

氏 名（本籍）	いの 井 うえ 上 けん た ろう 健 太 郎
学 位 の 種 類	博 士 （ 医 学 ）
学 位 記 番 号	医 博 第 1 5 1 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 11 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 条 件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 専 攻	東 北 大 学 大 学 院 医 学 系 研 究 科 （ 博 士 課 程 ） 内 科 学 系 専 攻
学 位 論 文 題 目	視 覚 誘 導 性 上 肢 到 達 運 動 遂 行 時 の 上 肢 の 視 覚 性 フ ィ ー ド バ ッ ク 情 報 処 理 に 関 わ る 脳 領 野 同 定 ～ ポ ジ ト ロ ン CT を 用 いた 研 究
	（ 主 査 ）
論 文 審 査 委 員	教 授 福 田 寛 教 授 丹 治 順 教 授 玉 井 信

論文内容要旨

目 的

上肢で正確な到達運動を行うには、網膜上の目標物の位置の肩中心の位置への変換、上肢の位置を体性感覚・視覚により特定しての目標と上肢との位置関係の対応づけが必要とされる。サルを用いた研究では、この座標変換あるいは多種感覚による空間表現を行うために頭頂葉が重要であることが知られている。

近年のポジトロン CT (PET) などを用いたヒトでの研究では、視覚誘導性上肢運動遂行中・学習中に脳の多くの部位での局所脳血流量 (rCBF) 上昇が報告されている。しかし、視覚的に手の位置情報を得ることが正確な到達運動を行うために重要であることは多くの心理学的研究から知られているが、到達運動の際に手の視覚情報を用いることにより活動が強まる脳領野の同定を試みたものはない。また、既存の視覚運動協応系に不一致が課された状況で正確な運動を獲得する際の行動上の可塑性について心理学的には数多くの研究があり、視覚体性感覚統合における頭頂葉の重要性が示唆されている。しかし、学習進行後の頭頂葉活動変化の有無、学習中と学習進行後での頭頂葉活動部位の差異の有無について報告したものはない。

今回の研究では、(1) 上肢到達運動遂行時に手の位置の視覚情報がヒト脳のどこで処理されているか、(2) 感覚運動協応再構成時の頭頂葉活動の変化、特に、再構成された視覚運動協応の保持を行っていると考えられる学習後期の頭頂葉活動の有無、を明らかにすることを目的とした。

方 法

右利き正常男子 10 名 (目的 1 に 9 名, 目的 2 に 6 名; 19~26 歳) を対象として rCBF 測定を約 30mCi (1100MBq) の $H_2^{15}O$ 急速静注投与, PET (Shimazu SET2400, FWHM4.0mm) による 60 秒間の撮像により測定。被験者はヘッドマウンテッドディスプレイ (HMD) を装着, 頭部に固定した COD カメラを通して到達運動の目標である発光ダイオード (LED) の点滅, 自分の手を見ながら以下の課題を行った。到達運動の目標である 6 個の LED を一辺 10cm の六角形の頂点に当たる位置に配置, この中心に設置したもう一つの LED と目標 LED の一つとが交互に点滅。1 分間の運動回数がほぼ 20 回となるよう LED の点滅を制御。運動の正確さを到達運動の誤差により評価した。

課題 1) LED の点滅を注視, 課題 2) 自分の手の位置が見える状態で目標 LED に到達運動遂行, 課題 3) LED の点滅が録画面像で提示され, 自分の手が見えない状態で到達運動遂行, 課題 4)・5) 頭部の COD カメラを 60 度回転させたうえで到達運動を正確に行えるよう学習させる。

開始直後を学習早期として課題4)、到達誤差の改善が見られなくなった後の、開始12分後を学習後期として課題5)と定めた。

全てのPET画像を相対rCBF画像に変換、全脳血流量50ml/100g/minに標準化。Human Brain Atlas systemを用い線形・非線形パラメータにより各被験者の脳MRI画像及び相対rCBF画像を解剖学的に標準化。被験者毎に目的1)のため(課題2あるいは3)－(課題1)及び(課題2)－(課題3)の、目的2)のため(課題4あるいは5)－(課題2)及び(課題4)－(課題5)、(課題5)－(課題4)のvoxel毎での差分画像を作成、被験者間で加算しt値画像を作成、目的1)にはt値 >3.335 、目的2)にはt値 >5.893 (ともに $P<0.005$)のvoxelを統計的に有意なrCBF上昇を示した領域とした。(課題2)－(課題1)と(課題2)－(課題3)とで共通にrCBF上昇の見られた領域を、手の位置の視覚情報を用いた到達課題特異的な活動領域と考えた。また(課題4)－(課題2)と(課題4)－(課題5)、(課題5)－(課題2)と(課題5)－(課題4)とで共通にrCBF上昇の見られた領域をそれぞれに学習早期、後期に最も強い活動をした領域と考えた。これらの領域を被験者脳平均MRI画像上に重ねて示し、解剖学的部位を同定した。

結果と考察

手の視覚情報を用いた到達課題に特異的な部位として左下頭頂小葉、左運動前野、左帯状溝後部に統計的に有意な活動が見られ、正確な到達運動を行う際に自分の空間的運動をモニターし、視覚と体性感覚とを運動制御に結び付けるためのネットワークを形成していると思われた。

学習早期、後期に最も強い活動を示した領域として、各々右楔前野・上頭頂小葉後部～頭頂間溝後部、右中心後溝～中心溝後壁の領域が同定され、視覚運動学習時の必要な情報処理の変化に応じて、上頭頂小葉～頭頂間後後部が視覚運動座標系の再構成に、中心後溝周囲皮質が学習した視覚運動協応の保持に各々動員されると思われた。

視覚運動協応に要する感覚運動変換、多種感覚による空間表現についての頭頂葉を含むネットワークの重要性、要する情報処理に応じた頭頂葉内での役割の差異の存在が示された。

審査結果の要旨

本研究は視覚運動協応に関連するヒトの脳活動解明を目的として、上肢の視覚的運動誤差情報の変化による局所脳血流量（rCBF）の変化を positron emission tomography（PET）を用いて解析した研究である。

プリズム順応等の視覚運動変換事象に対するヒトの順応機序については心理学的蓄積が多く、感覚・運動情報の統合が重視されている。3次元空間内での上肢運動遂行はヒトや、サル他の動物においても重要な行動様式であり、頭頂葉などの損傷による視覚性運動失調や半側空間無視といった空間内の対象に対する運動、認知の障害が以前から知られている。しかし従来の心理学的知見に対応する脳活動の部位、その活動の変化を健常人において解明する研究は近年その成果が挙がり始めた段階であり、当分野の研究は将来的にも重要な知見を得ることができると考えられている。

本研究では上肢の視覚的運動誤差情報の存在により活動増強を認める部位の同定、及び光学的回転を用いた視覚情報の変化への順応を行う際に活動増強を示す部位、順応経過によるその変化の同定を試みている。サル等の動物実験では、視覚運動課題遂行に関与する脳の領域が調べられているが、本研究の結果から、ヒトにおける頭頂葉の感覚・運動情報の統合機能に対する重要性、順応経過に対応した頭頂葉内での機能分担の存在が示されている。

ヒトの行動において変化に対する順応性は重要な要素であり、本研究では視覚運動協応に際しての脳活動変化解明を試みた先駆的研究の一つであり、今後同分野の研究を進展させる上で非常に重要であると考えられる。

研究目的、方法、考察共に秀逸であり、本大学の学位に十分値する内容であると考えられる。