、この点については今後検討されなければならない問題であると考えられる。

本研究結果は、13歳から18歳までの年齢における青少年のp. s. p. 出現率やp. s. p. 持続時間などの神経切り換え機構については、加齢にともなう顕著な変化を示さず、動作時間や筋力上昇率などの筋系の関与する要因については、加齢にともなう変化のあることを示唆するものである。

要 約

本研究は、13-18歳の被検者を対象に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 を指標として、発育期における敏捷性動作の神経筋機能の加齢的变化を横断的に観察し、次のような結果を得た。

- 1) 男子の体脂肪率は、加齢とともにやや減少傾向にあるが、女子では逆にやや増加傾向を示した。体脂肪率の男女差は、各年齢とも女子が男子に比較して高い値を示し、いずれの年齢においても1%水準の有意な差が認められた。
- 2) 男子の体重当りの脚筋力は、加齢とともに急激な増加傾向にあり、女子では緩慢な増加傾向を示した。体重当りの脚筋力の男女差は、各年齢とも男子が女子に比較して高い値を示し、いずれの年齢においても1%水準の有意な差が認められた。
- 3) p. s. p. 出現率は、男女とも加齢にともなう顕著な変化が認められなかった。p. s. p. 出現率の男女差は、各年齢とも男子が女子に比較して高出現率を示す傾向にあった。
- 4) p. s. p. 出現潜時は、男女とも加齢にともなってやや短縮する傾向を示した。p. s. p. 出現潜時の男女差は、各年齢とも男子が女子に比較してわずかに短縮する傾向にあった。
- 5) p. s. p. 持続時間は、男女とも加齢にともなう顕著な変化が認められなかった。p. s. p. 持

続時間の男女差は、両者の間に有意な差は認められなかった。

6) 動作時間は、男女とも加齢にともなってやや延長する傾向を示した。動作時間の男女差は、いずれの年齢においても男子が女子に比較して短縮する傾向にあった。

7) 筋力上昇率は、男女とも加齢にともなって増加する傾向を示した。筋力上昇率の男女差は、いずれの年齢においても男子が女子に比較して増大した値を示した。

以上のことから、13歳から18歳までの年齢において、p. s. p. 出現率・p. s. p. 持続時間などの神経切り換え機構では、加齢にともなう変化が認められないが、動作時間・筋力上昇率などの筋系については、加齢にともなって増加することが明らかにされた。

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, Pp.128, 1982.
- 8) Kawahatsu, K. and Miyashita, M., "Electromyogram pre-movement silent period and tension development in human muscle," *Exp. Neurol.*, 82: 287-302, 1983.
- 9) 北川 薫・磨井祥夫・宮下玄正「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・齋木 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・齋木 久・矢部京之助「反応開始前における筋活動水準の変化」体力科学, 31: 234-241, 1982.
- 12) 三田勝巳・齋木 久・矢部京之助「反応開始前におけ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) 水谷四郎・奥田 博・脇田裕久「日本人の肘関節屈筋力の発達」体育学研究, 17: 277-286, 1973.
- 14) 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.
- 15) 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.
- 16) 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 - 反動動作と非反動動作」体育学研究, 32: 49-56, 1987.
- 17) 脇田裕久・長井健二・八木規夫・矢部京之助「反動動作におよぼす動作前 silent period の影響」体育学研究, 26: 120-128, 1981.
- 18) 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.
- 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: 1988. 印刷中
- 21) Yabe, K., "Promotion 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.
- 23) 山川 純「女性とスポーツ」石河利寛・松井秀治 (編), スポーツ医学, 165-167, 1987.

(昭和62年12月26日受付)

