

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10677

研究課題名(和文)脳損傷者のfNIRSを用いたドライビングシミュレーター運転時の脳血流について

研究課題名(英文)Brain activity of brain injured patients associated with a simulated driving task: a fNIRS study

研究代表者

有馬 美智子 (ARIMA, Michiko)

鹿児島大学・医歯学域医学系・助教

研究者番号：90404508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中や頭部外傷などの脳損傷者は、社会復帰に際して、自動車運転再開を希望することが多い。運転には安全な運転技術も大切であるが、注意や遂行機能、記銘力などの高次脳機能も必要である。今回、特に注意を必要とする運転場面における脳活動を、ドライビングシミュレーターを運転しながら、より簡単に測定できるように、前頭葉のみに装着する機能的近赤外分光法を使用して、健常者30名と脳損傷者10名の脳血流を測定し、運転再開の脳活動を、健常者と比較することによって、脳損傷者において、自動車運転再開を許可する際の判断材料の一つにしたいと考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

健常者では、二重課題のみでは前頭前野(右>左)の脳血流は保たれていたが、右折時に二重課題と人の横断を追加した場合は、前頭前野の脳血流の増加は見られず、むしろ低下する傾向が見られた。注意の必要な運転場面では、不要な脳の働きを抑制して運転に集中するのでは無いかと思われた。また、脳損傷者では、二重課題無しの場合や二重課題のみのようなより少ない負荷でも、右前頭葉の脳血流の低下が見られた。

研究成果の概要(英文)：Driving is also an important social activity for brain injured patients. Car driving requires not only safety driving skills but also higher brain functions such as attention, executive control and memory. We measured changes in oxy-Hb levels using functional near-infrared spectroscopy at prefrontal area during distracted driving. Experimental studies were performed on 30 normal subjects and 10 patients with brain injury. The aim of this study was to investigate the fundamental region of neural activity in healthy subjects and establish the procedure method for return to safe driving in brain injured patients.

研究分野：リハビリテーション、高次脳機能障害、運動学習

キーワード：脳卒中 頭部外傷 脳挫傷 機能的近赤外分光法 ドライビングシミュレーター 高次脳機能 前頭前野 社会復帰

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 脳卒中や頭部外傷などの脳損傷者は、リハビリテーションによって歩行やADLが自立した後に、社会復帰に際して、自動車運転再開を希望することが多い。その際、明らかに注意障害、半側空間無視などの高次脳機能障害、視野障害などが残っていれば、運転再開は困難だと判断できる。しかし、注意障害、半側空間無視などの高次脳機能障害もある程度回復している、日常生活上では支障の無い程度になっている患者の場合、我々は、これまでのいろいろな運転の安全性と関連があると言われている、高次脳機能に関する机上検査のうち、TMT-A,B(大濱ら, 2010)、かなひろいテスト、コース立方体テスト、Rey-Osterrieth 複雑図形の模写を行い、運転適性基準を満たしているかを検討している。更に、このような検査バッテリーとして Stroke Drivers Screening Assessment (SDSA)も使用している。これらの検査が全て基準に達していた場合、簡易自動車運転シミュレーター(SiDS)を使って、反応時間、速度予測誤差、注意配分など運転に関わる基本的な能力を判定している。その後、実車評価へと進めることが多いが、これらの検査で運転再開可と判定された患者の中には、実車評価へと進めるにあたり躊躇される患者が見られることがある。例えば、前頭葉の機能障害があって、整った環境では正常な反応が見られるが、何かストレスがあったり、予測していないことが起った場合の反応を間違えたりする患者や、さらにその間違いに気づかない患者である。

(2) 自動車運転に関わる部位は、健常若年成人男子を対象とした、ポジトロン放出断層撮影法(PET)を用いて、ドライビングシミュレーターでの運転中の脳血流変化を調べた研究では、運動野、運動前野、視覚野(後頭葉)、頭頂葉、帯状回、側頭頭頂葉、小脳などであるとされている。(田代 ほか、2009)しかし、交差点を自動車で左折するなどの場面を、ドライビングシミュレーターで健常者が行ないながら、機能的磁気共鳴装置(fMRI)で脳血流を測定すると、二重課題無しの場合は両側後頭葉の働きが見られたが、二重課題を追加した場合は、両側前頭前野の働きが優位に見られたという報告がある。(Schweizer et al., 2013)

## 2. 研究の目的

健常者では、二重課題を与えながらドライビングシミュレーターを行なった際に、fMRIで前頭前野の働きが見られたという報告があるが、この結果をfMRIより簡単に行える機能的近赤外分光法(fNIRS)を用いて再検討したい。さらに、脳卒中や頭部外傷後の脳損傷患者でも同じように前頭前野の働きが見られるのか、また、軽度前頭葉機能障害がある患者では前頭前野の働きが見られるのか検討した研究はまだ行われていない。

## 3. 研究の方法

今回fNIRSでの測定を容易にするためと、前頭前野の活動があるかに注目して測定を行うため、fNIRSは前頭前野を中心に測定する。まず健常者で、前頭前野の活動をfNIRSで測定しながら、ドライビングシミュレーターで、対向車のある右折時、左折時の場面をランダムに9回ずつ繰り返すシナリオを行なう。更に右折、左折、直進時の場面に加えて、二重課題(暗算の答えの正誤をボタンを押して答える)を行う場合をそれぞれランダムに6回ずつ繰り返すシナリオを行なう。これらの解析の結果、健常者ではどのような場面で前頭前野がどの程度働いているかを確認する。さらに、脳損傷者で、健常者と同じプログラムでのドライビングシミュレーターを前頭前野の活動をfNIRSで測定しながら行い、健常者と同じように前頭前野が働いているのか、あるいは障害されているかを検討し、患者の運転再開を許可する際の参考にする。

#### 4. 研究成果

##### (1) 対象

健常成人 30 名（男性 20 名、女性 10 名、右利き）及び、運転再開についてのスクリーニングテスト（MMSE、TMT、かなひろいテスト、コース立方体テスト）の当科での基準を満たした患者で、まだ自動車運転を再開していない脳損傷者 10 名（男性 8 名、女性 2 名、右利き）である。

##### (2) 測定方法

脳血流動態は、前頭葉の脳機能測定用の多チャンネルの携帯型 NIRS 装置（Spectratech 社製 OEG-SpO2）を使用し、酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）濃度を測定した。プローブの下段の中央を国際 10-20 法の Fpz に合わせて装着し、前頭前野の脳血流を中心に測定した。

ドライビングシミュレータの課題は、交差点での右折、左折の指示（音声＋矢印のアイコン）に従い運転するもので、二重課題無しのシナリオは、右折（対向車あり）9 回、左折 9 回をランダムに繰り返すものとした。次に行なう二重課題ありのシナリオは、右折（対向車あり）6 回、右折（対向車＋歩行者あり）6 回、左折 6 回をランダムに繰り返すものとした。今回用いた二重課題は、直進時、右折、左折時に音声提示される暗算の答えの正誤をボタンを押して解答するものとした。（cf.  $70 + 3 = 73$ 、 $54 + 3 = 60$  ×）

健常者の oxy-Hb 測定値は、トリガー A（交差点の一時停止線から 5m 手前、直進時は一時停止線から 450m 手前）の位置でベースライン補正後 10 秒間のデータのうち、最初と最後の測定値を除いた中間の 5 回分のデータを加算平均し、oxy-Hb の変化がどのチャンネルに見られたかを検討した。

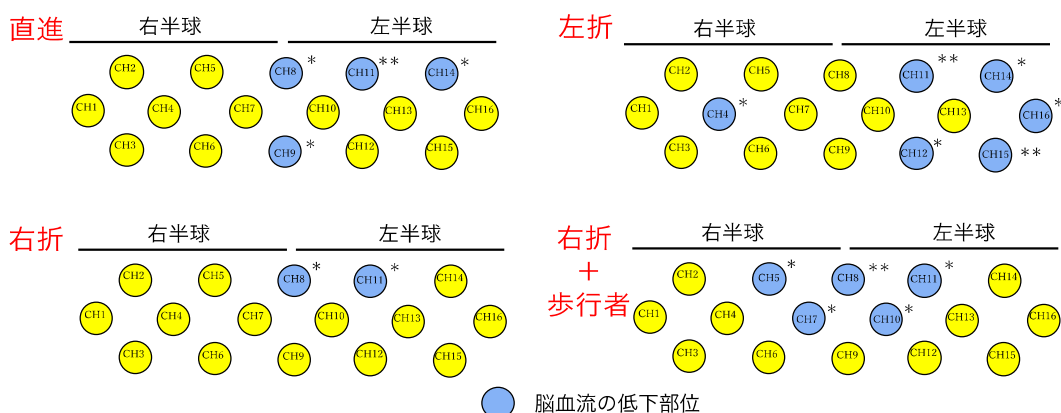
脳損傷者の oxy-Hb 測定値は、Brain Analyzer という解析ソフトにて、oxy-Hb の変化がどの場面でどのチャンネルにみられたかを各々ベースラインと比較した。

##### (3) 結果

健常者 30 名：二重課題無しの場合は、右折時、左折時ともに有意な脳血流の変化は見られなかった。二重課題のある左折時には右前頭前野の脳血流は保たれていたが、左前頭前野の脳血流の低下が見られた。二重課題のある右折時には左右の頭前前野の脳血流が維持された。しかし、二重課題のある右折時に、更に歩行者の横断を追加した場合は、両側背外側部を除いて、左右の前頭前野の脳血流の低下が見られた。

##### 二重課題あり

\* :  $p < 0.05$ 、\*\* :  $p < 0.01$



脳損傷者 10 名：右前頭葉の脳損傷者 1 名では、二重課題無しの左折時に右前頭前野の脳血流の低下が見られた。また、左脳損傷で失語症のある患者 2 名では、二重課題無しでは左右の前頭前野の血流は保たれていたが、二重課題がある場合は、左前頭前野の脳血流は保たれていたが、右前頭前野の脳血流の低下が見られた。脳損傷者でも二重課題のある右折時に、更に歩行者の横断を追加した場合は、健常者と同様に、両側の前頭前野の脳血流の低下が見られた。

#### (4)考察

運転時には、特に右側の前頭葉、頭頂葉、左側の側頭頭頂葉の役割が重要である(渡邉ら、2011)が、交差点などの注意のより必要な場面で、二重課題の実行時には、限られた神経資源が必要量に応じて分配される(Wickens, 2002)と考えられる。その際に前頭前野背外側部(DLPFC)にある中央実行系が重要な役割を果たすと考えられる。健常者で、左折時には運転時に必要な右前頭前野の脳血流が維持され、更に対向車のある右折時に二重課題の負荷を追加することにより、左側の中央実行系の働きを維持するため、左前頭前野の脳血流も維持されたと思われる。更に、対向車のある右折時に二重課題の負荷と更に歩行者の横断を追加した場合は、両側前頭前野背外側部を除いた、両側前頭前野の脳血流が低下した。これは、不要な脳の働きを抑制して、最低限必要な脳部位のみの脳血流を維持していると考えられる。あるいは、健常者でも負荷が大きすぎたため、左右の前頭前野の脳血流を維持できずに低下した可能性もあると思われる。

脳損傷者では病巣によって、例えば右前頭葉の脳損傷者では、左折時には左方向への注意のため右頭頂葉の負荷が増加し、右前頭前野の脳血流が維持できない場合や、左脳損傷者で失語症のある患者では、二重課題により左脳の言語中枢への負荷が増加し、右前頭前野の血流低下が見られるのでは無いかと思われた。

以上から、交差点などの特に注意が必要な場面では、二重課題の負荷(例えば同乗者と会話をする、電話で話すなど)は健常者でも前頭前野の脳血流を低下させる場合もあるため、注意力、判断力の低下につながり、事故の原因になると考えられるため、避けるべきであると思われる。また、脳損傷者では注意障害は机上課題では改善していても、実際の運転中は運転以外の負荷により、前頭前野の脳血流低下を来しやすいため、できれば今回作成したようなドライビングシミュレーターにて二重課題の負荷を追加しながら、前頭前野の脳血流の低下が見られないかを確認したほうが、より確かに運転再開の許可を判断できると思われる。

今回の研究では、国内外の類似の研究のように、二重課題を負荷した場合の前頭前野の脳血流の増加が見られなかった。これは、解析の仕方、二重課題の種類や難易度、fNIRS の精度などの影響も考えられ今後も検討したい。今回コロナウイルス感染症の影響で、国内での発表や国際学会などへの発表を控えたため、国内外へ得られた結果をあまり伝えられなかったが、今後は論文文化などして結果を広め、脳損傷者の運転再開へ貢献したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 有馬 美智子
2. 発表標題 fNIRSを用いたドライビングシミュレーター運転時の脳血流について
3. 学会等名 第4回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会 神戸市
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	下堂 蘭 恵 (SHIMODOZONO Megumi) (30325782)	鹿児島大学・医歯学域医学系・教授  (17701)	
研究分担者	衛藤 誠二 (ETOH Seiji) (70295244)	鹿児島大学・医歯学域医学系・准教授  (17701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------