

脳損傷者の自動車運転技能と疲労について

渡辺 容子¹⁾ 小林 康孝²⁾ 塩見 格一³⁾

要 旨：【目的】脳損傷者の運転技能と疲労を調査すること。【対象・方法】健常者群 10 名と脳損傷者群 19 名を対象に、運転技能と運転前後の疲労を評価した。運転技能の評価には Driving simulator(以下 DS)を、疲労の評価には Visual analog scale(以下 VAS)および発話音声分析装置から算出する Cerebral Exponent Macro (以下 CEM) 値を用いた。結果を群間比較及び群内比較した。【結果】運転技能は健常群に比較し脳損傷群で有意に低かった。DS 前後の群内比較で、VAS は両群とも DS 後有意に上昇し、CEM 値は両群とも有意な変化はなかった。群間比較では、DS 前の VAS・CEM 値、DS 後の VAS は両群間で有意な差はなかったが、DS 後の CEM 値は健常群に比べ脳損傷群で有意に低かった。【考察】脳損傷群で運転技能が低い要因の一つとして、疲労が関与している可能性が考えられる。

【Key words】脳損傷、自動車運転、Driving simulator、疲労、CENTE

緒 言

脳損傷者の運転再開には、身体機能障害や高次脳機能障害に留意する必要があるが、公安委員会への診断書や患者への指導に際し、運転可否に関する一定の基準が必要となる。運転再開の予測因子として、知的機能^{1) 2)}、視空間構成²⁾、情報処理速度³⁾、注意機能¹⁾などが報告されているが、いまだ一定の基準はない。当院では 2003 年に脳損傷者に対する自動車運転評価マニュアルを作成し⁴⁾、これまでに失語症の有無、認知機能、日常生活動作、身体機能、神経心理学的検査と運転適性との関連を検討してきた。現在、Trail Making Test A の処理速度、CAT 図形 1・図形 2 の処理速度の 3 つを運転適性指標として臨床応用している⁵⁾。しかし、これら注意検査は疲労の影響を受ける可能性があり、それは運転中も同様である。これまで疲労に注目した運転指標の検討の報告はなく、その実証は今後の運転評価に大きく寄与するものと思われる。

本研究は、運転時における健常者と脳損傷者の疲労の状況の違いについて検討することを目的とした。

対 象

対象は健常群 10 名(男性 9 名・女性 1 名、平均 60.8±9.2 歳、運転歴 38.0±7.7 年)、脳損傷群 19 名(男性 18 名・女性 1 名、平均 59.4±8.2 歳、運転歴 38.3±6.7 年、脳梗塞 17 名、脳出血 2 名)である。脳損傷群は 2012 年 10 月から 2013 年 5 月の間に運転再開希望で運転評価を行った患者で、脳血管障害発症後 3 か月以上経過し、座位保持良好、歩行可能、てんかん発作・認知症・半側空間無視を認めず、眼科検査で矯正視力・視野に問題がなく、身体機能が運転能力に影響のない者とした。

研究実施に当たり、全対象者に研究の目的および方法を十分行い、同意を得た。本研究は新田塚医療福祉センター倫理審査委員会による承認を受けて(承認番号 24-15)実施した。

方 法

1 使用機器

①Driving simulator(Honda セーフティーナビ、以

1) 福井総合クリニック リハビリテーション課

2) 福井総合病院 リハビリテーション課

3) 電子航法研究所

(受付日 2015年5月)

下 DS)

DS は、運転反応検査と危険予測体験から成る。前者はハンドル、アクセル、ブレーキを利用して、単純反応、選択反応、ハンドル操作、注意配分複数作業をみる。後者は危険予測体験をもとに設定された様々な運転環境のコースで模擬運転を行う。この全過程を通して、表 1 に示す 18 項目をチェックした。判定方法は、1 つの項目につき 7 割以上の状況対応能力がなければ「問題あり」と判断し、その個数を運転技能の評価結果とした。尚、危険予測体験は全員同じコースを走行させ、評価時間は説明を含め約 1 時間とした。

表 1 運転技能チェック 18 項目

運転反応検査	
課題の理解・記憶	ルールが分からない時の対応
課題の速さへの対応	課題の努力・集中力
危険予測体験コース	
目的地の記憶	住宅街での徐行
アナウンスの指示に従える	住宅街の左右安全確認
駐車場の位置の把握	通行位置の選択と進路変更
障害物への対応	ウイカーのタイミング
交通状況の流れに合わせた運転	走行位置
標識・表示・一時停止の見落とし	サイドミラー・バックミラーの確認
カーブに合わせた減速	自己認識

②発話音声分析装置(以下 CENTE)

塩見⁶⁾によって開発された装置で、発話音声のゆらぎからカオス論的手法により大脳皮質の活性状態を定量的に評価するものである。活性状態の指数は Cerebral Exponent Macro(以下 CEM)値として表され、日常生活の CEM 値は 400~700 で、高値であるほど脳の活動が高く、低値であるほど脳の活動が低いことを示す。CEM 値に影響を及ぼす生理的要因として、覚醒状態、極度な疲労状態、性別、年齢、飲酒服薬の影響、情動刺激などがあげられている。

2 評価

評価は 2 日間に分けて行い、1 日目は認知機能を、2 日目は運転技能と疲労を調べた。

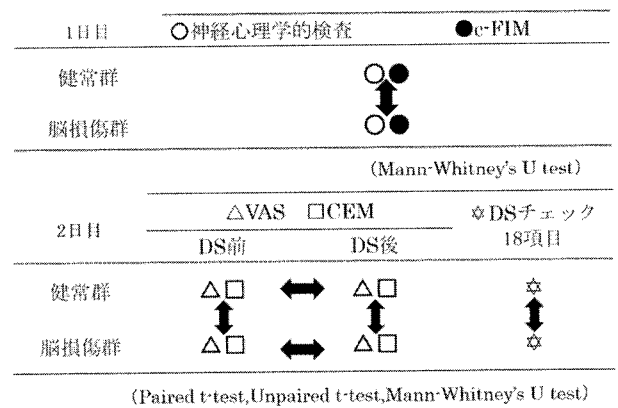
認知機能評価には、神経心理学的検査として仮名拾いテスト、Trail Making Test(以下 TMT)A/B、Kohs 立方体組合せテスト(以下 KBDT)を、能力面の検査として機能的自立度評価法の認知項目(以下 cFIM)を用いた。運転技能と疲労については、まず運転前の疲労を Visual analog scale(以下 VAS), CEM 値で評価した後、DS を

1 時間実施して運転技能をチェックし、DS 後に再度 VAS, CEM 値を調べた。

比較方法は、両群の間で仮名拾いテスト、TMT-A/B, KBDT, cFIM, 運転技能, DS 前・後の VAS, CEM 値を群間比較し、次に、両群とも DS 前後間で VAS, CEM 値を群内比較した(図 1)。

統計学的解析には Stat View を使用、Mann-Whitney U test, Paired t-test, Unpaired t-test を用いた(有意水準 5%)。尚、t-test を用いるにあたり、Shapiro-Wilk test で正規性を確認した。

図 1 検査結果の比較方法



結 果

1 認知機能(表 2)

両群間で認知機能に有意な差は見られなかった。

表 2 神経心理学的検査と c-FIM の群間比較

項目	健常群 (Me±Q)	脳損傷群 (Me±Q)	p値
仮名拾い (個)	31±10.75	23±8.25	0.19
TMT-A (秒)	36±10.15	45±10.5	0.18
TMT-B (秒)	70.5±35	120±45.37	0.18
KBDT (IQ)	113.5±12.9	92.7±11	0.09
理解 (点)	7	7	0.49
表出 (点)	7	7	0.36
社会的交流 (点)	7	7	0.82
問題解決 (点)	7	7±0.75	0.11
記憶 (点)	7	7	0.60

(Mann-WhitneyのU検定)

2 運転技能(表 3)

チェック項目で「問題あり」となった数は、健常群に比べ脳損傷群で有意に多かった(p<0.05)。

表 3 運転技能の群間比較

項目	健常群 (Me±Q)	脳損傷群 (Me±Q)	p値
DSチェック個数	1±1	3±1.75	0.02

(Mann-WhitneyのU検定)

表 1 の 18 項目において、1 つの項目につき 7 割以上の状況対応能力がなければ「問題あり」と判断し、その個数を運転技能の評価結果とした。

3 疲労

①群内比較(表 4-a)

VAS は両群とも DS 前に比べ DS 後に有意に上昇したが($p<0.05$), CEM 値は両群とも DS 前後で有意な変化はなかった。

②群間比較(表 4-b)

DS 前の VAS・CEM 値, DS 後の VAS は両群間で有意な差はみられなかったが, DS 後の CEM 値は健常群に比べ脳損傷群で有意に低かった($p<0.05$)。

表 4 VAS・CEM 値の, 運転前後間の群内比較(a)と, 運転前および運転後における群間比較(b)

(a)	DS前 (M±SD)	DS後 (M±SD)	p値
健常群VAS	39.10±21.60	55.90±18.43	0.03
脳損傷群VAS	24.80±19.40	50.95±16.88	<.0001
	DS前 (M±SD)	DS後 (M±SD)	p値
健常群CEM値	482.00±50.30	501.60±59.36	0.09
脳損傷群CEM値	451.00±45.90	446.52±41.15	0.59

(b)	健常群 (M±SD)	脳損傷群 (M±SD)	p値
DS前 VAS (点)	39.10±21.60	24.80±19.40	0.08
DS前 CEM値	482.00±50.3	451.00±45.90	0.10
DS後 VAS (点)	55.90±18.43	50.95±16.88	0.47
DS後 CEM値	501.60±59.36	446.52±41.15	0.006

(Student's-test)

考 察

自動車運転には注意機能が必要であり、特に脳損傷者では運転再開の面から重要視される。しかし、注意機能は身体機能をはじめ様々な要因で変化する可能性がある。本研究ではその要因の一つとして考えられる疲労に注目し、特に脳損傷による運転技能の変化と疲労の変化について検討した。

運転評価として、一般的に机上評価や実車評価が行われている。前者は簡便であるが、運転能力との関連につ

いては様々な報告があり、統一された見解はない。後者は gold standard として用いられることが多いが、労力が多いことや、地域によっては教習所内だけの評価で実際の路上での評価ができないところも多く、危険予測の評価としては不十分である。そこで今回、運転反応や危険予測を検査できる機器として、driving simulator を用いた。

次に、疲労の測定方法は、心理的、生理的、行動的指標に分けられる⁷⁾。今回、主観的反応としての心理的指標に VAS を、客観的反応としての生理的指標に CEM 値を、課題遂行の程度を表す行動的指標として運転時の 18 チェック項目を用いた。

VAS による心理的指標の評価結果では、両群とも運転前に比べ運転後で有意な疲労がみられた。渡邊⁸⁾は運転中の安全性に配慮する高次脳機能として、状況に対する認知と反応に必要な情報処理速度、危険を予知する判断と感情面のコントロールをあげている。運転には状況に応じた高次な脳活動が必要なため、脳損傷の有無に関わらず主観的疲労が見られたものと考えられる。

CEM 値による生理的指標の評価結果では、両群とも運転前後で有意な変化はみられなかった。しかし、健常群では運転前に比べ運転後に CEM 値が上昇傾向にあり、脳損傷群では運転前に比べ運転後に CEM 値が低下傾向にあった。その結果、群間比較では運転前に差がなかった CEM 値が、運転後では脳損傷群で有意に低い結果となったものと思われる。塩見⁵⁾は発話音声分析装置で算出された CEM 値の低下について「脳の消耗状態」と述べている。また Rueter-Lornenz ら⁹⁾は脳賦活の違いを神経資源に基づいて考え、低負荷の課題では神経資源を利用した処理をするため脳賦活は高まるが、神経資源の容量を超えた課題では遂行能力が低下し脳賦活も低下するとしている。身体機能や高次脳機能に明らかな低下がない場合でも、運転は脳損傷者にとって神経資源を超えた高負荷な活動となり、脳の消耗状態を招くことが考えられる。一方で、健常群にとって運転は神経資源を利用して処理が行える低負荷な活動であり、脳の賦活に繋がる可能性がある。

運転技能による行動的指標の評価結果では、チェック項目で「問題あり」となった数が、健常群に比べ脳損傷群で有意に多かった。これは先に述べた脳疲労により、認知反応に必要な情報処理速度、危険予知する判断力と感情コントロールが低下したことが影響した可能性があ

る。

今回対象の脳損傷患者は、日常生活が自立しており、認知機能も健常群と差はなかった。脳損傷者の運転可否に関連のある神経心理学的検査として、TMT-A/B 処理速度、KBDTIQ などが報告されているが¹⁰⁾、今回の結果より神経心理学的検査で明らかな低下がなくても運転技能に低下を来す可能性があり、机上評価のみで運転可否を判断することは危険であると考えられる。したがって、脳損傷者の運転評価には、DS や実車での評価が欠かせないものと思われる。

また、脳損傷者では健常者に比べ運転時の疲労を起こしやすく、運転技能が低下しやすいことが示唆された。両者の因果関係は不明であるが、脳損傷者の運転技能低下の要因の一つとして、疲労が関与している可能性が考えられた。したがって、脳損傷者に対する運転再開の支援にあたっては、新しいルートの走行や信号のない細かい道の走行を控えること、時間帯の考慮や長時間の運転避けること、休憩を十分にとること、ライトやワイパー操作を自動に設定するなどの環境調整を行い、運転再開時の条件を検討して説明することが必要である。

文 献

- 1) Rapport LJ, Bryer RC, Hanks RA : Driving and community integration after traumatic brain injury, Arch Phys Med Rehabil 89:922-930, 2008.
- 2) Meyers JE, Volbrecht M, Kaster-Bundgaard J: Driving is more than pedal pushing, Appl Neuropsychol 6 : 154-164, 1999.
- 3) Lundqvist A, Alinder J, Ronnberg J : Factors influencing driving 10year after brain injury, Brain Inj 22 : 295-304, 2008.
- 4) 山岸こず枝, 小林康孝: 脳血管障害患者の自動車運転評価マニュアル作成, 新田塚医療福祉センター雑誌 : 1-3, 2004.
- 5) 蜂須賀研二: 高次脳機能障害者の自動車運転再開とリハビリテーション 1, 金芳堂, 京都, pp56-60, 2004.
- 6) 塩見格一: 発話音声による心身状態評価技術の現状と展望, 電子航法研究所研究発表会第11回:105-108, 2011.
- 7) 鈴木綾子, 佐藤清: 発話音声から疲労を知る, Railway Research Review ; 30-33, 2008.
- 8) 渡邊修: 運転に求められる高次脳機能, OT ジャーナル 45 : 1280-1285, 2011.
- 9) Reuter-Lorenz PA, Cappell KA : Neurocognitive aging and the compensation hypothesis, Current Directions in Psychological Science:177-182, 2008.
- 10) 加藤貴志, 末網隆史, 椎野恵美: 脳損傷者に対する神経心理学的検査による運転技能予測, OT ジャーナル 49 : 100-105, 2015.