

Active aging を支援する新しい予防医学システムの開発

—高齢者の認知機能とストレスの非侵襲的評価法の研究開発—

酒谷 薫、村山優太、胡 莉珍

日大工・電気電子

高齢化社会の進展に伴い、認知症、老人性うつ病など高齢者特有の疾患が急増しており、Active aging を達成するためには高齢者の脳と心の障害を予防する技術は極めて重要である。そこで、脳と心の健康状態（ストレス、認知機能）を非侵襲的に評価、診断するシステムの開発を行った。

【1】時間分解近赤外スペクトロスコピー (TNIRS) による高齢者認知機能障害の評価法

今年度は、近赤外分光法の一つである時間分解分光法 (Time resolved Near Infrared Spectroscopy: 以下 TNIRS) を用いて、高齢者の認知機能障害の定量評価方法について検討した。TNIRS は、ピコ秒パルス光と光拡散方程式を用いて、安静時のヘモグロビン (Hb) 濃度の絶対値を計測することが可能である[1]。

1. 方法

対象は、脳外科外来患者 78 名 (男性 41 名 女性 37 名、平均 71.5 ± 10.7 歳)。TNIRS 測定プローブは両側前額部に設置し、前頭前野の安静時ヘモグロビン (Hb) 濃度 ($\mu\text{M/L}$)、及び酸素飽和度 (%) を計測した (図 1)。

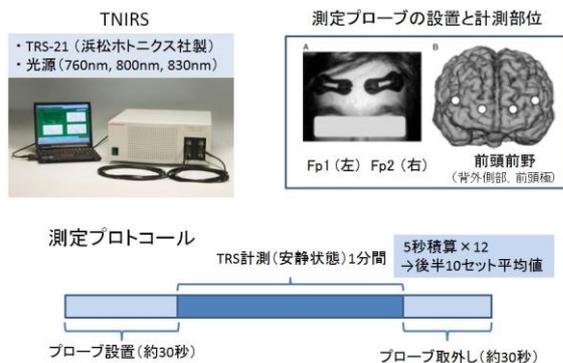


図 1 TNIRS による脳機能計測及び実験プロトコール

認知機能は、Mini Mental State Examination (MMSE) 及び作業記憶評価支援システム (タッチエム、ヒューマン社製) を用いて検討した。

2. 結果

被験者の平均 MMSE スコア (0~30) 及びタッチエムスコア (0~100) は、各々 25.3 ± 4.0 、 41.3 ± 22.1 であった。被験者の年齢と MMSE 及びタッチエムスコアの間には有意の相関関係が認められた。さらに、MMSE とタッチエムスコアの間にも有意な相関関係が認められた (図 2)。

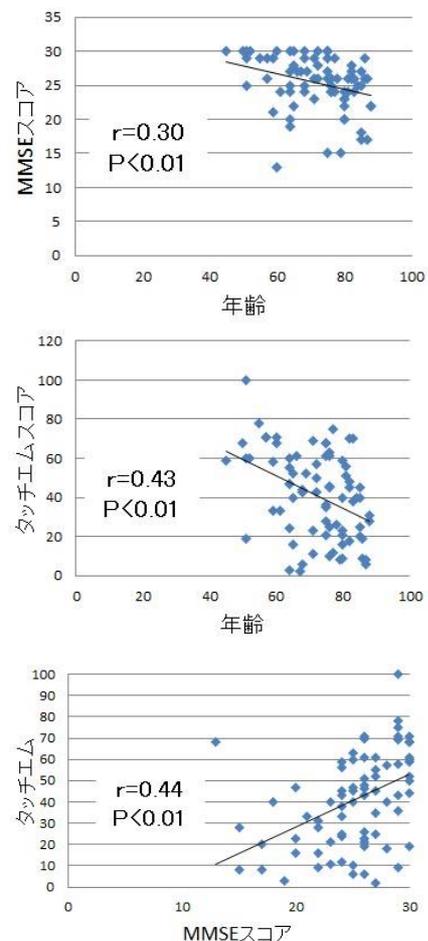


図 2 年齢と MMSE (上)、タッチエム (中) の関係及びタッチエムと MMSE の関係 (下)

TNIRS による安静時酸素化 Hb ($r=0.26, p<0.02$)、及び酸素飽和度 ($r=0.23, p<0.05$) はタッチエムスコアと有意な正相関を認めた (図 3、4)。

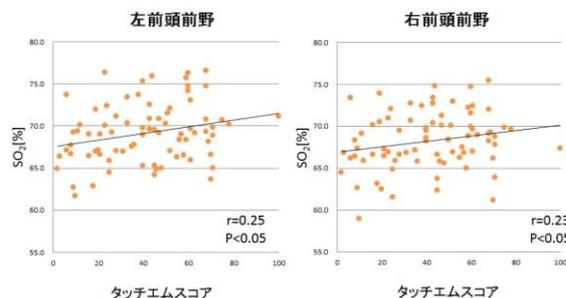


図 3 タッチエムスコアと左右前頭前野の安静時酸素飽和度の相関関係

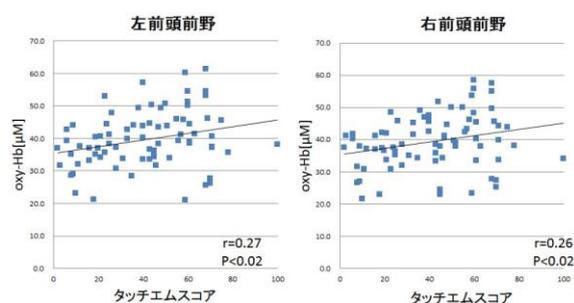


図 4 タッチエムスコアと左右前頭前野の安静時酸素化 Hb (oxy-Hb) 濃度の相関関係

一方、MMSE スコアと酸素飽和度 ($r=0.23, p<0.05$) は有意の相関関係を認めたが (図 5)、Hb 濃度との間には認めなかった。

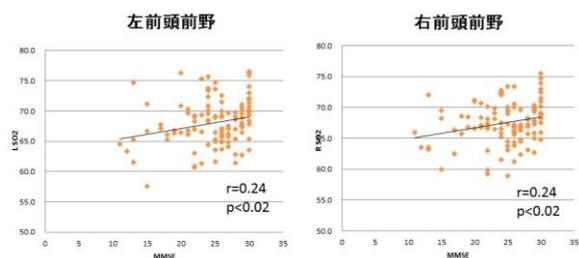


図 5 MMSE スコアと左右前頭前野の安静時酸素飽和度の相関関係

3. まとめ

本研究結果は、TNIRS による前頭前野の安静時 Hb 濃度計測が認知機能 (作業記憶) を客観的に評価できる可能性を示唆している。前頭前野の安静時酸素化 Hb 濃度は、作業記憶を評価するタッチエムスコアと有意の相関関係を示したが、MMSE スコアとは有意の相関関係を認めなかつ

た。作業記憶は前頭前野が重要な役割を果たしているが、MMSE は前頭前野以外に大脳皮質のさまざまな領域が関与しており、タッチエムと MMSE の機能局在の差異が相関関係に影響した可能性が示唆された。TNIRS は非侵襲的かつ簡便な計測法であり、高齢者の作業機能など、前頭前野が関与する認知機能障害の客観的評価法への応用が期待される。

【2】3D モーションキャプチャーと NIRS を用いたストレス評価法の研究開発

本研究では、NIRS と同時にゲーム用 3D モーションキャプチャーによる呼吸数の計測を行い、ストレスを与えた時の各パラメータの変化を調べ、ストレス状態の客観的評価を試みた。

1. 方法

NIRS に PocketNIRS(ダイナセンス社製)、3D モーションキャプチャーには Kinect (Microsoft 社製) を用いた。呼吸数測定に使用した Kinect のプログラムは、インターネット上に公開されているプログラムを改良し、実験に使用した [2]。図 6 に測定方法を示す。

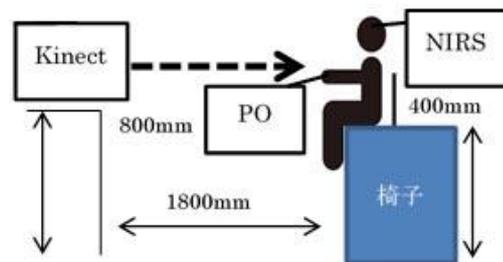


図 6 測定方法

被験者として男子学生 20 名 (平均 21.7 ± 0.6 歳) を対象とした。被験者は Kinect センサーに対して正面を向くように座り、両側前額部に Pocket NIRS の測定プローブ、左手薬指にパルスオキシメータ (PO) を装着し、同時測定した。実験プロトコルは、安静 1 分→ストレス課題 1 分→安静 1 分とした。ストレス課題には、4 桁の引き算

(例:3058 から 29 を繰り返し引く) を行った。

NIRS によって得られたデータから脳内 Hb 濃度変化の左右前頭前野の優位性である LIA

(Laterality Index during Activation) を求めた。

LIA < 0 は左側優位、LIA > 0 は右側優位を表す。

踏算時変化量 = 踏算時の平均 - 安静時 (前) の平均

$$LIA = \frac{(CH1 \text{ 踏算時変化量} - CH2 \text{ 踏算時変化量})}{(CH1 \text{ 踏算時変化量} + CH2 \text{ 踏算時変化量})}$$

CH1 は右側、CH2 は左側である。

LIA と呼吸数の相関関係を図 7 に示す。標本相関係数 r は 0.582、 $p < 0.02$ となり、有意な正相関関係が認められた。

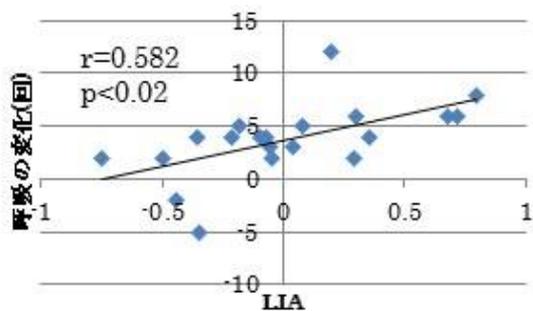


図 7 LIA と呼吸数の相関関係

3. まとめ

本結果は、ストレス課題によって右前頭前野が左前頭前野よりも強く活動する被験者ほど、呼吸数の上昇程度が大きいことを示している。この変化は、ストレス課題時の前頭前野の左右優位性と心拍変化の関係と一致している [2, 3]。キネクトによる呼吸数計測と NIRS 計測を組み合わせることに、ストレスに対する自律神経系と脳ストレスを簡便かつ客観的に評価できる可能性がある。

参考文献

- [1] 酒谷 薫 次世代 NIRS—時間分解 NIRS (TRS) による脳循環と脳機能計測 Clinical Neuroscience, 33:716-718, 2015
- [2] 酒谷 薫 :NIRS—基礎と臨床—, ストレスの評価, 161-163, 株式会社新興医学出版社, 2012
- [3] Sakatani K: Optical diagnosis of mental stress: review. Adv Exp Med Biol. 2012;737: 89-95