

新規簡易型認知パフォーマンステストと自動車運転能力関連指標との関連 —都市部在住後期高齢者を対象とした研究—

代表研究者 東京都健康長寿医療センター研究所 研究員 大須賀洋祐
共同研究者 東京都健康長寿医療センター研究所 研究部長 金憲経

【まとめ】

新たに開発中の二重課題テスト Stepping Trail Making Test (S-TMT) と運転能力に関連する様々な認知機能および運動機能との関連性を検討した。分析の結果、S-TMT は注意機能、実行機能、記憶、反応、そして歩行機能と有意に関連していたことから、認知機能と運動機能の二側面を包括的に評価できる新たな運転能力指標である可能性が示された。

1. 研究の目的

認知機能が低下した高齢ドライバーによる運転事故は、社会的に大きな問題となっている。その一方で、運転事故を引き起こす可能性の高い認知機能低下者をスクリーニング可能な検査方法は現時点で確立していない。

我々は、認知機能の低下を省スペースで簡便に、かつ精確に予測できる可能性を秘めた二重課題テスト S-TMT の開発を独自に進めている。S-TMT は、縦・横 1 m のマットに縦・横 25 cm の正方形を 16 マス描き、1 から 16 までの数字を番号順に足で踏みつけて、所要時間を計測するテストである (図 1)。S-TMT は、わずか 1 m² で実施できることに加え、ステッピングと同時に数値を視覚で追跡する認知課題の要素を含んでいる。S-TMT の動作過程は、「入力」「処理」「出力」から構成されている。S-TMT 上に示されている番号は、注意力や記憶力を必要と

短縮させるには、次のステップを把握しながら将来ステップする番号の位置を記憶する高い認知機能 (注意機能、遂行機能、記憶) と安定した運動機能 (ステッピング動作)、すなわち二重課題 (認知+運動機能) を円滑に調整する能力を必要とする。

自動車運転は、様々な認知機能と運動機能の複雑な相互協応から成り立つ。そのため、S-TMT は運転能力を包括的に評価できる可能性があるが、その検証には至っていない。本研究の目的は、S-TMT と運転能力関連指標との関連性を明らかにすることとした。

2. 研究方法と経過

2-1. 対象者

対象者は東京都板橋区に在住の後期高齢女性 448 名 (82.7±4.8 歳) とした。

2-2. 測定項目

2-2-1. S-TMT

縦・横 1 m のマットに縦・横 25 cm の正方形を 16 マス描き、1 から 16 までの数字を右足から番号順になるべく素早くステップするよう求め、その所要時間を計測した。学習効果の影響に配慮し、すべての対象者は事前に本試行とは異なる 1 から 6 の配置番号を用いて練習をおこない、その後、本試行に臨んだ。なお、S-TMT の測定は 1 試行とした。

2-2-2. 運転能力関連指標

運転能力に関連すると考えられる神経心理学的検査として 1) 注意機能、2) 実行機能、3) 単語の記憶、4) 物語の記憶、5) 反応速度、6) 意思決定、7) 反応抑制をそれぞれ評価した。

1) から 4) は、国立長寿医療研究センターが開発した National Center for Geriatrics and Gerontology-Functional Assessment Tool



図1. Stepping Trail Making Testの構成

するように意図的に配置しており、所用時間を

(NCGG-FAT) を用いて評価した。1) と 2) は、それぞれ改訂版 Trail Making Test-A および -B から評価した。各測定方法の詳細については、先行研究を参照されたい¹。注意機能や実行機能は、路面や道路標識、計器などへの円滑な視線移動と関連することが報告されており²、実車による安全運転判定や運転シミュレーターによる運転能力と関連すると報告されている³。単語・物語の記憶は、走行経路の記憶や運転中の想起に関連すると考えられる。

5) から 7) は、Go/No-Go 課題を用いて評価した。Go/No-Go 課題は、赤または黄色のランプがランダムなタイミングで点灯する測定機器を用いて、3つの条件下（第一試行：赤は握る（反応速度）、第二試行：赤は握るが黄色は握らない（意思決定）、第三試行：赤は握らないが黄色は握る（反応抑制））でゴム球を素早く握らせ、その反応時間を評価するテストである。第一試行条件は 5 試行、第二・三試行条件は各 22 試行おこない、それぞれの反応時間の平均値を求めた。測定機器は、対象者の目の高さに合わせて設置し、40~50 cm 程離れて座らせた。反応速度は、急ブレーキへの反応と関連すると想定され、意思決定と反応抑制は、赤信号無視や右折時の判断とタイミング、黄色信号で停止・通過判断等の運転行動と関連することが報告されている²。

運動機能として、歩行速度と握力を測定した。歩行速度は、両端 3 m を予備路とした 11 m の歩行路を設置し、その間の 5 m をいつも通りの速さで歩いた際の所要時間を 5 m で除すことで算出した。握力は、握力計を用いて利き手で 1 回計測を行った。

2-3. 統計解析

S-TMT と各神経心理学検査指標と運動機能との関連性は、Spearman の順位相関係数から検討した。S-TMT を説明する認知機能および運動機能を明らかにするために、S-TMT を従属変数、S-TMT と有意な関連性がみられた各神経心理学検査指標および運動機能を独立変数としたステップワイズ法による重回帰分

析をおこなった。すべての統計解析は IBM SPSS Statistics 25 を用いておこない、統計学的有意水準は 5% とした。

3. 研究の成果

3-1. S-TMT と注意機能、実行機能との関連

S-TMT は注意機能、実行機能と有意に関連していた（注意機能： $\rho = 0.37$ 、実行機能： $\rho = 0.47$ 、 $P < 0.01$ 、表 1）。

3-2. S-TMT と単語・物語の記憶との関連

S-TMT は単語の記憶、物語の記憶と有意に関連していた（単語の記憶： $\rho = 0.33$ 、物語の記憶： $\rho = 0.33$ 、 $P < 0.01$ 、表 2）。

3-3. S-TMT と反応速度、意思決定、反応抑制との関連

S-TMT は反応速度、意思決定、反応抑制と有意に関連していた（反応速度： $\rho = 0.22$ 、意思決定： $\rho = 0.16$ 、反応抑制： $\rho = 0.20$ 、 $P < 0.01$ 、表 3）。

3-4. S-TMT と握力、歩行速度との関連

S-TMT は握力、歩行速度と有意に関連していた（握力： $\rho = 0.23$ 、歩行速度： $\rho = 0.34$ 、 $P < 0.01$ 、表 4）。

3-5. S-TMT を説明する神経心理機能と運動機能

ステップワイズ法による重回帰分析の結果、注意機能、実行機能、単語の記憶、物語の記憶、反応速度、歩行速度が有意な説明変数として選択された（注意機能： $\beta = 0.16$ 、実行機能： $\beta = 0.16$ 、単語の記憶： $\beta = 0.11$ 、物語の記憶： $\beta = 0.12$ 、反応速度： $\beta = 0.14$ 、歩行速度： $\beta = 0.13$ 、 $R^2 = 0.27$ 、表 5）。

4. 考察

分析の結果、S-TMT は注意機能、実行機能、記憶、反応速度、そして歩行速度と有意に関連していたことから、認知機能と運動機能の二側面を包括的に評価できる新たな運転能力指標である可能性が示された。

Hird らは、アルツハイマー病患者や軽度認知障害を有する高齢者の運転能力には、注意機能

や実行機能、視覚記憶、視空間認知が関連し、特に実行機能との関連度が高いと報告している³。また、運転能力を評価する神経心理学検査として、TMTと迷路検査を推奨している。S-TMTは、実行機能や注意機能の検査指標であるTMTと有意な関連がみられていたため、運転能力指標として必要な条件の一つを満たしていると考えられよう。両者に有意な関連性がみられた要因については、数字を視覚で追跡するという共通の課題が含まれていたためと考えられる。S-TMTとTMTの決定的な違いは、前者は下肢との協調性、後者は上肢との協調性を必要としている点にある。加齢に伴う下肢の機能低下は、上肢と比較して大きいことはよく知られている。出力過程である運動機能が障害されていると、入力-処理過程（認知機能）への負担が大きくなり、自動車事故を誘発するリスクは高くなる。TMTは、上肢機能との協調性を必要とするため、運動機能もわずかに利用されるが、その依存度は比較的小さいことから、運転操作の全過程（入力-処理-出力）への貢献度は小さい。一方、認知課題は同様であっても、加齢の影響が大きい下肢機能を出力過程の評価に用いることで、入力-処理過程（認知機能）に代償的な負荷が生じる。例えば、アクセル-ブレーキ操作による速度調整が上手くいかない結果、歩行者、障害物、他の車への注意力が低下したり、車庫入れの際、塀や壁をこすったりするなどが代表的な例である。また、急発進・急ブレーキの安全性評価には、下肢機能の評価が必要不可欠であり、その点については、S-TMTは理にかなっていない。実際、Go/No-Go課題の反応速度とも有意な関連がみられている。また、記憶とも関連している点は興味深い。S-TMTの所要時間を短縮するには、次に踏む数値を把握しながら近い将来踏む予定の番号の位置を記憶する必要がある。これは走行経路を記憶し適切に思い出す際に必要な能力として反映される可能性がある。車線変更や車間距離の維持など、運転技術の安全性には直接関与しないものの、余裕のある運転をおこなうには

良好な記憶力も必要であろう。

このように、運転操作の過程（入力-処理-出力）を横断的に評価するのではなく一連の過程として縦断的に評価するとなると、S-TMTの様な包括的に評価できる指標が求められる。そもそも、運転操作は様々な認知機能と運動機能を必要とするマルチタスクであることから、一つの神経心理学検査によってスクリーニングするには大きな限界が伴う⁴。一方で、S-TMTは、多様な認知機能や運動機能を反映していることから、包括的な運転能力指標として新たに現場で活用されることが期待されよう

5. 今後の課題

この研究の最も大きな限界は、S-TMTと実際の運転能力との関連性を検討できていない点にある。今後の課題は、実車による安全運転判定や運転シミュレーターによる運転能力との関連性を検討し、S-TMTの運転能力指標としての妥当性を確立することである。

6. 研究成果の公表方法

本研究成果の一部を2018年健康支援学会年次学術集会で発表し、論文としてまとめ国際誌に投稿する予定である。

7. 文献

1. Makizako et al., Evaluation of multidimensional neurocognitive function using a tablet personal computer: test-retest reliability and validity in community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 13: 860-6, 2013.
2. Rizzo and Kellison. Brain on the road. In: Marcotte and Grant. Editors. *Neuropsychology of everyday functioning*, Chapter 7, 168-208, The Guilford Press, 2010.
3. Hird et al., A systematic review and meta-analysis of on-road simulator and cognitive driving assessment in Alzheimer's

disease and mild cognitive impairment. J Alzheimers Dis, 53: 713-29, 2016.

Making Test (Parts A and B) in identifying cognitively impaired drivers? Age Ageing, 42: 577-81, 2013.

4. Dobbs and Shergill, How effective is the Trail

表 1. S-TMT と注意機能、実行機能との関連

	S-TMT	注意機能	実行機能
S-TMT		0.37**	0.47**
注意機能			0.55**
実行機能			

表 2. S-TMT と単語の記憶・物語の記憶との関連

	S-TMT	単語の記憶	物語の記憶
S-TMT		0.33**	0.33**
単語の記憶			0.54**
物語の記憶			

*: $P < 0.01$. 相関係数は全て正の値で示している。

表 3. S-TMT と反応速度、意思決定、反応抑制との関連

	S-TMT	反応速度	意思決定	反応抑制
S-TMT		0.22**	0.16**	0.20**
反応速度			0.41**	0.33**
意思決定				0.63**
反応抑制				

*: $P < 0.01$. 反応速度は Go/No-Go 条件 1、意思決定は Go/No-Go 条件 2、反応抑制は Go/No-Go 条件 3 からそれぞれ評価した。相関係数は全て正の値で示している。

表 4. S-TMT と握力、歩行速度との関連

	S-TMT	握力	歩行速度
S-TMT		0.23**	0.34**
握力			0.37**
歩行速度			

*: $P < 0.01$. 相関係数は全て正の値で示している。

表 5. S-TMT を説明する神経心理機能と運動機能

選択された変数	B	P	R ²
注意機能	0.16	< 0.01	0.27
実行機能	0.16	< 0.01	
単語の記憶	0.11	0.04	
物語の記憶	0.12	0.02	
反応速度	0.14	< 0.01	
歩行速度	0.13	< 0.01	

ステップワイズ法による重回帰分析。独立変数には、注意機能、実行機能、単語の記憶、物語の記憶、反応速度、意思決定、反応抑制、歩行速度、握力、年齢、教育年数を投入した。標準偏回帰係数 (β) は全て正の値で示している。

