

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：32651

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25350626

研究課題名(和文) 脳外傷者の自動車運転能力に関する脳科学的評価法の確立

研究課題名(英文) Neurological Assessment of Driving Capacity after Traumatic Brain injury

研究代表者

渡邊 修 (WATANABE, SHU)

東京慈恵会医科大学・医学部・教授

研究者番号：30256466

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：機能的近赤外分光法による自動車運転中の脳神経基盤の解明；機能的近赤外分光法を用いて、健常成人を対象に、ドライビングシミュレーターによる運転中の脳血流動態を計測し、自動車運転に關与する脳神経活動部位として、特に左右前頭葉、右頭頂葉、左頭頂葉が重要であると結論した。脳損傷者の自動車運転再開への臨床的指導手順の確立；脳外傷者を始めとする脳損傷者の自動車運転再開に向けた支援の手順を構築し妥当性を検討した。すなわち、神経学的診察の後、脳MRI所見および神経心理学的検査、ドライビングシミュレーターでの運転能力を確認し、以上の条件が満たされた場合に、教習所にて実車運転能力の評価を行う。

研究成果の概要(英文)： Investigation of cerebral activation patterns of patients with brain injury operating a driving simulator after brain injury using functional near-infrared spectroscopy. The areas that showed significant activity in healthy subjects spanned from the frontal region to the temporal and parietal regions, and were more prominent in the right cerebral hemisphere than in the left. Establishment of the procedure method for return to safe driving in brain injured patient; Based on the above-mentioned result, I examined validity of off-road and on-road evaluation of driving ability after brain injury. Off-road evaluation include neurological examination, neuropsychological tests, brain imaging (CT, MRI) and driving assessment using a driving simulator. On-road evaluation is conducted by the cooperation with two driving schools. I evaluated the effectiveness of these procedure methods from the results of 40 brain injured patients.

研究分野：複合領域

キーワード：脳外傷 ドライビングシミュレーター 前頭葉 機能的近赤外分光法 自動車運転

1. 研究開始当初の背景

(1) 脳外傷の主な原因は、若年～成人例では交通事故、高齢者では転倒転落である。前者の場合、リハビリテーション治療の後、日常生活動作が自立しても、さらに就労とともに自動車運転再開のニーズが非常に高い。しかし、脳外傷例は、その受傷機転から、前頭葉と側頭葉に損傷を生じやすいことので、自動車運転再開において大きな障害要因となることが予想される。しかし、自動車運転についての神経学的基盤に関する研究報告は国の内外において極めて少ない。

(2) てんかん発作や脳卒中発作、認知症などによる自動車運転事故が、大きな社会的問題となっている。脳外傷を始めとする脳損傷者が、自動車運転を希望する場合、どのような手順で指導をしていくべきなのか、わが国には、十分なデータ、報告が少ないのが現状である。

2. 研究の目的

(1) 健常者を対象に、自動車運転時の脳活動部位を測定することによって、自動車運転に必須な脳部位を同定する。

(2) 脳外傷者等の脳損傷者の自動車運転について、ドライビングシミュレーター操作中のパフォーマンスおよび前頭前野の脳血流、画像所見、神経心理学的検査所見から、自動車運転能力の評価方法を確立する。

(3) 脳損傷者の自動車運転再開にあたっての指導手順を確立する。

3. 研究の方法

(1) 機能的近赤外分光法により、健常者および脳損傷者の自動車運転中の脳血流動態を計測する。

(2) 運転再開を希望する脳外傷等の脳損傷者に対し、神経学的診察、脳CT/MRI検査、神経心理学的検査およびドライビングシミュレーター操作中のパフォーマンス評価を行い、次いで、教習所との連携を行い、以上の検査結果と運転能力との関係を検討する。

4. 研究成果

【機能的近赤外分光法による自動車運転中の脳神経基盤の解明】

(1) 対象

健常成人7名(男4名、女3名、全員右利き)および自動車運転を再開し事故経験のない脳損傷者3名(男性3名、全員右利き)および再開していない脳損傷者3名(男性3名、全員右利き)を対象とした。

(2) 測定方法

脳血流動態は、780nm、805nm、830nmの3波長の光を用いる近赤外光イメージング装置 FOIRE-3000(島津製作所製、日本)を用い、酸素化ヘモグロビン濃度長の変化を測定した。プローブを装着するためのホルダーは、フレキシブルホルダー(島津製作所製)を使用し、12のプローブを3×4の長方形格子(投光受光間距離 3cm)に交互配列させ、左右の頭部に、プローブ下段の中央を国際10-20法のT3に合わせ、3×4の長方形格子の縦中央をT3-C3-Czの曲線上に設置した。その結果、左右それぞれのプローブの配置から、各々17箇所(17 channels)で酸素化Hb濃度長の測定が可能となる。

課題

閉眼座位の安静状態をベースラインとして10秒間設定し、直線道路から緩やかに右に曲がる運転(右回り)を60秒間および直線道路から緩やかに左に曲がる運転(左回り)を60秒間行い、それぞれ2回繰り返し、酸素化Hb濃度長の加算平均値を求めた。いずれも上限速度は30km/hに設定し、運転中の酸素化Hb濃度長をベースラインと比較した。

(3) 結果

(A) 健常者7名:直線から右回りへの運転では、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉、左側頭葉の活動が、直線から左回りへの運転では、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉、左側頭葉に加えて、左前頭葉、左頭頂葉の活動が有意に上昇した。

(B) 自動車運転を再開した事故経験のない脳損傷者:事例1は右視床に局限する出血例であるが、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉を含む血流の増加が見られた。事例2は右橋出梗塞例で、大脳半球には

病巣はみられず、課題中、左右大脳半球に広範な血流の増加を見た。事例 3 は脳室穿破を伴う右視床出血例であるが、右前頭葉、右頭頂葉、右側頭葉を含む血流の増加が見られた。

- (C) 自動車運転を再開していな脳損傷者事例 4 は左脳動静脈奇形の破裂例である。左前頭葉、頭頂葉に血流の増加がみられなかった。事例 5,6 はいずれも重度の脳外傷例で MRI では左前頭葉、側頭葉に挫傷巣が見られる。事例 5 は右頭頂葉、左前頭葉の血流が、事例 6 は、左半球の広範な血流低下があり、右前頭葉の血流も有意に増加しなかった。

以上から、自動車運転に関与する脳神経活動部位は、特に左右前頭葉、右頭頂葉、左頭頂葉の役割が重要であると結論した。

これらの研究結果をさらに検証するために、健常者 30 名に対し、簡易ドライビングシミュレーターによる運転を行い、運転パフォーマンス（反応速度等を計測）のデータ収集とともに、近赤外分光法による前頭前野の血流動態を測定した。

その結果、自動車運転時は、両側前頭葉の賦活が必須であり、特に右前頭葉の活動が重要と判断された。以上の結果をもとに、以下の臨床応用を開始した、

【脳損傷者の自動車運転再開への臨床的指導手順の確立】

運転を希望する脳損傷者に対し、神経学的診察とともに、頭部 MRI、神経心理学的検査（WAIS-III, WMS-R, BADS, Trail making test）、脳血流シンチ（イオマゼニル SPECT）、脳波検査を施行し、ついで簡易ドライビングシミュレーターによる運転能力評価を行った。以下は、臨床事例の研究

結果である。

（１）ドライビングシミュレーターにおける自動車運転再開者の特性についての検討

対象は当院で自動車運転能力評価を行った高次脳機能障害者 39 名（男性 35 名/女性 4 名、平均年齢 52.4 ± 1.6 歳）である。そのうち運転可能と判断された 18 例を運転再開群とし、運転不可となった 13 例を非再開群とした。方法はドライビングシミュレーター（DS, Honda セーフティナビ）の運転能力サポートソフトを用い、総合学習体験コースの各項目の結果を比較した。統計学的解析は JMP®ver.11 にて Mann-Whitney U 検定を実施した。なお有意水準は $p < 0.01$ とした。DS における総合学習体験コースの結果を運転再開群、非再開群で比較した結果、「速度超過平均速度」「事故発生」の項目にて有意差を認めた。運転再開群では両項目とも非再開群と比し、明らかに低い値を示した。速度超過平均速度の平均値は運転再開群が 2.3 km に対して非再開群では 7.6 km 超過していた。また、事故発生回数は、再開群が 3 回以内であるのに対し、非再開群では 4 回以上認めていた。その他の項目では明らかかな有意差は見られなかった。運転再開者、非再開者の DS 結果から有意差を認める項目が明らかになり、運転再開者の総合学習体験コースでは非再開者と比し「速度超過」「事故発生回数」が、低い値を示すことが明白となった。

（２）自動車運転再開に至った失語症者 4 例の検討

失語症者の自動車運転能力を評価する過程の神経心理学的検査では、言語性課題の実施が難しく動作性課題でも一部、失語の影響が生じる課題があり解釈が難しい。そこで、自動車運転評価を実施し再開に至った失語症者の評価結果を後方視的に検討し

た。結果、WAIS の言語的処理に係る動作性課題の問題、SDSA の標識の理解における失語症の影響、DS 評価における言語的指示理解の問題が浮き彫りになり、実車評価の重要性が明らかとなった。

(3) 自動車運転技能訓練を実施した高次脳機能障害者 4 例の検討

自動車運転支援にドライビングシミュレータを用いた運転能力評価を実施している施設が増加している。しかし、自動車運転に関する訓練が運転能力の改善を示すか、どのような訓練が効果的なのかについての検討は少ない。そこで、自動車運転技能訓練を実施した結果、運転再開に繋がった症例と再開には至らなかった症例を検討した。当院で開始した自動車運転技能訓練を実施した 4 例を検討し訓練効果について報告した。

これらの臨床事例をもとに、脳損傷者の自動車運転支援における神経心理学的検査の意義について、以下の結論に至った。

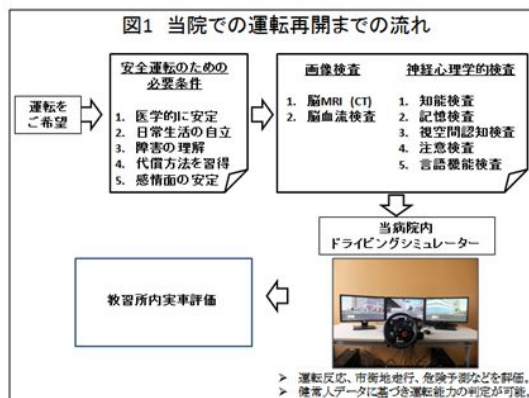
(4) 神経心理学的検査の意義について

脳損傷者の自動車運転再開において、神経心理学的検査はスクリーニング検査としての意義が大きい。自動車運転に求められる注意の維持、選択、分配、転換機能、ワーキングメモリー、遂行機能、視空間認知機能、短期記憶、長期記憶、展望記憶を反映した検査を複合的に行う必要がある。運転能力を予測する検査として、Trail making test, ウェックスラー成人知能検査(数唱、語音整列、符号、積木模様)、ウェックスラー記憶検査、行動性無視検査日本版、時計描画検査などの報告がある。しかし、これらの神経心理学的検査には、路上の運転操作とは異なり机上の静的な検査であることの限界と、運転に必須な病識および感情のコントロールを評価できないことに留意する必要がある。

(5) 特に、脳外傷者の運転再開の課題

脳外傷に起因する高次脳機能障害の発症には、受傷時の意識障害の程度が強く関連し、Glasgow Coma Scale にて 8 点以下の重症例では高次脳機能障害は必発する。受傷機転から前頭葉および側頭葉が損傷を受けやすいことから、高次脳機能障害の中でも、特に注意障害、遂行機能障害、記憶障害および社会的行動症障害がみられやすい。社会的行動障害としては、自発性の低下、うつ、易怒性等がみられ、社会復帰、運転再開を阻害する大きな要因である。さらに脳挫傷例では、てんかんに関し注意を払う必要がある。本研究における脳外傷者においても、抗てんかん薬を内服している例が数例あった。てんかんが少なくとも 2 年間はコントロールされていなければ、運転はできない。

(6) 自動車運転再開に向けての手順



脳損傷後に運転能力評価を行う場合、図 1 の手順で行う仕組みを確立した。すなわち、まず、安全運転のための必要条件(医学的に安定、日常生活の自立、障害の理解、代償方法を習得、感情面の安定)が備わっていることを確認し、次いで、脳 MRI 所見から、左右の大脳半球、特に両側前頭葉、右頭頂葉に損傷があっても、限局し小病変であることを確認する。広く大脳皮質が損傷されている例では運転はできない。ついで、神経心理学的検査を行い、基準値を概ね下回ってないことを確認する。そして、以上の条件が満たされた場合に、教習所に

て実車運転能力の評価を依頼する。これらを通して、運転能力の適否を評価する。

(7) 教習所との連携の確立

教習所への情報提供

患者の個人情報や教習所に提出することについて、患者とご家族に書面で承諾をいただいた後、医療情報提供書を教習所に送付する。この中には、運転歴、過去の運転頻度、運転再開用途などとともに、医学的所見を平易に記す。

教習所での評価内容

本研究を契機に、2か所の教習所と連携を行うこととした。以下に、各教習所での評価内容を示す。

A施設(教習所)での評価内容

- (1) Trail making Test A/B
- (2) 視覚検査(視野、視力、色覚)
- (3) 警視庁方式 K型運転適性検査(ペーパー検査)

多くの教習所で採用されている「警視庁方式運転適性検査 K型」は、運転に際しての性格といえる、警視庁は、本検査について、「自動車運転における事故傾向と関連性の深い次の(1)~(5)までの5要素 (1)動作の正確さ (2)動作の速さ (3)精神的活動性 (4)衝動抑止性 (5)情緒安定性について集団により検査し、個人の適性又は欠陥を指摘して、欠陥を補完する運転を行うことを具体的に指導することにより、事故の防止を図るものである。」としている。

(4) 警視庁方式 CRT 運転適性検査
パソコン画面に表示される指示から、ハンドル、アクセル、ブレーキを操作し、反応動作の速さ、適度な精神緊張の維持、動作の確かさ、見込反応、注意の配分、認知、注意の集中分散、状況処理の巧みさ、を定量化し、総合所見とし、運転適性を5段階で評価している。

(5) 運転操作力測定器による評価
ハンドル、アクセル、ブレーキの操作力、

反応時間、持続力を測定する。

(6) 実車による評価(教習所内コース)
実車し所内のコースを運転し、表3にある内容をチェックし、運転能力判定をしている。

B施設(教習所)での評価内容

(1) 実車による評価(教習所内コース)
施設内のコースを運転し、表4にある内容をチェックし、運転能力判定をしている。

(2) ドライブレコーダによる記録
実車運転中の運転者の目視の様子、車体左側面と歩道との関係、車体前方および後方を同時に動画で記録している。

【本研究の今後の展望】

交通事故件数が増加とともに急激に多発する現実において、本研究の意義は大きい。自動車運転が社会的行為である以上、脳損傷者、高齢者の自動車運転再開については、慎重な臨床的診察、検査、そして判断が求められる。

本研究で得た知見の「妥当性を、さらに検証する必要がある。自動車運転の再開支援にあたり、今後、さらに実車評価の必要性が増すことが予想される。運転支援を行う医療機関は、連携が可能な教習所との話し合いを深めて、良好な役割分担、責任の所在を明確にして協働していくことが望ましい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

1. 渡邊 修：高次脳機能障害と自動車運転
日医雑誌 第145巻・第6号：1223 平成28年9月
2. 渡邊 修：頭部外傷と運転 Modern Physician 37(2):149-152,2017
3. 渡邊 修：認知機能と自動車運転 日本交通科学学会誌 16(2): 3-10,2017
4. 渡邊 修：交通事故後の高次脳機能障

害 日本交通科学学会誌

17(1):3-11,2017

5. 渡邊 修: 高次脳機能障害を巡る諸状況 「救急医学」 特集 「交通事故・交通外傷: 現時点における諸課題」(印刷中)
6. 渡邊 修: 脳損傷者に対する自動車運転の指導(印刷中) 自動車を運転する患者のために 「医学のあゆみ」

[学会発表](計5件)

1. 渡邊 修: 脳損傷者の自動車運転中の脳血流動態 第10回 交通科学シンポジウム 東京 2014/02/25
2. 渡邊 修: 自動車運転に必要な専門知識と技能 「診察、神経心理学的評価、脳機能画像検査」 第1回 自動車運転に関する合同研究会 北九州国際会議場 2017.1.21 北九州市
3. 渡邊 修: 高次脳機能障害のある方の自動車運転について 第二回区中央部高次脳機能障害合同研修会 2016年 高次脳機能障害普及事業 東京 2017.1.29
4. 渡邊 修: 高次脳機能障害のある方の自動車運転再開への支援 第3回 東京都総合高次脳機能障害研究会 2017.8.5 荒川
5. 渡邊 修: 高次脳機能障害のある方の自動車運転再開への支援 高次脳機能障害事業所職員ネットワーク 第三回研修会 2018年2月3日 横浜

[図書](計3件)

1. 武原 格、一杉正仁、渡邊 修(編者、著者): 脳卒中後の自動車運転再開の手引き 医歯薬出版 2017 7 運転に関わる高次脳機能 8 運転に関わ

る経心理学的検査の解釈 15 自動車
運転教習所との連携 執筆

2. 渡邊 修: 高次脳機能障害 臨床医のための疾病と自動車運転(一杉正仁、武原 格編集) 三輪書店 2018.1 月 pp73-79
3. 武原 格、一杉正仁、渡邊 修(編著) 林 泰史、米本恭三(監修): 脳卒中・脳外傷者のための自動車運転 第二版 三輪書店 2017年6月

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等 なし

6. 研究組織
(1) 研究代表者
渡邊 修(WATANABE, Shu)
東京慈恵会医科大学・医学部・教授
研究者番号: 30256466