

氏名(本籍)	はっ た あり ひろ 八 田 有 洋 (富 山 県)
学位の種類	博 士 (学 術)
学位記番号	博 乙 第 1625 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	随意運動に伴う中枢内感覚—運動処理系に関する研究
主査	筑波大学教授 医学博士 高井省三
副査	筑波大学教授 医学博士 浅見高明
副査	筑波大学助教授 博士(心理学) 吉田茂
副査	筑波大学助教授 学術博士 西平賀昭
副査	筑波大学教授 医学博士 吉岡博英

## 論文の内容の要旨

### 目的

ヒトの随意運動は、自発的に行われるものと外的刺激に促されて生じるものの2つに大きく分類される(池田と柴崎, 1995)。随意運動は種々の感覚刺激を知覚後、それらを認知・判断し、実行の意志決定を行うといった一連の情報処理過程を経て実行される。つまり、中枢内情報処理過程が、運動出力の結果やパフォーマンスに重大な影響を及ぼすと考えられる。一方、運動は目的性を持ち、しかも外界に対する働きかけとして行われるものであるから、目的に合った運動を如何に発現させるか、外界情報をどのようにして運動系に取り入れ、運動の発現・遂行の過程を進めて行くかの2点は解決しなければならない(丹治, 1996)。しかし、体育・スポーツ科学の分野では、運動と脳の活動状態に関する研究が少ないのが現状である。そこで本研究では、誘発電位(evoked potential: EP)と事象関連電位(event-related potentials: ERPs)を指標に用いてヒトの随意運動に伴う中枢内情報処理過程について非侵襲的に検討した。

### 方法と結果

随意運動開始前の準備期においては、その運動開始に対する構えが行われており、この中枢内準備過程が運動パフォーマンスに重大な影響を及ぼしていると考えられる。そこで研究課題1では、準備期における中枢の活動状態について中・長潜時体性感覚誘発電位(SEPs)を指標に用いて検討した。SEPsの誘発には正中神経刺激を用い、動作肢と同側の右手首側より行い、準備期のCNV出現期間中の3時点より記録した。P40振幅は、安静時に記録したコントロールと準備期の間で差は得られなかったが、N60以降の中・長潜時SEPsの振幅は、準備期の全般にわたって有意な増大を示し、出力系の大小による影響は受けなかった。つまり、準備期における中枢の活動状態は刺激後40ms以降においては活性化されていることが示唆された。さらに、研究課題2では、準備期における中枢の活動状態について全体的に捉えるため、随伴陰性変動(CNV)と脳波周波数解析を指標に用いて検討した。前頭部においては持続型CNVを示し、CNV出現期間中に $\delta$ 成分と $\theta$ 成分が顕著な増大を示したのに対して、中心領野では漸増型CNVを示し、CNV出現期間中に $\beta$ 成分が顕著な減少を示した。つまり、準備期においては前頭部で注意集中レベルの維持を、中心領野においては運動開始に対する準備や運動プランニングに関する情報処

理が行われている可能性が示唆された。

研究課題3では、基礎的な研究として計数課題と反応課題に伴う中枢内情報処理過程についてミリ秒オーダーの高い時間分解能を有するP300を指標に用いて検討した。P100は体性感覚刺激に対して顕著に出現し、頭皮上に広く分布した。N140は前頭部で最大振幅を示し、反応課題におけるN140潜時が計数課題のそれよりも有意な短縮を示したため、N140は動作遂行との関連性が示唆された。P300は標的刺激(target)だけでなく非標的刺激(non-target)においても出現し、non-target P300潜時はtarget P300潜時よりも有意に短い値を示したことから、P300は、少なくとも2つ以上の成分から成り、target P300とnon-target P300は互いに異なる情報処理過程を反映すると考えられる。研究課題4では、研究課題3で得られた基礎的データを基によりスポーツ・運動の場面に応じた実験条件を設定し研究を行った。たとえば、同じような動作であっても、スピード性を重視するときとそれよりもむしろ正確性を重視するときがある。研究課題4では、このような課題遂行のための方略の違い(speed vs. accuracy task)が中枢内情報処理過程に及ぼす影響について検討した。speed taskにおける筋電図反応時間(EMG-RT)は、accuracy taskのそれよりも有意な短縮を示したのに対して、P300潜時は課題間で差は得られなかったことからP300は出力系の反応実行過程とは直列的な関係にないことが示唆された。また、non-target N140振幅は、target N140のそれよりも有意に大きい値を示し、speed taskにおいてより顕著であった。non-target P300は、中心領野のCzで最大振幅を示したのに対して、target P300は頭頂部のPz優位を示し、non-target P300潜時がtarget P300のそれよりも有意な延長を示したことから、研究課題4におけるnon-target P300は、研究課題3のnon-target P300とは異なり、NoGo P300と同じ特徴を示していると考えられる。

研究課題3と研究課題4の結果から、P300は出力系の反応実行過程とは直列的な関係にないことが示唆されたため、出力系に関する情報処理過程についてさらに検討する必要がある。そこで研究課題5では、出力系について、剣道群と一般群を対象に自発的な随意運動に伴う中枢内情報処理過程について運動関連脳電位(MRCP)を指標に用いて検討した。被験者は剣道競技者8名と一般健康成人8名であり、自らのペースで5~10秒に1回の割合で20%MVCの握力発揮を行い、動作肢の前腕屈筋群より導出した筋電図を整流器を介して全波整流し、筋放電開始時点をトリガーとして50~70試行分の脳波を加算平均し、MRCPを記録した。準備電位(Bb)とNS'(negative slope)に関しては、剣道群と一般群の間で差は得られなかった。運動電位(MP)に関しては、補足運動野に相当するFCzで最大振幅を示し、剣道群が一般群よりも有意に大きい値を示した。また、利き手動作におけるMP振幅と握力発揮量との間に有意な正の相関が認められたことから、MPは運動出力量と密接な関係にあることが考えられる。さらに、長期的な運動経験を有する剣道群は、単純な握力発揮においても運動皮質活動がより活性化している可能性が示唆された。

## 結論

以上の結果より、1)運動開始前の準備期における脳内の活動は、早期においては抑制と興奮による変動があったにしても、刺激後40ms以降においては活性化されており、準備期における中・長潜時SEPsの変動は中枢系の要因するものと考えられる。2)出力系の反応実行過程だけでなく、中枢内情報処理過程も課題遂行のための方略の違いによる影響を受けて変動する可能性が示唆された。3)剣道群のMP振幅が一般群よりも有意に大きい値を示したことは、長期的な運動経験によって中枢神経系においても運動に対応した変容が生じる可能性を示唆している。

## 審査の結果の要旨

今日までの体育科学の分野におけるヒトの非侵襲的な随意運動解析の研究は反応時間、筋電図反応時間の指標を用いたものであった。本研究はこの限界を克服するために、感覚刺激入力系を誘発電位、中枢内感覚系一運

動系の統合過程を事象関連電位の P300 電位, 随伴性陰性変動 (CNV) などの指標に着目した。そして, 本論文は運動系を運動関連電位と筋電図を用い, より詳細に随意運動を伴う中枢内情報処理過程を明らかにしたものである。その結果として, 1) 随意運動の準備期の (刺激後 20 – 30msec) では脳内への入力系は抑制と興奮の変動傾向を示すが, 刺激後 40msec 以後では中枢内は活性化されていることが明らかにされたこと, 2) 課題遂行のための方略の違いが反応実行過程だけでなく中枢内情報処理過程にも影響を及ぼしていることを事象関連電位, 脳波周波数や筋電図などを用いて示唆したこと, 3) さらにまだ端緒についたばかりの長期運動経験が脳内にいかなる影響を及ぼしているかということについて, 運動に対応した変容が生じる可能性を示唆した点は高く評価できる。他方, 記述の粗雑さが若干見受けられることや体育科学との関連性を考慮に入れたさらなる詳細な検討が必要であるなど指摘があったが, これはいずれも本研究の重要性をそこなう弱点ではなく今後の課題であると思われる。

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ものと認める。