

## 地域在住高齢者におけるTrail making test施行時の 脳循環動態

### *Changes of Cerebral Oxygenation by Near Infrared Spectroscopy in Community-Dwelling Elderly Performing the Trail Making Test*

村田 伸<sup>1)\*</sup> 村田 潤<sup>2)</sup> 児玉 隆之<sup>3)</sup> 田中 真一<sup>3)</sup>

SHIN MURATA<sup>1,4)</sup>, JUN MURATA<sup>2)</sup>, TAKAYUKI KODAMA<sup>3)</sup>, SHINICHI TANAKA<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Physical Therapy, Faculty of Health Care Science, Himeji Dokkyo University

\* Present address: Faculty of Rehabilitation Sciences, Nishikyushu University: 4490-9 Oshaki, Kanzaki-machi, Kanzaki-city, Saga 84-8585, Japan TEL +81 952-52-4191

<sup>2)</sup> Department of Health Sciences, Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki University

<sup>3)</sup> Fukuoka Wajiro Rehabilitation College

*Rigakuryoho Kagaku 23(5): 561-565, 2008. Submitted Jan. 24, 2008. Accepted May 1, 2008.*

**ABSTRACT:** [Purpose] We measured cerebral blood oxygen kinetics with near infrared spectroscopy (NIRS) and examined the activity of the frontal lobe in subjects performing the trail making test (TMT). [Subjects] The subjects were 13 community-dwelling elderly persons: average age, 72.2 ± 5.8 years. [Methods] We measured changes in hemoglobin (HbO<sub>2</sub>) oxygenation using NIRS while subjects performed TMT. [Results] A significant increase in HbO<sub>2</sub> was found immediately after the start of TMT, and elevation of HbO<sub>2</sub> was maintained until the end of TMT following a peak at 7 s after the start of TMT. [Conclusion] We clarified that performance of TMT by the elderly promotes the activity of the frontal lobe, suggesting the appropriateness of TMT attention and frontal lobe function assessment scales, and also that they are grounded on objective data.

**Key words:** trail making test, near infrared spectroscopy, community-dwelling elderly

**要旨:** [目的] Trail making test (TMT) 施行中における前頭葉の活動について、近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy; NIRS) による脳内血液酸素動態を測定し検討した。[対象] 地域在住の高齢者13名 (平均年齢: 72.2 ± 5.8歳) である。[方法] TMT施行中の酸素化ヘモグロビン (HbO<sub>2</sub>) の変化について、NIRSを用いて測定した。[結果] TMT開始直後からHbO<sub>2</sub>の有意な上昇が認められ、開始7秒後にピークを迎えた後もHbO<sub>2</sub>の上昇はTMT終了時まで維持された。[結論] 高齢者がTMTを施行する際には、前頭葉の活動が促進されることが明らかとなり、TMTの注意機能や前頭葉機能評価尺度としての妥当性が客観的データに基づき示唆された。

**キーワード:** trail making test, 近赤外線分光法, 地域在住高齢者

<sup>1)</sup> 姫路獨協大学 医療保健学部理学療法学科

\* 現所属: 西九州大学 リハビリテーション学部: 佐賀県神埼市神埼町尾崎4490-9 (〒842-8585) TEL 0952-52-4191

<sup>2)</sup> 長崎大学大学院 歯歯薬学研究科

<sup>3)</sup> 和白リハビリテーション学院

## I. 緒言

注意とは、「意識的、意図的に一つの対象や複雑な体験の一つのコンポーネントに心的エネルギーを集中し、他の情動的ないし思考的内容を排除すること」と定義<sup>1)</sup>されている。このことから、注意は様々な認知機能の基本的要素とされ<sup>2)</sup>、認知機能が適切に機能するためには、適切な注意の動員が必要とされる。小林ら<sup>3)</sup>は、この注意機能が低下すると理学療法の臨床現場において、転倒事故や指導内容が理学療法対象者に学習されにくいことを報告し、注意機能に対するアプローチの重要性を述べている。

注意機能評価には Audio-motor method, Letter cancellation test, Paced auditory serial addition test, Trail making test (TMT) などの机上検査が普及している<sup>4)</sup>。なかでも、理学療法の分野ではTMTを用いた研究<sup>5-7)</sup>が散見される。TMTは、元来Army individual test batteryに含まれていたもので、主に注意の選択機能を視覚的に評価する尺度として広く用いられ<sup>2)</sup>、注意機能の机上検査法としての信頼性と妥当性がすでに確認されている<sup>8-10)</sup>。また、注意障害が前頭葉損傷患者に特徴的に認められることから、TMTは前頭葉機能評価の一つとしても汎用されている<sup>2)</sup>。

このように、TMTは注意機能や前頭葉機能を把握できる評価尺度として有用とされるが、TMT施行中の前頭葉の活動について、客観的データに基づき検討された報告は少ない<sup>11)</sup>。そこで本研究は、地域在住高齢者を対象にTMT施行中の前頭葉、とくに前頭前野の活動について、近赤外線分光法 (near-infrared spectroscopy ; NIRS) による脳内血液酸素動態を測定し検討した。

なお、本研究で用いたNIRSは、局所の脳内血液酸素動態が長時間にわたり、身体に影響を及ぼすことなく測定できるため、課題遂行前後を含めた連続的なモニタリングが可能である。また、近年非侵襲的脳機能モニターとして臨床応用されている magneto encephalography (MEG), positron emission tomography (PET), functional magnetic resonance imaging (f-MRI) などのように大規模な装置を必要とせず、被験者が座位で両手を自由に動かせるという利点があるため本研究で採用した。

## II. 方法

### 1. 対象

F町に居住し、G集会所で実施した高齢者ミニデイサービス事業に、2007年9月に参加した13名の地域在住高齢

者を対象とした。対象者は男性が2名、女性が11名であり、平均年齢は72.2±5.8歳、年齢範囲は65～84歳であった。対象者のMini-Mental State Examinationは平均29.2±1.7点、得点範囲は24～30点であり認知症を疑う者はいなかった。また、対象者は自家用車や自転車、あるいは徒歩によって自ら調査に参加できる程度に自立した高齢者であり、要介護認定を受けている者はいなかった。

なお、対象者には研究の趣旨と内容、得られたデータは研究の目的以外には使用しないこと、および個人情報の漏洩に注意することについて説明し、理解を得た上で協力を求めたが、研究への参加は自由意志であり、被験者にならなくても不利益にならないことを口答と書面で説明し、同意を得て研究を開始した。

### 2. 方法

個人の属性に関する情報の収集とMMSを実施した後、TMT施行中の左前頭前野領域にみられる脳内血液酸素動態の変動を評価した。

脳内血液酸素動態の測定には、浜松ホトニクス社製のNIRO 200を用いた。測定は、プローブ (照射プローブと検出プローブの間隔は3 cm) を左前頭部に固定し、TMT施行中の酸素化ヘモグロビン (HbO<sub>2</sub>) の変化を測定した。またTMT開始および終了の記録用マーカーとして電気スイッチを用いた。HbO<sub>2</sub>および電気スイッチのアナログ信号は、アナログ/デジタル変換器 (UAS-A1, ユニークメディカル社製) を介してパーソナルコンピュータにサンプリング周波数500 Hzで同時記録・保存された。記録したデータは実験終了後off-line下で解析した。解析ソフトにはUnique Acquisition 2.11.0.10 (ユニークメディカル社製) を使用した。

TMTはPart AとPart Bの2種類があるが、本研究では対象者の負担が少ないPart A<sup>4)</sup>を採用した。課題は、A4サイズの紙面上にランダムに配置された1から25までの数字を小さい方から順に線で結び、25まで結んだ時点で終了とした。被験者には施行手順を修得させるために、練習用TMTを用いて十分に実施できることを確認した後、「それでは始めて下さい」の合図で実験を開始し、終了時点では「これで終わりです」と声をかけた。なお、TMTのコントロール課題として、単純に1から25までの数字を順番に整列させ、小さい方から順に線で結ぶという課題も実施した。これらの課題施行中におけるHbO<sub>2</sub>の変化量を測定した。

データ処理として、得られたHbO<sub>2</sub>のデータは1秒間隔で平均化した。また、コントロール課題施行中におけるHbO<sub>2</sub>の平均変化量を基準として、TMT施行中のHbO<sub>2</sub>変

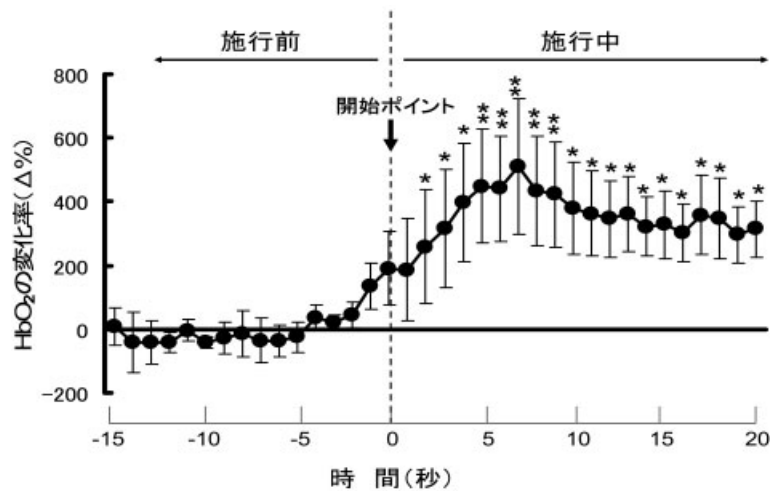


図1 TMT開始前後のHbO<sub>2</sub>の変化  
 平均値±標準誤差, 反復測定分散分析, Scheffeの多重比較検定, \*\*p<0.01, \*p<0.05

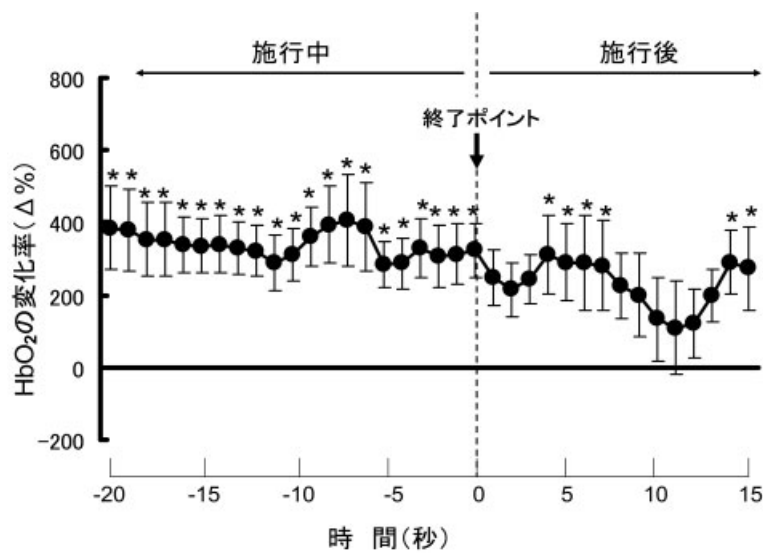


図2 TMT終了前後のHbO<sub>2</sub>の変化  
 平均値±標準誤差, 反復測定分散分析, Scheffeの多重比較検定, \*\*p<0.01, \*p<0.05

化率(Δ%)を算出した。なお、それぞれの被験者でTMT遂行時間が異なるため、電気スイッチによる開始マーカーおよび終了マーカーを基準に揃え、TMT開始15秒前から開始後20秒までとTMT終了20秒前から終了後15秒までの1秒毎におけるHbO<sub>2</sub>変化率を分析に用いた。統計処理は、反復測定分散分析ならびにScheffeの多重比較検定を行ったが、解析にはStatView 5.0を用い、統計的有意水準を5%未満とした。

### III. 結果

TMT施行開始前後のHbO<sub>2</sub>変化率を時系列に比較すると、開始1秒前からHbO<sub>2</sub>の上昇傾向が認められ、開始2秒後から有意なHbO<sub>2</sub>の上昇が認められた。さらに、開始7秒後にHbO<sub>2</sub>のピーク(510.7±212.0Δ%)が確認され、その後緩やかに下降したものの有意なHbO<sub>2</sub>の上昇は継続されていた(図1)。

TMT施行終了前後のHbO<sub>2</sub>変化率を時系列に比較する

と、終了時点までHbO<sub>2</sub>の有意な上昇が認められ、終了直後に下降した。その後HbO<sub>2</sub>は上昇と下降を繰り返し、終了後15秒経過した時点においても、基準としたコントロール課題施行中の平均HbO<sub>2</sub>変化量より有意な上昇が認められた(図2)。

#### IV. 考 察

NIRSは、近赤外線生体透過性とヘモグロビンによる吸収を受けるという性質を利用することにより、脳血流および組織内の酸素状態が非侵襲的に測定できる。脳の活動が促進されると、血液量と脳内酸素濃度の増加が生じる<sup>12)</sup>ため、HbO<sub>2</sub>の変化量を測定することは脳の活動状態を把握しうるものと考えられている。NIRSによる脳内血液酸素動態の評価は、主に小児科領域<sup>13,14)</sup>や脳神経外科領域<sup>15,16)</sup>で既に臨床応用されている。

そこで本研究では、TMT施行中の前頭葉の活動について、NIRSによるHbO<sub>2</sub>の変化を測定し検討した。その結果、TMT施行中のHbO<sub>2</sub>に有意な上昇が認められ、高齢者がTMTを実施する際には、前頭葉が有意に活動することが確認された。

Mollら<sup>11)</sup>は、健康成人7名を対象にTMT施行中のfMRIを測定し、前頭連合野背外側部の著明な活動を報告しており、本研究結果と矛盾しない。さらに、本研究ではHbO<sub>2</sub>の変化を時系列に比較することによって、高齢者であってもTMT開始の合図とともにHbO<sub>2</sub>の上昇傾向が認められること、また開始直後(2秒後)から有意なHbO<sub>2</sub>の上昇が認められることを見出した。また、開始7秒後にHbO<sub>2</sub>のピークを迎え、その変化率はコントロール課題施行中の平均HbO<sub>2</sub>変化量の約5倍にも達することが明らかとなった。これらのことから、注意機能や前頭葉機能の評価尺度として汎用されているTMTは、前頭葉の活動を瞬時に、かつ著しく促進させることが実証された。

また、TMT施行終了時におけるHbO<sub>2</sub>変化の比較から、TMT終了時点までHbO<sub>2</sub>の上昇が有意に持続されること、また終了の合図とともにHbO<sub>2</sub>が瞬時に下降することが示された。注意は、ある刺激に焦点をあてる機能(選択機能)、一定時間内に注意の強度を維持する機能(維持機能)、またそれらを制御する機能(制御機能)の3つのコンポーネント<sup>17)</sup>があると考えられている。本研究では明らかにできないが、HbO<sub>2</sub>の上昇はピークを迎えた後緩やかに下降し、その後の変化率は平均300~400Δ%でTMT終了時点まで維持されていたことより、TMTは注意機能のなかでも注意の維持機能を最も反映する評

価法なのかもしれない。今後、選択的注意の評価法として開発されたAudio-motor method<sup>18)</sup>や、持続的注意の検査に優れているとされるPaced auditory serial addition test<sup>18)</sup>などのテスト施行中のHbO<sub>2</sub>の変化を測定し、今回の結果と比較することにより、TMTの測定意義について検討する必要がある。

以上の結果から、高齢者がTMTを施行する際には、前頭葉の活動が促進されることが明らかとなり、TMTの注意機能や前頭葉機能評価尺度としての妥当性が客観的データに基づき示唆された。ただし、本研究で対象者としたのは認知機能が正常範囲にある高齢者である。今後は、TMTを行う必要性の高い認知機能が低下した高齢者や、前頭葉機能障害者を対象にTMT施行中のHbO<sub>2</sub>の変化を測定し、今回と同様の結果が得られるのか否かについて検討する必要がある。

**謝辞** 本研究に快く協力していただきました方城地域ミニデイサービス事業利用者の皆様にお礼申し上げます。また、ご協力いただいた福智町役場職員の皆様に感謝いたします。

なお、本研究は平成19年度科学研究費補助金(基盤研究B)(19390573)による補助を受けて行われた。

#### 引用文献

- 1) Campbell RJ: Psychiatric Dictionary, 5 ed. Oxford Univ Press, London, 1981.
- 2) 鹿島晴雄, 半田貴士, 加藤元一郎・他: 注意障害と前頭葉損傷. 神経進歩, 1986, 30(5): 847-858.
- 3) 小林和彦, 園山繁樹, 伊藤 智: 高齢者の「注意」の低下に対する理学療法—転倒予防及びADL指導における阻害因子としての不注意行動に対する行動分析学的アプローチ. PTジャーナル, 2003, 37(12): 1059-1065.
- 4) 本田哲三: 注意障害と記憶障害の評価法, 高次脳機能障害とリハビリテーション. 臨床リハ別冊, 1995, pp129-134.
- 5) 霍 明, 常 冬梅, 丸山仁司: 高齢者における転倒予測に関する研究—足踏み時プローブ反応時間を中心として. 理学療法科学, 2007, 22(3): 359-364.
- 6) 村田 伸, 津田 彰, 稲谷ふみ枝・他: 在宅障害高齢者の転倒に影響を及ぼす身体及び認知的要因. 理学療法科学, 2005, 32(2): 88-95.
- 7) 村田 伸, 津田 彰, 稲谷ふみ枝・他: 在宅障害高齢者の身体機能・認知機能と転倒発生要因に関する前向き研究. 理学療法科学, 2006, 33(3): 97-104.
- 8) Lezak MD: Neuropsychological Assessment 3 ed., Oxford Univ Press, New York, 1995, pp381-384.
- 9) Heilbronner RL, Henry GK, Buck P, et al.: Lateralized brain damage and performance on trail making A and B, digit span forward and backward, and tpt memory and location. Arch Clin Neuropsychy-

- chol, 1991, **6**: 251-258.
- 10) Tombaugh TN: Trail Making Test A and B: normative data stratified by age and education. *Arch Clin Neuropsychol*, 2004, **19**: 203-214.
  - 11) Moll J, de Oliveira-Souza R, Moll FT, et al.: The cerebral correlates of set-shifting: an fMRI study of the trail making test. *Arq Neuropsiquiatr*, 2002, **60**(4): 900-905.
  - 12) 日下 隆: 近赤外線分光法はどのように利用されているか—脳内酸素化・循環動態の観察. *体育の科学*, 2001, **51**(7): 522-526.
  - 13) Murayama H, Tamaki S, Usui A, et al.: Measurement of cerebral-oxygenation status when commencing cardiopulmonary bypass in pediatric open-heart surgery. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, **12**(2): 105-112.
  - 14) Catelin C, Tordjman S, Morin V, et al.: Clinical, physiologic, and biologic impact of environmental and behavioral interventions in neonates during a routine nursing procedure. *J Pain*, 2005, **6**(12): 791-797.
  - 15) Calderon-Arnulphi M, Alaraj A, Amin-Hanjani S, et al.: Detection of cerebral ischemia in neurovascular surgery using quantitative frequency-domain near-infrared spectroscopy. *J Neurosurg*, 2007, **106**(2): 283-290.
  - 16) Raabe A, Nakaji P, Beck J, et al.: Prospective evaluation of surgical microscope-integrated intraoperative near-infrared indocyanine green videoangiography during aneurysm surgery. *J Neurosurg*, 2005, **103**(6): 982-989.
  - 17) 加藤元一郎: 注意の概念—その機能と構造. *PTジャーナル*, 2003, **37**(12): 1023-1028.
  - 18) 本田哲三: 記憶障害へのアプローチ—注意障害の訓練プログラム. *臨床リハ*, 1995, **4**(7): 627-632.