

令和元年6月26日現在

機関番号：33937

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01780

研究課題名(和文) 前頭前野の活性化に関連する手指の遊びの検討

研究課題名(英文) Study on manipulative play associated with prefrontal cortex activation

研究代表者

橘 廣 (TACHIBANA, Hiro)

愛知東邦大学・人間健康学部・教授

研究者番号：30440811

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、手指を使った遊びを通して前頭前野を活性化させる効果的な方法を検討することを目的とし、操作性の高さに注目しながら、対象操作と前頭前野の活動との関係性を、近赤外線分光法を用いて検討した。結果は、指で直接対象物に触れ操作する操作性の低い課題より、操作性の高い道具使用課題で前頭前野のより大きな賦活がみられ、このことは乳児でも大学生でも同様の結果が得られた。複数の物を組み合わせたり、物を調整しながら扱う操作性の高い玩具や道具を、考えながら使用することが、前頭前野の活性化に効果的であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

情動・行動の制御、論理的思考等、高次な思考活動に関する脳領域が前頭前野であるが、近年子どもたちの前頭前野の機能低下が報告されている。本研究では、近赤外線分光法を用いた研究により、一人ひとりの発達に合わせて、複数の物を組み合わせたり、物を調整しながら扱う操作性の高い玩具や道具を考えながら使用することが、前頭前野の活性化に効果的であることが示された。操作性の低い手指活動では前頭前野の賦活が両半球ともほとんどみられなかった結果からは、スマホの長時間使用等、操作性の低い手指活動を長時間行うことの問題も考えられる。手指を使った遊びの中で前頭前野の活性化が可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)： Effective methods of activating the prefrontal cortex by playing using the fingers were investigated. Correlations between object manipulation and prefrontal cortex activities were examined by using near-infrared spectroscopy and focusing on the degree of manipulative skills. The results indicated greater prefrontal cortex activation when conducting high-level manipulation tasks using tools, compared to when doing low-level manipulation tasks such as directly touching an object. This phenomenon was observed both in infants and university students. It is concluded that using toys and tools requiring high-level manipulations by thinking that combines different materials, as well as adjusting materials, is effective for activating the prefrontal cortex.

研究分野：社会科学

キーワード：手指操作 機能的左右非対称性 遊び 前頭前野 教育心理学 神経科学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 論理的に考える、他者の気持ちを思いやるなど、高次な思考活動に関係する領域である前頭前野は、文明の発展のかげで以前ほど使用しなくても生活できるようになってきた。前頭前野が衝動的行動など不適切な行動の抑制にも関わることが認められているが、近年、日本の子どもたちの前頭前野の機能低下が指摘されている。問題行動を予防し、個人のもつ能力を十分に生かすためにも前頭前野の活性化や発達を検討することは重要であると思われる。これまで、料理や楽器の演奏のように、何かを創りだすことを目的に手指を使うこと、また組立て遊具での遊戯時に前頭前野の活性化がみられるという報告がある。言語活動のとらえにくい発達初期の段階においても大脳皮質の機能的成熟過程をよく反映するとされる手の活動の役割は重要である。

(2) これまで手の活動を中心とした大脳半球機能の発達に関する研究を行ってきた。左右の手の機能的非対称性が出現するのは、どのような手の活動内容で、どの時期であるのか、どのような要因に影響されるのかを、胎児期及び乳幼児期の縦断的研究・横断的研究で検討してきた。これらの研究結果から共通して示されたことは、操作活動の基礎となるような手の活動では、生後まもない時期より機能的左右非対称性がみられた(継時性・巧緻性を要する活動は右手優位、空間性を要する活動は左手優位で各半球の特徴がみられた)。またモノを扱うという点で操作性の高いレベルの活動(積み木の積み上げのような複数のモノを組み合わせ調整しながら扱うような操作)では、発達初期から一側化(一方の手への極端な偏り)がみられ、その後大きな優位性の変動はない。他方、操作性の低いレベルの活動(リーチングやボール拾いなど)では、一側化の程度は低く、左右の手による明確な差異がみられず、左右の手の機能的優位性も変動しやすい。即ち言語発達(例えば初語)、運動発達(例えば独立歩行開始)、環境からの要因(例えば右利きへの指導)などによって機能的優位性が影響を受け変動していた。さらに、日齢 369 日の手の活動の分析では、同日でありながら、操作性の高い活動であるほど、左右の手の使用頻度や器用さにおける差異が大きくなるということが観察された。

(3) このような乳児を対象とした研究結果の「操作性の高い活動であるほど左右差が顕著になるのか」ということを確認するため、右利き大学生 50 名を対象に、さまざまな大きさの 6 面ダイスの積み上げ課題及び豆運び課題を通して、操作性の高さと機能的左右非対称性の関係性を検討した。結果は、操作性の高いほど左右差が顕著になることが、乳児期の研究結果と同様に、大学生を対象とした操作活動に関する実験においても認められた。指でダイスを積み上げる操作性の最も低い課題では左右差はみられなかった。また箸を用いた豆運び課題においても、把持・移動が困難な小豆が、大豆より所要時間も長くなり左右差もより顕著になった。

(4) このようなことから、手指の操作活動が発達初期より半球機能と関係性があり、特に操作性の高さが一側化に重要な要因ではないかと思われる。操作性の低い活動と、複数のモノを組み合わせ調整しながら扱うような操作性の高い活動では、前頭前野の脳活動にどのような差異があるのかが検討課題とされた。

## 2. 研究の目的

(1) 子どもたちの大脳の前頭前野の機能低下が報告されているが、遊びを通して前頭前野を活性化させ発達させるために効率のよい方法はないであろうか。これまでの左右の手の機能的非対称性の発達に関する研究から、その発達過程や一側化の程度が、操作性の高さにより異なることが示された。操作性の高さの程度により前頭前野の賦活される領域・程度が異なるのか、前頭前野の賦活に関わるのはどのような要因か、近赤外線分光法を用いて操作活動を検討するのが、当該研究の目的である。

(2) 研究 1 は大学生を対象とし、研究 2 では、操作性の高さと機能的左右非対称性の関係性をより詳細に分析することを目的とした。研究 3 では、操作性の高い道具使用課題と操作性の低い指課題遂行時では、前頭前野の活動(血液量変化)にどのような差異がみられるかを、研究 4 で平均的な結果を示した参加者を対象として検討することを目的とした。研究 5 では、乳児において、操作性の高い道具使用課題と操作性の低い手指課題遂行時では、前頭前野の活動にどのような差異がみられるかを検討することを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 対象については、細かな条件設定の実験が可能で、また詳細な分析が可能である大学生を対象とした実験を行ったうえで、乳児を対象とした研究を行い比較検討した。

(2) 課題については、道具を用いた操作性の高い手指活動と、モノに指で直接触れる操作性の低い手指活動を比較した。

(3) 脳機能計測に関しては、大学生には Spectratech 社製 OEG-16 を使用したが、乳児にはプローブの装着が難しい。このため乳児には、乳児用プローブもあり、装着中にも乳児への負担の少ない DynaSense 社製携帯型近赤外線組織酸素モニタ装置(PocketNIRS Duo)を使用した。

安静期間中及び課題遂行中の前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度変化を計測した。なお、PocketNIRS Duo による計測は大学生でも行った。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究

操作性の高さと機能的左右非対称性の関係性について、ラテラルティ指数が100となる右利き大学生を対象とした実験を行った。課題は、手指の巧緻性に関して、脳卒中のリハビリテーションの作業療法の一部として使用されるなど広く使用されているペグボード課題を行った。ペグボード課題は、道具を用いた操作性の高い箸使用課題（箸を使用してペグを差し込む）と、操作性の低い指課題（第1指と第2指でペグを差し込む）を設定した。

結果は、これまでのダイスの積み上げ課題、豆運び課題などの結果と同様に、ペグボードを用いた実験においても、操作性の高い活動では、左右の手の活動の差異は大きくなり、操作性の低い活動では顕著な左右差がみられなかった。

##### (2) 研究

操作性の高い道具（箸）使用課題と操作性の低い指課題遂行時では、前頭前野の活動にどのような差異がみられるかを、研究で平均的な結果を示した参加者を対象として検討した。

課題遂行時の酸素化ヘモグロビン量（oxyHb, 単位: mmol/mm）を分析した。課題開始時のベースラインを0となるように設定し、施行時との差から算出されたデータを解析した。各チャンネルにおける課題遂行時（課題開始10秒後から課題終了までの30秒間）の酸素化ヘモグロビン量の平均値をFigure 1に示した。なお課題開始直後は、箸を安定的に把持することが難しいため10秒間はデータから除去した。各チャンネル部位はFigure 2に示した。

操作性の低い手指活動では前頭前野の活性化が、両半球ともにほとんどみられない（有意な血液量増加は認められず、左右差もみられない）という結果となった。一方、巧緻性の求められる操作性の高い手指活動は、前頭前野腹外側領域とその周辺領域に有意な血液量増加が認められ、特に操作のより困難な非利き手での道具使用課題において、前頭極を含むより広範囲の血液量増加がみられ、脳賦活範囲に左右差があることが示唆された。

高次な思考活動に関係する前頭前野を活性化するには、操作性の低い容易な直接指で触れる活動より、道具を用いて非利き手で行う操作性の高い活動が効果的であることが示唆された。この結果からは、スマホの長時間使用が現代的な課題となっているが、前頭前野の脳賦活の少ない操作性の低い手指活動を長時間行うことの問題も考慮すべきではないかと思われる。

##### (3) 研究

研究・の大学生を対象とした研究を基に、基礎的な操作活動がみられる生後5カ月の乳児において、操作性の高い道具使用課題と操作性の低い手指課題遂行時では、前頭前野の活動にどのような差異がみられるかを検討した。課題は、手指活動の機能的左右非対称性の発達に関する縦断研究より、生後6カ月までの発達初期においても明確な機能的左右非対称性が観察された継時的な反復動作とした。道具使用課題として、太鼓を（ガーゼで巻いた）バチでたたく条件と、（ガーゼで巻いた）棒を母親とひっぱりあいをする条件で行った。また手指課題として、太鼓を手でたたく条件と、手指で母親とひっぱりあいをする条件で行った。

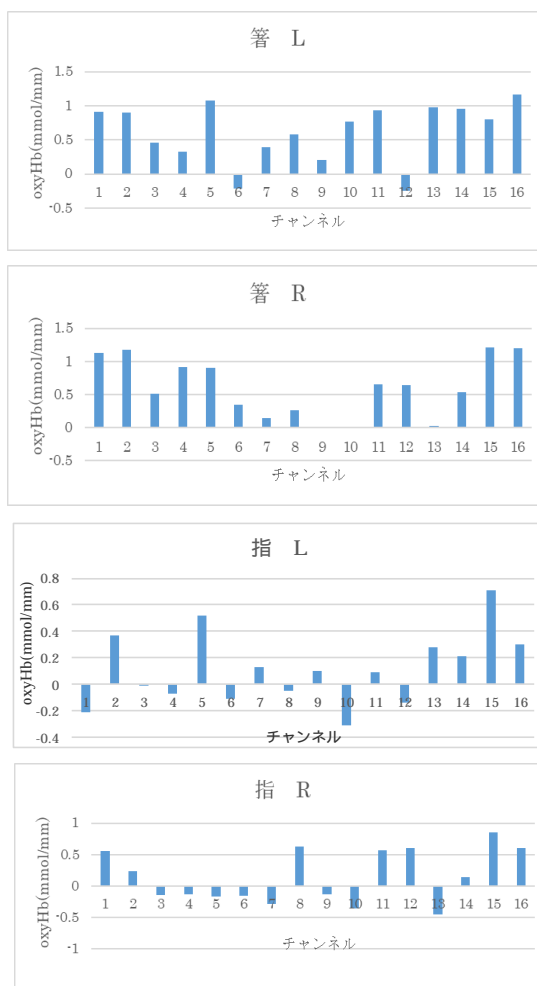


Fig. 1 課題遂行時の酸素化ヘモグロビン量の平均値

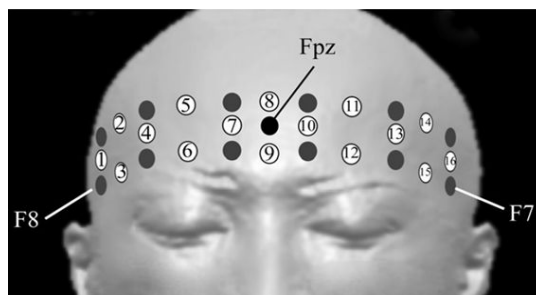


Fig. 2 計測プローブ配置と計測チャンネル番号

生後5カ月の乳児においても、大学生の実験結果と同様に、操作性の高い道具使用課題では、操作性の低い手指課題と比較し、顕著な血液量増加が認められた。また継時的な反復動作は、右手使用の場合、左半球が右半球と比較し血液量増加がみられ、発達初期からの機能分化が考えられる。本研究の道具使用課題では、太鼓のバチやひっぱりあいを用いた棒を調整しながら把持することが必要である。本研究では参加者数が少なく、より詳細な検討が必要であるが、複数の物を組み合わせたり、モノを調整しながら扱う操作性の高い玩具や道具を、一人ひとりの発達にあわせて使用することが、前頭前野の活性化に効果的ではないかと考えられる。

#### (4) 研究

生後8カ月の乳児において、操作性の高い活動と操作性の低い活動では、前頭前野の活動にどのような差異がみられるのか、また継時性を求められる活動と空間性を求められる活動では、前頭前野の左右の半球の賦活に差異があるのかを検討した。課題はバチや棒をガーゼで巻くなど安全に配慮し母親の膝の上で、手や腕の動きが妨げられないように支えられ、以下の課題を行った。

太鼓をバチでたたく	太鼓を手でたたく
棒で母親とひっぱりあい	手指で母親とひっぱりあい
箱からティッシュを取り出す	
重ねたコップから1つのコップを取り出す	

操作性の高さに関しては、太鼓をバチでたたく課題と手でたたく課題の比較、さらに、棒でひっぱりあいをする課題と手指を持ってひっぱりあいをする課題を比較すると、操作性の高いバチや棒という道具を使用した課題で、顕著な血液量増加がみられた。操作性の低い手でたたく課題及び手指でひっぱりあいをする課題では、安静期間からの酸素化ヘモグロビンの濃度変化は少ない。モノに直接手指で触れるよりも、モノに対し道具を調整しながら扱う方が前頭前野の活性化につながることを示唆された。

次に課題に関して、継時性を求められる活動と空間性を求められる活動では、前頭前野の左右の半球の賦活に差異があるかを検討した。太鼓たたき及びひっぱりあいは継時的な反復動作である。太鼓をバチでたたく課題、手でたたく課題、ひっぱりあいを棒で行う課題、手指で行う課題のすべての課題において、左半球がより賦活していた。上記の4課題の中でも太鼓をバチでたたく課題に関しては、道具であるバチを用いて太鼓の限られた空間内でたたくことが求められ、反復動作の継時性が求められるだけでなく、空間性も求められることから右半球の賦活もみられたと考えられる。箱から次々とティッシュを取り出す手指活動も、継時性ととも、ティッシュ取り出し口や紙の位置に手指を移動し把持することが必要で空間性も求められ、両半球の賦活がみられた。重ねたコップから1つのコップを取り出す課題では、より空間性が求められ、どちらの手を使用した場合もより右半球の賦活がみられた。

8カ月児においても、成人の研究結果と同様に、半球機能の分化が示唆された。また操作性の高い手指活動でより活性化がみられ、操作性の高い玩具や道具の使用が前頭前野の活性化に効果的であると考えられる。

#### (5) その他

PocketNIRS Duo による脳機能計測を大学生でも行い、ペグボード課題、ダイスの積み上げ課題、豆運び課題でも、上記と同様の結果が得られた。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

橋 廣、ペグボード課題における手指の巧緻性と前頭前野の活動、東邦学誌、47 巻、2018、109-117

DOI : 0287-4067

橋 廣、長谷川 望、小島 正憲、「教職実践演習」を中心とした教職科目の検討：アクティブ・ラーニングの視点から、東邦学誌、46 巻、2017、103-118

DOI : 0287-4067

橋 廣、手指の巧緻性と機能的左右非対称性、東邦学誌、44 巻、2015、101-109

DOI : 0287-4067

[学会発表](計4件)

橋 廣、橋 春菜、乳児の手指活動における機能的左右非対称性と前頭前野の活動 近赤外線分光法を用いた検討、日本発達心理学会、2019

橋 廣、乳児の手指活動と前頭前野の活動：近赤外線分光法を用いた検討、日本保育学会、2019

橋 廣、手指活動における操作性の高さと前頭前野の活動：近赤外線分光法を用いた検討、日本教育心理学会、2017

Tachibana Hiro, Relationship between functional asymmetry in manual activity and the level of manipulation: A NIRS study in pegboard performance, International Congress of Psychology, 2016

〔図書〕(計1件)

橘 廣、三恵社、子どもの手指活動と発達、2019、152

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名： 橘 春菜

ローマ字氏名： TACHIBANA, Haruna

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。