

第 25 回 一般社団法人 日本光脳機能イメージング学会

学 術 集 会

抄 録 集

開催日時

2024 年 3 月 2 日(土) 10 時 00 分~17 時 00 分

大会長

三原雅史(川崎医科大学)

発行元

一般社団法人 日本光脳機能イメージング学会

HP ▶ <http://jofbis.umin.jp/>

E-mail ▶ jofbis@gmail.com

第25回 日本光脳機能イメージング学会 学術集会

プログラム

10:00-10:10 開会あいさつ 理事長 渡辺英寿(複十字病院、自治医科大学)

10:10-12:10 招待講演/シンポジウム 座長:三原雅史
「fNIRS の臨床応用に向けた最新の取り組み」

◆fNIRS が解き明かす臨床現場の諸問題
～ストレス関連消化管疾患の病態解明～
勝又 諒 (川崎医科大学)

◆リハビリテーションにおける脳循環モニタリングとしての利用に向けた取り組み
椿 淳裕 (新潟医療福祉大学)

◆リハビリテーションの運動課題克服と fNIRS
浦川 将(広島大学)

12:10-13:00 昼食

13:00-13:40 大会長講演
◆臨床に生かす fNIRS
三原雅史(川崎医科大学)

13:40-14:30 特別講演 座長:三原雅史
◆頭部を対象とした空間分解 NIRS オキシメトリ
庭山 正嗣(静岡大学)

14:30-15:10 教育講演 座長:皆川泰代
◆より良い fNIRS データを提供するために
川口 拓之(産業技術総合研究所)

15:10-15:40 ポスターフラッシュトーク 座長:檀一平太

15:45-16:45 ポスターセッション

17:00-19:00 懇親会

fNIRS が解き明かす臨床現場の諸問題 ～ストレス関連消化管疾患の病態解明～

勝又 諒¹、細川 貴之²、鎌田 智有¹

¹川崎医科大学 健康管理学

²川崎医療福祉大学 リハビリテーション学部 視能療法学科

心理的ストレスが身体的な症状を引き起こす病態は心身症と呼ばれ、各臓器に対する検査では異常が見つかりにくいことから診断や治療に難渋することが多い。腹痛や胃もたれ、下痢などの消化管症状として発症する心身症は機能性消化管障害(functional gastrointestinal disorders: FGIDs)と呼ばれ、過敏性腸症候群(Irritable Bowel Syndrome: IBS)、機能性ディスぺプシア(Functional dyspepsia: FD)などが代表疾患である。これらの疾患では脳腸相関と呼ばれる中枢臓器と末梢臓器の関連が病態に関わっており、胃や腸などの消化管の評価に加え、脳の評価の必要性が高まっている。

こういった患者さんの最大の苦痛は、『精神的ストレスによってお腹の症状が誘発されること』である。この苦痛は消化管のみならず末梢の各臓器で見られる。(ストレスによる喘息発作、めまい、頭痛、蕁麻疹など)しかしながら我々も含め各臓器の専門家はそれぞれの専門臓器の研究に偏重してしまい、各疾患における中枢神経の評価は進んでいない。中枢神経の評価に関して最適な方法論を検討したが、患者さんの主訴に立ち返り、ストレス下での患者さんの脳を評価することが病態解明に最も繋がると考えた。そのような背景があり脳の評価法を模索する中で、幸いにも fNIRS や神経科学の研究者と出会い、研究成果も発表することが出来た。そんな自分自身の幸運な人生を振り返りながら、fNIRS の特徴や fNIRS の臨床応用に関して議論させて頂く。

①脳研究手法の中での fNIRS の位置づけ

患者さんの主訴を考えると、脳の形態評価もさることながら、まずはストレスイベント発生時の脳機能評価が病態解明には最も望ましいと考えた。脳機能検査の中で、開始コストやアクセシビリティを考慮すると fNIRS は私にとっては最適な手法であった。

②研究デザインの組み立て

臨床研究において、実験は可能な限り簡便で非侵襲的、かつ日常に即した生理的な条件で行えることが望ましい。今後の普及のためにも、クリニックの診察室でも行えるようなシステムが理想である。現時点での測定機器の状況においては fNIRS の優位性は高いと考えられる。

③実際の研究成果

機能性ディスぺプシアおよび過敏性腸症候群患者において食事が強いストレスになっていることから、食事に対する主観的ストレスを評価すると共に食事画像閲覧時の脳活動を fNIRS で評価した。機能性ディスぺプシア患者では、食事画像に対して精神的ストレスが強く、食事画像閲覧時の左背外側前頭前野(dorsolateral prefrontal cortex: DLPFC)の活動が亢進していた。

リハビリテーションにおける脳循環モニタリングとしての利用に向けた取り組み

新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

椿 淳裕

私たちのグループは、大学生を対象として運動や動作に伴う大脳皮質の反応を非侵襲的に測定する研究を継続しており、そのツールに近赤外線分光法を利用している。トラブルなく測定できることが圧倒的に多いが、数年に1名程度の割合で、運動課題の後あるいはその前の安静時に体調不良を訴える被験者がいる。そのような被験者のデータを見ると、急峻な血圧の低下が生じており、その血圧低下に伴い、あるいは血圧低下よりもわずかに早いタイミングで、大脳皮質から得た信号が低下することが観察された。

2009年の報告（Schweikert WD, et al., Lancet 2009; 373: 1874-82）により、早期からのリハビリテーションが機能回復に有効であることが示されて以降、早期離床の効果を検証する報告が増加した。また診療報酬上も、早期リハビリテーション加算が算定されるに至った。一方で、安全なリハビリテーションを行うにあたって、注意すべき指標やその変化がエキスパートコンセンサスなどで示されているが、脳の状態を客観的かつ他覚的に評価することは行われていない。

上記の体調不良に伴うNIRS信号の変化をリスク管理の視点で応用することで、リハビリテーションの領域において脳の循環機能の指標となる得る可能性を考えており、いくつかの医療機関の協力を得て計測を進めている。本シンポジウムでは、早期離床時や血液透析中の評価によって得られた知見をご紹介します。当方の取り組みをご紹介しますと考えている。

リハビリテーションの運動課題克服と fNIRS

浦川 将 (広島大学大学院医系科学研究科運動器機能医科学)

西条寿夫 (東亜大学人間科学部)

運動遂行に支障をきたす患者では、支障のない健常人による運動時にみられる神経生理学機構とは異なる経路がかかわるとされており、特に NIRS で測定可能な大脳皮質領域の神経活動が動員されると考えられる。我々の研究室では、健常者であっても困難な巧緻性の高い運動遂行では、一次運動野以外にも前頭前野や頭頂葉をはじめとする大脳皮質活動が重要な役割を担うことを報告してきた。手指の巧緻性を必要とするペグ動作課題やロボット装置を活用した上肢の巧緻性課題では、吻内側前頭前野の活動上昇が確認され、これらリハビリテーション課題遂行時の運動制御に同領域の活性が重要な役割があることが示唆される。その他、視覚情報を頼りに運動制御を行う上肢運動課題では、視線方向の違い（視線先に運動視覚情報があるか、間接的に運動視覚情報が与えられるか）によって異なる前頭-頭頂皮質間の神経機構がかかわることを明らかにし、同じく視覚情報を頼りに下肢運動制御を伴う歩行課題を実施したところ、難易度によって異なる前頭-頭頂皮質間の神経機構が活性化した。

これらのことから、困難さを含む運動課題の遂行において、運動学習により困難さを克服する過程では、その段階に応じて大脳皮質領域のかかわりが異なること、また、どのような困難さを含むかによって、特に重要な大脳皮質の部位が異なることが示唆される。我々のこれまでの研究結果から、リハビリテーション課題遂行にかかわる大脳皮質活動について考察する。

Regional activity and effective connectivity within the frontoparietal network during precision walking with visual cueing: an fNIRS study. Le, D.T., Tsuyuhara, M., et al., *Cerebral Cortex*, 2023, 33(22), pp. 11157–11169

Coupled versus decoupled visuomotor feedback: Differential frontoparietal activity during curved reach planning on simultaneous functional near-infrared spectroscopy and electroencephalography. Le, D.T., Ogawa, H., et al., *Brain and Behavior*, 2022, 12(7), e2681

Involvement of the Rostromedial Prefrontal Cortex in Human-Robot Interaction: fNIRS Evidence from a Robot-Assisted Motor Task. Le, D.T., Watanabe, K., et al., *Frontiers in Neurobotics*, 2022, 16, 795079

Motor Imagery Training With Neurofeedback From the Frontal Pole Facilitated Sensorimotor Cortical Activity and Improved Hand Dexterity. Ota, Y., Takamoto, K., et al., *Frontiers in Neuroscience*, 2020, 14, 34

臨床に活かす fNIRS

川崎医科大学 神経内科学 三原雅史

非侵襲的脳機能画像技術の一つである、近赤外分光法 (fNIRS) は他の機能的脳画像技術と比較して、装置が簡便で被検者への制約が少ないことが最大の特徴であり、小児から高齢者、精神神経疾患患者まで幅広い被験者に対して脳機能計測を可能とすることから、臨床現場や一般消費者に向けた応用が容易である。

本講演では、我々の取り組みを中心に、他のモダリティでは測定が難しい姿勢歩行制御にかかわる神経基盤の検討や、脳損傷患者の機能回復に伴う脳内神経ネットワークの可塑的変化の観察、さらにはニューロフィードバック技術を用い fNIRS の治療・訓練機器としての臨床応用の試みなどを紹介し、fNIRS の臨床応用に向けた展望について概説する。

頭部を対象とした空間分解 NIRS オキシメトリ

静岡大学大学院光医工学研究科 庭山 雅嗣

近赤外分光法 (NIRS) による酸素動態計測は、非侵襲的に脳機能や筋活動をモニターする手段として長く利用されてきた。連続光 NIRS ではヘモグロビン濃度の変化量が観測され、その変化を高度に処理することから機能評価に応用されている。また、時間分解法や位相変調法、空間分解法に基づく NIRS においては、吸収係数の絶対値に関連する変量が計測できるため、酸素飽和度の算出が可能となる。組織の酸素飽和度を算出するオキシメトリ技術は、脳組織をはじめとして術中の様々な組織へ適用が進んでいる。そのなかで空間分解法は連続光による多点計測系で実現できるため極めて簡便なシステムとなり、超小型化、利便性向上、低コスト等のメリットを有している。

脳皮質の情報をいかに正確に取得するかという研究は多岐にわたるが、本発表では頭皮上から計測して頭皮と前頭筋の情報を差し引く手法と脳皮質に直接プローブを接触させて計測する手法を紹介する。頭皮と前頭筋の光路長は光輸送理論に基づくモンテカルロシミュレーションにより求め、吸光度変化レベルでの差し引きが有効なケースもあるが個人差への対応では課題も有する。それに対して脳皮質表面にセンサを配置する場合には介在組織の影響を受けずに測定できるが、送受光器近傍の測定感度が大きくなる。そのため、計測された吸光度変化からマッピング画像を作成する際に部位ごとの測定感度を考慮して処理する方法も有用である。さらに、連続光 NIRS だけでなく空間分解 NIRS における測定感度も解析し、組織オキシメトリの感度分布や深度についても知見を得ており、両者を用いることで深度に関する考察を加えることができる。

表層組織の厚みに対応した演算法、連続光と空間分解法の利用、対象に合ったセンサ配置の工夫などにより、関心組織の血液動態情報を正確に抽出するという目標に一步近づくと考えられる。

より良い fNIRS データを提供するために

川口拓之

産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門

機能的近赤外分光法(fNIRS)は、非侵襲的にヒト脳機能を計測する技術であり、年間に発表される研究論文数は急速に増加している。特に、計測装置のポータブル化・ウェアラブル化が進んでおり、実験室外の環境における脳機能計測が行われるようになっている[1]。日常生活が脳科学の対象となりうる状況において、質の高い脳活動データを研究のコミュニティや社会に提供することは fNIRS を用いた研究において極めて重要である。一方、fNIRS データには神経活動由来の血行動態反応に様々な要因の信号がノイズとして重畳しており、品質の良いデータを得ることは必ずしも容易ではない。本講演では、fNIRS データの品質を保証する指標および品質に影響する要因とその対策について紹介する。

fNIRS データの品質を評価するとき最も重要な側面は、脳活動を捉えられているか否かである。脳で神経活動が生じると、一般的には、その周辺で局所的に酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)が増加し、脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-Hb)が減少する[2]。この現象は、神経血管カップリングと呼ばれ、deoxy-Hb の減少は BOLD-fMRI における信号妥当性の根拠ともなっている。神経血管カップリングにより fNIRS データが oxy-Hb と deoxy-Hb の濃度変化が負の相関関係を示すことは、神経活動由来の血行動態反応を捉えていることの必要条件である。これは、多くの fNIRS データで品質を保証する最低限の論拠として有効なと考える。昨今の fNIRS を用いた研究論文では oxy-Hb と deoxy-Hb の双方を掲載しているものは半数に満たないが[3]、将来的にはこれが汎ゆる論文に掲載されることが望ましい。

fNIRS では 2 波長以上の光強度を計測し、その変化からヘモグロビン濃度変化(と光路長の積)を求める。したがって、脳活動以外の吸光度を変化させる要因は全てノイズとなりデータに重畳する。ノイズの原因は多岐に渡り、例えば、ヘモグロビン濃度変化のクロストークのような計測モデルに起因するもの、入射光強度の不安定性のようなハードウェアに起因するもの、オプトード装着に関連する計測手技に関するもの、生理的信号(脈拍や呼吸に起因する血流の変動、頭皮等の脳以外の血行動態変化)等が挙げられる。fNIRS の計測原理を踏まえてこれらのノイズの影響を十分に理解すれば、適切な使用方法を把握できるようになる。その上で、実験計画、計測、解析(前処理と統計解析)の各段階を注意深く実施することにより、一部のノイズの影響は低減することができる[4]。

fNIRS は掛替えのない特長を持つ脳機能計測法である。fNIRS の特性を踏まえた技術の進歩により、開発者はユーザーに、より高品質なデータを提供できるようになる。ユーザーが適切に活用することで、脳機能に関する新たな知見が研究コミュニティや社会に提供されていくだろう。本講演がそのような未来に向けて貢献できれば幸いである。

参考文献

- [1] von Lühmann A, et al., Toward Neuroscience of the Everyday World (NEW) using functional near-infrared spectroscopy, *Curr Opin Biomed Eng.*, 18, 100272, 2021.
- [2] Hillman EMC, Coupling mechanism and significance of the BOLD signal: a status report. *Annu Rev Neurosci*, 37, 161-81, 2014.
- [3] Kinder KT, et al., Systematic review of fNIRS studies reveals inconsistent chromophore data reporting practices, *Neurophotonics*, 9(4), 040601, 2022.
- [4] Yamada T, Continuous wave functional near-infrared spectroscopy: Various signal components and appropriate management, *J Rehabil Neurosci*, 19(1) 10-21, 2019.

ポスター発表 抄録

P-1

近赤外線分光法を用いた立ち座り運動時の脳血流変化 – 健常例での検討 –

梨本智史 藤木伸也 椿淳裕 猪又孝元

P-2

ニューロフィードバックを用いた高齢者転倒予防システムの開発

樋口響、政岡幸樹、梶山裕太、久徳弓子、三原雅史

P-3

急性期脳梗塞患者を対象とした安静時における病巣半球の脳酸素飽和度に影響する因子の検討

前川侑宏、岩田健太郎、山田莞爾、高橋朋弥、稲垣優太、幸原伸夫、椿淳裕

P-4

脳卒中患者を対象とした初期離床時の組織酸素飽和度と機能予後
～パイロットスタディー～

橋本直之、高田勇、久保田雅史、椿淳裕

P-5

72 時間以内の初回離床ができない ICU 入室患者は局所脳酸素飽和度が低い

今井遼太、椿淳裕、阿部貴文、山口征吾

P-6

血液透析患者における透析中の脳酸素化動態変化

小島将、臼井直人、椿淳裕

P-7

発達脳における機能的な「距離」に関する検討

保前文高、渡辺はま、多賀巖太郎

P-8

信念バイアス効果の発生する三段論法課題時の脳活動に影響を与える要因

細川縁、岡本和真、手島平、檀一平太、久徳康史

P-9

fNIRS における頭皮血流成分除去のための PCA フィルタの閾値最適化法の提案
及び SS ch regression 時との比較

川井和奏、兵頭和樹、林達也、都路裕樹、檀一平太

タイトル

「近赤外線分光法を用いた立ち座り運動時の脳血流変化 – 健常例での検討 –」

演者

梨本智史^{1,2)} 藤木伸也²⁾ 椿淳裕³⁾ 猪又孝元²⁾

所属

- 1) 新潟医療センター リハビリテーション科
- 2) 新潟大学大学院 医歯学総合研究科 循環器内科
- 3) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部

抄録

【背景】

近年、近赤外線分光法（Near-infrared spectroscopy：NIRS）による脳血流評価が可能となり、運動負荷時の変化にも注目が集まっている。これまで報告されている負荷方法はエルゴメーターを用いたものが一般的であるが、実施可能な対象は運動機能が保持された症例に限られる。そこで我々は、より低強度の運動負荷における脳血流変化を評価し、負荷方法としての妥当性を調査した。

【方法】

脳心血管疾患の既往のない健常成人 8 名（男性 7 名、女性 1 名 34.6±5.7 歳）を対象に、低強度レジスタンストレーニング（43cm 台からの立ち座り動作 10 回×3 セット）による運動負荷前後の脳血流変化を、Brain Activity Monitor Hb133（アステム社製）を用いて観察した。器具は前額部に装着し、脳酸素飽和度(rSO₂)、総ヘモグロビン(THb)、酸素化ヘモグロビン(O₂Hb)、脱酸素化ヘモグロビン(HHb)を測定した。測定は日にちを変えて 2 回実施した。皮膚血流を分離したのち、左右それぞれに安静・立ち座り動作の最終 10 秒間の平均値の差から Δ rSO₂ Δ THb Δ O₂Hb Δ HHb を計算した上で、これらの変化量の誤差を解析した。解析は Pearson の相関係数、Bland and Altman Plot により行われ、有意水準は 5% とした。

【結果】

相関係数は Δ rSO₂:0.87、 Δ THb:0.60、 Δ O₂Hb:0.66、 Δ HHb:0.66 であった (p<0.05)。Bland and Altman Plot の結果、いずれも固定誤差は認めず、 Δ rSO₂、 Δ O₂Hb、 Δ HHb に比例誤差を認めた。

【考察】

本研究における Δ rSO₂、 Δ THb、 Δ O₂Hb、 Δ HHb の相関係数は、心肺運動負荷試験や起き上がり動作で検討された先行研究と同程度の値であり、健常者であれば、低強度の運動負荷でも脳血流変化を評価することが可能であると考えられた。ただし変化量によって比例誤差を含む可能性があり、結果の解釈には注意が必要である。また一般化可能性には限界があるため、患者での測定を通じて方法を確立させていきたい。

第25回 日本光脳機能イメージング学会 学術集会

(2024年3月2日(土): 星陵会館@東京)

演題名:

ニューロフィードバックを用いた高齢者転倒予防システムの開発

演者:

樋口響¹(発表者)、政岡幸樹²、梶山裕太²、久徳弓子²、三原雅史²

所属:

1. 川崎医科大学医学部医学科
2. 川崎医科大学附属病院 脳神経内科

抄録

【背景と目的】超高齢者社会に突入した日本では、高齢者の転倒による入院や医療費の負担が問題となっている。高齢者の訓練中の転倒リスクを踏まえ、座って安全に訓練ができるニューロフィードバック(NFB)や仮想現実(VR)を取り入れたリハビリ方法が注目されている。本研究ではVRとNFBを組み合わせた新たな転倒予防リハビリシステム(VR-NFB)の開発と安全性の評価を行った。【方法】15名の若年健康人を対象とし、VR-NFBでは転倒タスクと歩行タスクの2つのイメージトレーニング課題を行い、近赤外分光装置(NIRS)を用いて補足運動野の活動を測定し、被験者に視覚刺激としてフィードバックを行った。主要評価項目は安全性で、実験後に半構造化したアンケートで有害事象を評価した。また、VR-NFBの有効性の予備的評価として補足運動野の脳活動評価と、介入前後で閉眼安静時および外乱刺激下での重心動揺評価を行った。【結果】安全性評価では、2名にVRを通してめまいが生じたが軽度であり、全員でNFB評価を完遂できた。VR-NFB前後で比較した結果、タスク前半と比較して、タスク後半では補足運動野の脳活動の賦活が確認できた。また、重心動揺評価ではVR-NFB後に外乱刺激下の重心移動平均の改善を認めた。安静時の重心動揺は変化を認めなかった。本VR-NFBシステムは安全かつ高い忍容性が期待される。

[背景]

急性期脳梗塞に神経学的悪化をきたすと日常生活能力の低下を招くとされ、その対策として脳梗塞発症後の脳血流管理の重要性が報告されている。脳血流の評価方法の1つに近赤外分光法(near infrared spectroscopy : NIRS)があり、NIRSで測定される脳酸素動態の指標である脳酸素飽和度(regional saturation of oxygen : rSO₂)は、脳血流と関連するとされる。しかし、急性期脳梗塞患者を対象にrSO₂に影響を与える因子を検討した報告はなく、本研究では、急性期脳梗塞患者のrSO₂に影響を与える因子を明らかにすることを目的とした。

[倫理的配慮]

本研究は神戸市立医療センター中央市民病院の倫理審査委員会により承認を得た上で実施した(承認番号 : zh230304)。

[方法]

本研究は単施設前向き観察研究として、2022年8月から2023年10月までの期間で発症後7日以内に神戸市立医療センター中央市民病院のStroke Care Unitへ入院した前方循環領域の脳梗塞患者266例を対象とした。除外基準は、測定機器の装着が困難な患者、呼吸が不安定な患者、安静姿勢を一定時間保持することが困難な患者とした。主要評価項目は病巣半球の安静時のrSO₂、測定肢位は背臥位とし、ウェアラブルNIRSデバイス(Hb133、アステム社製)を用いてrSO₂を60秒間測定し、開始30秒から60秒までの平均値を算出した。本研究で用いたウェアラブルNIRSデバイスは2チャンネルの測定ができ、左右の前頭前野を関心領域とし、国際10-20法に基づいてチャンネル1をFp1、チャンネル2をFp2に対応するよう調整した。統計解析は、アウトカムを病巣半球のrSO₂とし、性別、年齢、入院時Hemoglobin(Hb)、病型、入院時National Institutes of Health Stroke Scale(NIHSS)、頸動脈狭窄の重症度、発症から測定までの日数、既往歴、平均血圧を要因としたステップワイズ法の重回帰分析にて実施した。

[結果]

包含基準を満たした120例(年齢 : 73.1±14.0歳、入院時NIHSS : 5.7±6.0点、病巣半球のrSO₂ : 62.4±3.9%、mean±SD)が解析対象となった。重回帰分析の結果、年齢(偏回帰係数 : -0.11、p<0.001)、入院時Hb(偏回帰係数 : 0.43、p=0.025)、入院時NIHSS(偏回帰係数 : -0.11、p=0.018)、既往歴としての糖尿病(偏回帰係数 : -1.93、p=0.002)が背臥位のrSO₂と有意に関連した。

[結論]

急性期脳梗塞患者において年齢、入院時Hb、入院時NIHSS、糖尿病が安静時のrSO₂に影響を与えた。

脳卒中患者を対象とした初期離床時の組織酸素飽和度と機能予後について

～パイロットスタディー～

橋本直之¹⁾、高田勇¹⁾、久保田雅史²⁾、椿淳裕³⁾

1) 金沢大学附属病院リハビリテーション部

2) 金沢大学医薬保健研究域保健学系

3) 新潟医療福祉大学リハビリテーション学部理学療法学科

【はじめに】 近赤外線を用いた組織酸素飽和度 (StO₂) の計測は、脳の酸素供給・消費バランスを反映しており、救急医療の領域ではこれが低値であれば予後が不良とされる。急性期の脳卒中発症後は脳自動調節能が破綻している可能性があるが、臨床的に StO₂ を計測した報告はない。近年、脳血管障害のリハビリテーションにおいて早期離床が推奨されているが、リスク管理は血圧測定、経皮的動脈血酸素飽和度、心拍数測定が主である。脳卒中患者における StO₂ の計測はリスク管理や予後の判定において臨床的に有意義な情報を得られる可能性がある。本研究の目的は発症後初期離床時の StO₂ の値や離床時の変化が退院時の機能予後に及ぼす影響を検討することである。今回その予備的研究として、研究開始より得られた知見を報告する。

【方法】 2023 年 10 月以降で当院に入院し脳梗塞の診断を受けた患者 8 例を対象とした。StO₂ の計測は近赤外分光装置 (Hb-133, astem. Co. Lt) を使用し、左右前頭葉とした。測定時期はリハビリテーションの初期離床時とし、測定プロトコルは仰臥位、ベッドアップ 30°、70°、仰臥位の順にそれぞれ 3 分間計測を行った。脳梗塞の重症度は入院時の National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS、25 点以上：非常に重症、15-24 点：重症、6-14 点：軽症から中等症、1-5 点：軽症の 4 群に分類) で、また初期離床時の意識レベルを Japan Coma Scale (JCS、I、II、III の 3 段階、さらにそれぞれを 3 段階に細分化し評価、数字が大きいとより重症) で、せん妄の状態を The Confusion Assessment Method (せん妄ありなしを判定) で評価した。本研究は金沢大学医学倫理委員会(2023-125)の承認を得て実施した。

【結果】 対象者の平均年齢は 75 歳、男性 4 名、女性 4 名、NIHSS が重症例 4 例、軽症から中等症 2 例、軽症 2 例であった。離床前の安静臥床時 StO₂ の平均値は障害側 60.5%、非障害側 61.7% で、重症度別の障害側の平均値は重症例 59.2% (内訳 53.5%、55.3%、63%、65%)、軽症から中等症例 64.0% (内訳 64.0%、64.0%)、軽症例 60.0% (内訳 62.0%、57.5%) であった。起床に伴い 3 例 (重症例、軽症から中等症、軽症例それぞれ 1 例) で StO₂ が低下する様子が観測された。その中の 1 例は、NIHSS 重症例かつ起床と共に StO₂ が低下した症例であり、その後の経過で梗塞巣が拡大した。初期介入時の障害側 StO₂ は意識障害 JCS I 桁で 61.6%、II 桁で 59.5% であった。

【まとめ】 StO₂ の標準範囲は 58-82% と報告されている。重症例や意識障害が重度な症例で障害側の StO₂ が低値な症例が多く、長期的な機能予後へ影響する可能性が示された。また、StO₂ の相対的な低下は脳血流の低下を反映するとされており、本研究のように起居時の低下を評価することはリスク管理において有益な情報となる可能性がある。StO₂ の臨床的な解釈は議論が多いが、今後は症例を蓄積し、初期離床時のリスク管理として重要な因子や、退院時機能予後との関係を明確にしていく必要がある。

タイトル

72 時間以内の初回離床ができない ICU 入室患者は局所脳酸素飽和度が低い

演者

今井遼太¹⁾, 椿淳裕²⁾, 阿部貴文¹⁾, 山口征吾³⁾

所属

- 1) 新潟大学地域医療教育センター・魚沼基幹病院 リハビリテーション技術科
- 2) 新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所/新潟医療福祉大学リハビリテーション学部 理学療法学科
- 3) 新潟大学地域医療教育センター・魚沼基幹病院 救急科

抄録

【背景と目的】集中治療室（ICU）で行われるリハビリテーションは安全性、実行可能性、および有益性が評価されてきており、標準的な治療の一部とされている。早期離床は呼吸・循環動態、意識、自覚症状により中止基準や進行基準が設けられており、72 時間以内の離床は患者の治療成果を大幅に改善する可能性があると考えられている。近年、集中治療期において近赤外分光法（NIRS）により測定された局所脳酸素飽和度（ rSO_2 ）が、重症患者の予後と関連していることが報告されている。しかし、離床時のリスク管理に使用される脳灌流マーカーはなく、離床のタイミングの違いによる rSO_2 の変化は調査されていない。本研究では ICU 入室患者を対象とし、72 時間以内の初回離床の可否で rSO_2 が異なるかを調査することを目的とした。

【方法】2020 年 6 月から 2022 年 12 月までの期間に、当院救命救急センターに入院し、理学療法処方があった患者 132 名からデータ解析可能な 80 名を抽出した。そのうち入室より 72 時間以内に離床可能であった早期離床群、72 時間以降に離床を行った非早期離床群に分けた。離床過程における脈拍数（HR）、平均血圧（MAP）および経皮的動脈血酸素飽和度（ SpO_2 ）を測定し、NIRS を使用して rSO_2 を連続測定した。各群の患者背景、指標の経時的变化の比較と、 rSO_2 と重症度・初回離床までの日数の相関関係を調査した。

【結果】患者背景において、重症度と人工呼吸器管理歴の有無、初回離床までの日数において非早期離床群で有意に高値であった。各指標の経時的变化において、 rSO_2 では両群ともに端坐位前半にて最も低値（早期離床群 $58.6 \pm 4.3\%$ 、非早期離床群 $56.5 \pm 4.8\%$ ）となる有意な変化（ $P < 0.001$ ）があり、その変化に交互作用を認めた（ $p = 0.018$ ）。また、非早期離床群において有意に低値であった（ $p = 0.014$ ）。HR、MAP においては両群にて有意な変化を認め（ $p < 0.001$, $p = 0.005$ ）、非早期離床群で有意に高値であった（ $p = 0.047$, $p = 0.026$ ）。 rSO_2 と重症度との間に相関は見られなかったが、初回離床までの日数に弱い相関を認めた（ $r = -0.251$, $p = 0.025$ ）。

【結論】初回離床時の rSO_2 の変化は離床のタイミングにより異なり、72 時間以降に初回離床を行った非早期離床群で低い傾向であった。

血液透析患者における透析中の脳酸素化動態変化

小島将^{1,2)}, 白井直人^{1,3)}, 椿淳裕²⁾

1) 嬉泉病院 リハビリテーション科

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

3) 順天堂大学大学院 医学研究科腎臓内科学

抄録

【背景】

血液透析 (HD) 患者は透析中に局所脳酸素飽和度 (rSO₂) が低下することが報告されている。しかしながら、酸素化ヘモグロビン (O₂Hb)、脱酸素化ヘモグロビン (HHb)、総ヘモグロビン (THb) の詳細な脳酸素化動態変化については不明である。本研究の目的は、透析中の脳酸素化動態の詳細な変化を明らかにすることとした。

【方法】

本研究は嬉泉病院に外来通院し、4 時間透析を受けている HD 患者 20 名を対象とした。透析開始前から終了にかけて近赤外線分光法 (NIRS) を用いて、前頭葉領域の rSO₂, O₂Hb, HHb と皮膚レベルの O₂Hb, HHb を計測した。NIRS パラメータは、皮膚レベルの影響を除外するために、前頭葉レベルの O₂Hb と HHb から皮膚レベルの O₂Hb と HHb を減算して補正し、透析前 1 分間の平均値からの変化量として算出した。総ヘモグロビン (THb) は O₂Hb と HHb から算出した。すべてのパラメータは、透析前と透析開始後 15 分毎の平均値として算出し、一元配置分散分析を用いて経時的変化を比較し、有意な差を認めた場合には Dunnett 検定を用いて透析前との比較を行った。

【結果】

20 名中 4 名は、計測した NIRS パラメータに強いアーティファクトを認めたため、解析から除外した。対象者特性は年齢 65.8±6.6 歳、女性 3 名、BMI 23.4±3.3kg/m²、透析歴 8.3 (1.5-11.6) 年、ヘモグロビン 10.5±0.7g/dL、ヘマトクリット 32.7±2.1% だった。rSO₂ と O₂Hb は透析前と比較して透析開始 15 分から透析終了時まで有意な低下を示し (P < 0.05)、THb は透析前と比較して透析開始 30 分から 165 分まで有意な低下を示した (P < 0.05)。HHb は有意な変化を示さなかった。

【結論】

rSO₂ の低下は、O₂Hb と THb の低下に起因しており、透析中に脳酸素供給の低下が引き起こされることが示唆された。

発達脳における機能的な「距離」に関する検討

保前文高^{1,2}・渡辺はま³・多賀徹太郎³

¹ 東京都立大学人文社会学部・² 東京都立大学言語の脳遺伝学リサーチコア・

³ 東京大学大学院教育学研究科

機能的近赤外分光法 (fNIRS) を用いた計測では、領域に依存した脳血液中ヘモグロビン酸素化動態を捉えることができ、機能の局在性を議論することができる。一方で、近接した計測チャンネル間では、変化のパターンが似通っていることがたびたび観察され、領域間に見られる機能の共通性や活動の伝播などを反映していると考えられる。信号変化の類似性を時間的な相関で評価すると、高い相関は隣接するチャンネルの間に現れるとともに、半球をまたいで交連線維により投射を受けると考えられる相同部位のチャンネルとの間においても観察される。本研究は、このような時間的な相関が計測部位間の2次元平面上における距離とどのような関係にあるかを検討し、相同部位が同側のチャンネル間のどのような「距離」と同程度であると見なせるかを示すことを目的とした。

静睡眠時の3カ月児21名のデータを解析対象とした (Homae et al., 2011)。94チャンネルのfNIRSで3分間の脳活動を計測し、帯域通過フィルターをかけてからチャンネルの全ての組み合わせで信号の時間相関を計算した。送光用プローブと受光用プローブを格子状に配置し、プローブ間距離を2 cmに設定したため、配置を2次元平面上に近似した場合のチャンネル間の最短距離は1.41 cmである。チャンネルの位置に依らずに、チャンネル間の距離が等しくなる組み合わせごとに相関係数を平均し、研究参加者ごとにチャンネル間の距離に応じて平均した相関係数をプロットした。反対側については、相同部位にあたるチャンネルの「距離」を操作的に0と仮定して、その相同部位からの距離に応じてプロットした。

同側で距離が最も近い1.41 cmの場合に相関係数の平均値は最も高くなり(0.77)、次に近い距離である2 cmが0.66、2.83 cmが0.53と距離に応じて、平均値は減少した。5 cm程度を越えると、距離に依らずに平均的にはほぼ一定の値を示した。反対側においては、相同部位にあたる距離0の場合に0.64となり、同側の2 cmと同程度の値となった。このことから、機能的な「距離」としては両者が同程度とみなすことができると考えられる。

脳波の解析で用いられる cluster-based permutation test (Maris and Oostenveld, 2007) をfNIRSの解析に適用する場合には、どのチャンネルが隣接しているかを定義する必要がある。本研究の結果は、半球優位性が強く仮定される研究においては、1.41 cm程度の最も近い距離にあるチャンネルを隣接とし、半球優位性を仮定しない研究においては、同側の2 cm程度までと反対側の相同部位を「隣接」とするのが有効であることを示唆している。

本研究は科学研究費補助金(20H03557、23H05425)、ならびに、JST ムーンショット目標9(JPMJMS2292-3-04)の援助を受けた。

信念バイアス効果の発生する三段論法課題時の脳活動に影響を与える要因

細川縁¹, 岡本和真¹, 手島平¹, 檀一平太¹, 久徳康史¹

1:中央大学応用認知脳科学研究室

[背景]

三段論法課題は与えられた前提から結論が論理的に導かれるかを判断させる課題である。その際、信念バイアスが発生することが報告されている。信念バイアスとは結論に対する信念が推論に影響を与えるバイアスである。三段論法課題時の信念バイアスを調べた研究では結論の論理的正しさと信念的正しさが矛盾しない一致条件と矛盾する不一致条件の条件分けがされており、不一致条件では一致条件に比べ右外側前頭前皮質がより賦活することが報告されている。しかし、関係論三段論法を用いた研究で、結論の論理的正しさとその矛盾の有無によらず結論が信念的に正しくないだけでも右外側前頭前皮質が賦活することが報告されており、従来の条件分けは不十分である可能性がある。また、カテゴリー論三段論法課題では結論の信念的正しさの影響は研究されていない。そこで、本研究ではカテゴリー論三段論法課題においても結論の信念的正しさが脳活動に影響を及ぼすか、またそれに伴い条件間の差がどのように異なるかの検証を行った。

[方法]

解析対象者は30名であった。カテゴリー論三段論法課題解答時の行動データと脳血流データを取得した。脳血流データは前処理とGLM解析を行い、得られた β 値を脳活動の指標とした。 β 値に対し各条件で1サンプル t 検定 ($vs0$) を行い賦活のあった領域を特定した。反応時間、正答率、賦活のあった領域の β 値に対し結論の信念的正しさ・論理的正しさを要因とした被験者内 2×2 分散分析を行った。

[結果・考察]

結論の信念的正しさ・論理的正しさを要因とした被験者内 2×2 分散分析を行った結果、反応時間において交互作用がみられた。単純主効果では信念的に正しい結論、正しくない結論の両方で論理的正しさと一致しているよりも一致していない場合に反応時間が増加した。論理的に正しい結論においては信念的正しさと一致するよりも一致しない場合反応時間がより大きく増加したが、論理的に正しくない結論においては差がみられなかった。これは論理的正しさと信念的正しさが一致するよりも一致しない方が増加する傾向と信念的に正しい結論よりも正しくない結論で増加する傾向が組み合わさっていると考えられる。正答率においては信念的正しさの主効果がみられ、信念的に正しくない結論で正答率が低下した。脳活動においても信念的正しさの主効果がみられ、左右縁上回と右角回で信念的に正しくない結論でより賦活した。これらの行動データ、脳活動からカテゴリー論三段論法課題においても信念的正しさが影響すること、それに伴い従来の一致条件、不一致条件の中でも違いがあることが示唆された。一方、先行研究で違いのみられた右外側前頭前皮質の賦活では差がみられなかった。賦活は全条件でみられていることから、他の要因が賦活に影響している可能性がある。

fNIRS における頭皮血流成分除去のための PCA フィルタの閾値最適化法の提案 及び SS ch regression 時との比較

川井和奏^a、兵頭和樹^b、林達也^c、都路裕樹^d、檀一平太^a

^a 中央大学理工学部 ^b 公益財団法人明治安田厚生事業団体力医学研究所 ^c 大和大学理工学部 ^d 日本学術振興会

背景: fNIRS 解析において頭皮皮膚血流成分を除去するために long separation (LS) ch の他に short separation (SS) ch を用いることが一般的であり、それができない場合は主成分分析 (principal component analysis: PCA) などを代わりに使用することがあげられる。この時、あらかじめ何らかのパラメータを定める必要があるが、この値の決め方はあまり定まっていない。そこで本研究では fNIRS における頭皮血流成分の除去のため PCA で coefficient of spatial uniformity (CSU)^[1] を利用した^[2] 閾値最適化法を提案し、それと、SS ch による regression、いずれも行わない場合の 3 つの解析方法による比較を行った。

方法: 66 名のデータを解析に用いた (平均年齢: 75.51±5.43 歳;女性 57 名)。Brite24 (Artinis) を使用して LS ch 22 個、SS ch 2 個による計測を行った。参加者は 0-back、2-back の 2 つの条件のある n-back 課題を行った。共通の前処理を行ったうえで、PCA を前処理に加えた場合 (図)、SS ch を regressor に加えた場合、追加前処理なしの場合の 3 種類の解析手法をそれぞれ行い general linear model (GLM) 解析を行った。そして解析種ごとに賦活の大きさの指標である β 値を算出し、各課題条件の β 値について賦活の程度をみるために 1 標本 t 検定 (vs.0) を行った。

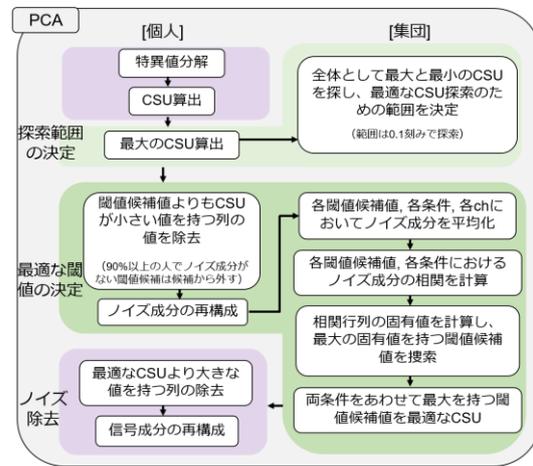


図 提案した CSU の閾値最適化法のフロー。紫はノイズ除去に関わるフロー、黄緑は閾値探索範囲決定に関わるフロー、濃緑は最適な閾値の決定に関わるフローを示す。

結果と考察: 各条件において賦活の見られた ch と各解析手法における統計量の違いについて、0-back 条件ではいずれの解析手法でも有意に賦活した ch はなかった。2-back 条件で有意に賦活した ch は表のようになった。異なる解析手法により賦活した ch は概ね同じとなり、その効果量の大きさは SS ch を regressor に加えた場合と PCA を行った場合が同程度となっており、それらよりいずれも行わない場合が大きくなった。このことから、今回提案した閾値決定法による PCA を用いても、SS ch の regressor を用いた場合と概ね同様の賦活を評価することができ、妥当な補正が行われたといえる。

表 2-back 条件における賦活 ch と各解析手法における統計量の違い。追加前処理なし: nocorrection, SS ch を regressor に加えた場合: ss reg, 提案した閾値最適化法を使用した PCA を行った場合: pca

	no correction			ss reg			pca		
	t	p	d	t	p	d	t	p	d
CH1	3.97	<.01	0.49	3.36	<.05	0.41	3.52	<.05	0.43
CH3	5.00	<.001	0.62	5.57	<.001	0.69	4.12	<.01	0.51
CH4	6.37	<.001	0.78	6.29	<.001	0.77	5.66	<.001	0.70
CH5	6.22	<.001	0.77	4.80	<.001	0.59	5.36	<.001	0.66
CH6	4.66	<.001	0.57	4.03	<.01	0.50	3.98	<.01	0.49
CH7	4.30	<.01	0.53	4.30	<.05	0.53	3.41	<.05	0.42
CH16	5.13	<.001	0.63	5.05	<.001	0.62	4.33	<.01	0.53
CH17	3.19	<.05	0.39	3.78	<.01	0.47	2.34	.48	0.29
CH18	5.71	<.001	0.70	5.52	<.001	0.68	4.89	<.001	0.60

参考文献

- [1] Kohno, S., Miyai, I., Seiyama, A., Oda, I., Ishikawa, A., Tsuneishi, S., et al. (2007). *J Biomed Opt*, 12(6), 062111.
 [2] Zhang, F., Cheong, D., Khan, A. F., Chen, Y., Ding, L., & Yuan, H. (2021). *Journal of Neuroscience Methods*, 360, 109262.