

氏名(本籍)	かね だ たけ し 金 田 健 史(大 阪 府)		
学位の種類	博 士(学 術)		
学位記番号	博 甲 第 3247 号		
学位授与年月日	平成15年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	体育科学研究科		
学位論文題目	随意運動遂行に伴う児童の感覚—運動処理過程に関する研究		
主査	筑波大学教授	学術博士	西平賀昭
副査	筑波大学教授	医学博士	高井省三
副査	筑波大学助教授	教育学博士	田中喜代次
副査	筑波大学教授	博士(心身障害学)	前川久男

論文の内容の要旨

運動経験の開始時期にあたる児童期は体育科学の研究分野において、欠くことのできない重要な時期であると思われる。これまでヒトがどのように動作をおこない、また神経系がどのようにその動作の発現に関与しているのかといったことに関しては運動制御研究において、主に成人を対象として行われてきた。このため、心身の成長や発達にとって重要な時期である小学校、中学校の時期における体育の重要性を主張する上でも、児童期と随意運動の発現、遂行との関わりを検討していくことで、体育科学の研究分野から我々の生活に密接した運動、動作へのアプローチができると思われる。運動制御研究ではこれまで反応時間(RT)を筋電図(EMG)と同時記録することにより、刺激から主動筋の筋収縮開始までの時間(MT)に分けられ、RTを構成する要因が中枢性の要因と末梢性の要因のそれぞれで検討されるようになった。しかしながら、これらの方法でも筋活動に与える上位中枢の考察は推測の域を脱しなかった。そこでRTとの対応から、中枢内の情報処理過程を実体的に評価する指標として、刺激等によって誘発される脳波変動の一つであるERPが用いられている。ERPには誘発されるN100, N200, P300や、運動関連脳電位(MRCP)が含まれる。ヒトの随意運動の発現には、感覚入力や外界の情報を受け、適切に処理する認知情報処理過程と運動発現にかかわる運動出力過程が大きな役割を持つといわれている。

そこで本研究では、6～13歳までの児童期における運動の発現に関わる一連の感覚—運動処理過程の働きが成人と相違があるかどうか、N100, N200, P300などの事象関連電位やEMG-RTを用いて検討すると共に、課題を操作することで、児童特有にみられる感覚—運動処理過程の変動についても検討を試みた。

研究課題1では、RTとEMGの同時記録によって得られた児童と成人のRT, EMG-RT, MTが、単純反応課題と選択反応課題を遂行した際にどのように変動するかについて、健康な児童19名、成人14名を用いて検討した。被検者はヘッドホンから聞こえる1種類あるいは2種類の音刺激のうち、2000Hzの音に対してできるだけ素早い右肘間接の伸展動作を行った。その結果、児童のRT, EMG-RT, MT全てが課題に関わらず、成人と比較して有意に遅く、児童では中枢、末梢を含めた情報処理過程のいずれの処理速度も遅いことが示唆された。しかも児童ではEMG-RTがRTに占める割合が成人よりも高く、児童のRTに強く関与しているのはEMG-RTであった。よって中枢要因、つまり中枢内の感覚—運動処理過程の働きが強く関与することが示唆された。

研究課題2では、児童期の認知情報処理過程の活動に関わる児童のP300が、成人と比べてどのように出現するかについて、健康な児童18名、成人12名を用いて検討した。被検者はヘッドホンから聞こえる2種類の音刺激のうち、標的刺激に対してのみできるだけ素早い右肘関節の伸展動作を行い、その際得られたERP波形、P300成分の潜時・振幅を分析した。その結果、児童においても成人と同様のERP波形が同定されたが、児童のP300潜時は成人と比較して有意に遅く、P300振幅は有意に大きかった。これより、課題を遂行する際の情報処理過程の働きが児童においても成人同様にみられるが、児童ではEMG-RTによって反映される反応実行過程だけでなく、入力される刺激処理過程のいずれかが成人と比べて遅く、これが児童期における課題の遂行に起因していることが示唆された。また、児童のP300振幅は成人よりも大きかったことは、頭蓋骨の肥厚の違いなどの器質的な要因と処理資源の分配量が異なるなどの機能的な要因が関与する可能性が考えられた。

研究課題3では、児童期の認知情報処理過程の中でもより早期の活動に注目し、単純反応課題と選択反応課題を遂行した際に、早期成分であるN100、N200が児童では成人と比べてどのように変動するかについて、健康な児童17名、成人13名を用いて検討した。被検者はヘッドホンから聞こえる1種類あるいは2種類の音刺激のうち、標的刺激に対してできるだけ素早い右肘関節の伸展動作を行った。その結果、単純反応課題でのN100振幅は児童と成人の間に差は認められないが、児童の選択反応課題でN100振幅は成人よりも有意に大きかった。さらに、児童のN200振幅は標準刺激、標準刺激とも成人より大きな値を示し、成人のN200振幅は標的刺激で有意に大きな振幅を示した。しかしながら、児童ではどちらの刺激においてもN200が得られ、そのため刺激間に差は認められなかった。これより、児童ではより早期の情報処理過程においても処理速度が成人と比べて遅く、しかも選択反応課題のように刺激弁別や刺激の分類といった処理を必要とする場合には、児童の情報処理過程は成人と異なる、児童期特有の活動を示す可能性が示唆された。

研究課題4では、運動の遂行に関わる運動出力過程に注目し、自発的動作の遂行における出力量の規定の有無と出力量の違いから、児童のMRCPが児童では成人と比べてどのように変動するかについて、健康な児童15名、成人9名を用いて検討した。被検者は自己ペースで3種類の右手関節の自発的な屈曲動作を行った。まず実験開始前に、用いる動作を遂行した際の被検者のMVCを測定した。次に、オシロスコープ上に指標ビームが提示されない、すなわち視覚的なフィードバックが行われない状態で、被検者各自ができるだけ素早く目的とする動作を行うことが可能な力発揮レベルで右手関節の屈曲動作を行った（Free課題）。続いて、指標ビームによってあらかじめ設定した力発揮レベル（10%MVCまたは50%MVC）をオシロスコープ上に追跡ビームとして呈示し、その目標となる力を発揮し、かつできるだけすばやく右手関節の屈曲動作を行った（10%MVC課題又は50%MVC課題）。その結果、児童、成人とも、それぞれの運動課題で得られた力発揮量（%MVC）に違いは見られなかったが、運動課題をおこなう際のパフォーマンスの指標となるforce slopeは、児童では成人と比べて緩やかであった。また、成人と比較して、児童のBP、NS' onset timeは有意に早期から立ち上がり、児童のBP、NS'、MP振幅は有意に大きな値を示した。さらに、BP、NS'のonset timeならびに振幅は課題間で違いが認められ、児童と成人では課題間の準備状態が異なる可能性が示唆された。これより、児童では運動の遂行に対して、より早期から準備状態を形成するように運動出力過程を関与し、さらに児童の運動出力過程は運動課題によって、成人よりも強く影響され、準備状態を変化させて、運動を遂行している可能性が示唆された。

以上の結果から成人よりも、児童の反応時間（RT）、筋電図反応時間（EMG-RT）、運動時間（MT）は、成人と比較して有意に遅く、児童では中枢、末梢を含めた情報処理過程のいずれの処理速度も遅いことを確認している。また、児童においても成人と同様のERP波形が同定されたが、刺激弁別過程を反映しているP300潜時は成人と比較して有意に遅く、P300振幅は有意に大きかった。単純反応課題でのN100振幅は児童と成人の間に差は認められ

ないが、児童の選択反応課題でのN100振幅は成人よりも有意に大きかった。さらに、児童のN200振幅は標準刺激、標準刺激とも成人より大きな値を示し、成人のN200振幅は標的刺激で有意に大きな振幅を示した。しかしながら、児童ではどちらの刺激においてもN200が得られ、そのため刺激間に差は認められなかった。これらのことから、児童ではより早期の情報処理過程においても処理速度が成人と比べて遅く、しかも選択反応課題のように刺激弁別や刺激の分類といった処理を必要とする場合には、児童の情報処理過程は成人と異なることが確認された。また脳内出力過程においては、成人と比較して、児童のBP, NS' onset timeは有意に早期から立ち上がり、児童のBP, NS', MP振幅は有意に大きな値を示した。さらに、BP, NS'のonset timeならびに振幅は課題間で違いが認められ、児童と成人では課題間の準備状態が異なる可能性が示唆された。これにより、児童では運動の遂行に対して、より早期から準備状態を形成するように運動出力過程が関与し、さらに児童の運動出力過程は運動課題によって、成人よりも強く影響され、準備状態を変化させて、運動を遂行している可能性が確認された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、6～13歳までの児童期における運動の発現に関わる一連の感覚－運動処理過程の働きが成人と相違があるかどうか、N100, N200, P300などの事象関連電位やEMG-RTを用いて検討すると共に、課題を操作することで、児童特有にみられる感覚－運動処理過程の変動についても検討を試みたものである。

児童の反応時間 (RT)、筋電図反応時間 (EMG-RT)、運動時間 (MT) は、成人と比較して有意に遅く、児童では中枢、末梢を含めた情報処理過程のいずれの処理速度も遅いことを確認した上で、刺激弁別過程を反映しているP300潜時は成人と比較して有意に遅く、P300振幅は有意に大きいことを確認している。さらに児童ではどちらの刺激においてもN200成分が得られ、そのため刺激間に差は認められなかった。これらのことから、児童ではより早期の情報処理過程においても処理速度が成人と比べて遅く、しかも選択反応課題のような刺激弁別や刺激の分類といった処理を必要とする場合には、児童の情報処理過程は成人と異なる可能性を見いだしたことは、本論文の新しい知見である。また脳内出力過程においては、成人と比較して、児童のBP, NS' onset timeは有意に早期から立ち上がり、児童のBP, NS', MP振幅は有意に大きな値を示すという児童期の特徴を提示している。これらの一連の知見は、心身の成長や発達にとって重要な時期である児童期の神経系に及ぼす随意運動の重要性を主張した重要な論文として専門委員会が高く評価された。

今後はもう少し年齢幅を狭めて検討した方がより明快な結果が出ると思われるなど、いくつかのアドバイスが出たがこれは今後の課題であり、本論文の重要性を少しもそこなうものではないと思われる。

よって、著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有する者と認める。