

第21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

【開催日時】 2018年7月14日(土) 10時00分～19時00分

【開催場所】 星陵会館(東京都千代田区永田町2-16-2) 地下鉄永田町駅 徒歩3分

<http://www.seiryokai.org/kaikan.html>

第21回 大会長 : 日下 隆 (香川大学 医学部)
理事長 : 渡辺 英寿 (厚生労働省)
副理事長(事務局代表) : 酒谷 薫 (日本大学)

第21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

【開催日時】 2018年7月14日(土) 10時00分～19時00分

【開催場所】 星陵会館(東京都千代田区永田町2-16-2) 地下鉄永田町駅 徒歩3分
<http://www.seiryokai.org/kaikan.html>

【研究発表会参加費】 : 一般 4,000円, 学生 2,000円.

【懇親会参加費】 : 2,000円 (星陵会館4階 レストランにて立食形式)

第21回 大会長 : 日下 隆 (香川大学医学部)

理事長 : 渡辺 英寿 (厚生労働省)

副理事長(事務局代表) : 酒谷 薫 (日本大学)

E-Mail: jofbis@gmail.com

事務局: 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地

日本大学工学部・電気電子工学科 次世代工学技術研究センター内

第 21 回 日本光脳機能イメージング学会学術集会

【周産期医療における光イメージングの未来】

- 10 : 00-10 : 05 開会挨拶 理事長 渡辺英寿
- 10 : 05-10 : 30 大会長講演 座長：檀 一平太（中央大学 理工学部）
「周産期における脳酸素代謝の特異性」
日下 隆 香川大学医学部 小児科学講座
- 10 : 30-11 : 10 特別講演 1 座長：日下 隆（香川大学医学部 小児科学講座）
「近赤外線を用いた周産期管理」
金山 尚裕 浜松医科大学 産婦人科
協賛：香川大学医学部医学科同窓会 讃樹會
- 11 : 10-11 : 50 特別講演 2 座長：星 詳子（浜松医科大学）
「近赤外線分光法の新たな可能性を探る -危機的状況での必須な情報とは?-」
垣花 泰之 鹿児島大学大学院医歯学総合研究科
生体機能制御学講座 救急・集中治療医学分野
協賛：香川大学医学部医学科同窓会 讃樹會
- 11 : 50-12 : 50 昼食
- 12 : 50-14 : 40 シンポジウム（発表・質疑 1 人 20 分）
座長：酒谷 薫（日本大学） 日下 隆（香川大学医学部）
- S-1 「胎児羊大脳皮質感覚野における脳循環の機能的発達変化について」
中村 信嗣 香川大学医学部附属病院 小児科
- S-2 「新生児の頭蓋と光の散乱」
岩田 欧介 名古屋市立大学 大学院 医学研究科
新生児・小児医学分野総合周産期母子医療センター
- S-3 「早産児における脳循環代謝指標の経時的評価」
奈良昇乃助 東京医科大学 小児科
- S-4 「新生児仮死における NIRS の役割」
清水 正樹 埼玉県立小児医療センター 新生児科
- S-5 「早産児の音声言語処理の脳機能発達」
有光 威志 慶應義塾大学医学部 小児科

14 : 40-14 : 50 休憩

14 : 50-15 : 20 指定講演 座長：渡辺 英寿（厚生労働省 労働保険審査会員）
「臨床研究法に基づく特定臨床研究における近赤外分光測定を利用した
研究の取り扱いについて」

桑原 宏哉 厚生労働省医政局 研究開発振興課

15 : 20-15 : 30 Conference fNIRS 2018 Tokyoのご案内
多賀源太郎 東京大学大学院 教育学研究科
檀 一平太 中央大学 理工学部

15 : 30-15 : 40 fNIRS の国際標準化（ポスター発表 P1-3）
加賀幹広 IEC/SC 62D/JWG5/fNIRS 国内委員会
株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット

15 : 40-16 : 20 ポスター発表フラッシュトーク（発表 1 人 2 分）
座長：岩田 欧介 名古屋市立大学大学院医学研究科
新生児・小児医学分野総合周産期母子医療センター
中村 信嗣 香川大学医学部附属病院 小児科

16 : 20-16 : 25 閉会挨拶 副理事長、事務局長 酒谷 薫

16 : 30-18 : 00 ポスター 展示ポスター前で議論
（ポスター撤収は 17 : 40 以降、ボードは 18 : 00 に撤収）

17 : 30-19 : 00 懇親会 4 階レストランにて

18 : 00 ポスター撤収

ポスター発表（展示ポスター前で議論）

P1 技術 会場 3B

P1-1 階層ベイズ拡散光トモグラフィによる安静時の脳機能結合解析

相原 孝次^{1,2)}、下川文明²⁾、小川剛史³⁾、岡田裕斗^{2,4)}、石川亮宏⁵⁾、井上芳浩⁵⁾、
山下 宙人²⁾

（京都大学¹⁾、ATR 脳情報解析研究所²⁾、ATR 認知機構研究所³⁾、奈良先端科学技術大
学院大学⁴⁾、島津製作所⁵⁾）

P1-2 多方向拡散光トモグラフィによるヒト脳機能計測

下川文明¹⁾、石井稔浩²⁾、高橋 陽一郎²⁾、三谷悠貴²⁾、三船博庸²⁾、中鉢直²⁾、
佐藤 正喜²⁾、大場 義浩²⁾、安達 一彦²⁾、菅原 悟²⁾、山下宙人¹⁾

(ATR 脳情報解析研究所¹⁾、株式会社リコー研究開発本部 リコー未来技術研究所²⁾)

P1-3 fNIRS の国際標準化 (発表は済のためポスターのみ)

加賀幹広 IEC/SC 62D/JWG5/fNIRS 国内委員会

(株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット)

P2 発 達 会 場 3A

P2-1 触覚刺激関連と安静状態における脳活動の発達変化

瀧野 裕¹⁾、加藤 育子²⁾、小西 行彦²⁾、高野 裕治³⁾、インモン トウン⁴⁾、
日下 隆²⁾、小西 行郎³⁾

(首都大学東京 人文科学研究科¹⁾、香川大学医学部 小児科²⁾、同志社大学 赤ちゃん学研究センター³⁾、香川大学医学部大学院 医学系研究科⁴⁾)

P2-2 睡眠時の乳児における脳組織酸素化動態の時空間ダイナミクス

多賀 巖太郎¹⁾、渡辺 はま¹⁾、佐治量哉²⁾、保前文高³⁾

(東京大学大学院教育学研究科¹⁾、玉川大学²⁾、首都大学東京³⁾)

P2-3 新生児蘇生中の脳循環モニタリングによる脳障害重症度判定法

～時間分解分光装置を用いた新生仔豚仮死モデル実験～

光家 努^{1, 2)}、インモン トウン¹⁾、中尾 泰浩^{1, 3)}、中村 信嗣¹⁾、杉野 政城⁴⁾、
森本 絢¹⁾、小谷野 耕佑⁴⁾、近藤 園子²⁾、安田 真之⁴⁾、日下 隆¹⁾

(香川大学小児科¹⁾、高松赤十字病院臨床工学課²⁾、さぬき市民病院小児科³⁾、
香川大学医学部附属病院総合周産期母子医療センター⁴⁾)

P2-4 分娩形式は出生直後の新生児・脳循環酸素代謝変化にどのように影響を与えるか？

～時間分解分光装置を用いた出生直後からの新生児脳血液量モニタリング～

森本 絢¹⁾、Yinmon Htun²⁾、横田崇之¹⁾、有岡 誠¹⁾、福家 典子¹⁾、杉野政 城³⁾、
中村 信嗣¹⁾、小谷野耕佑³⁾、小西行彦¹⁾、近藤園子¹⁾、加藤育子¹⁾、安田 真之³⁾、
岩瀬 孝志¹⁾、日下 隆¹⁾

(香川大学医学部 小児科¹⁾、香川大学大学院 医学系研究科²⁾、香川大学医学部附属病院 総合周産期母子医療センター³⁾)

P2-5 Effectiveness of Hydrogen in post hypoxic-ischemic neonatal piglets

Yinmon Htun¹⁾、Tutomu Mitsuie¹⁾、Yasuhiro Nakao^{1, 2, 3)}、Takayuki Wakabayashi²⁾、
Satoshi Yamato⁴⁾、Wataru Jinnai⁴⁾、Aya Morimoto^{1, 2)}、Masashiro Sugino⁶⁾、Shinji
Nakamura⁶⁾、Kosuke Koyano⁶⁾、Ikuko Kato²⁾、Sonoko Kondo²⁾、Makoto Nakamura⁵⁾、
Saneyuki Yasuda⁶⁾、Takashi Kusaka²⁾

(Graduate School of Medicine, Faculty of Medicine, Kagawa University¹⁾、
Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Kagawa University²⁾、

Division of Pediatrics, Sanuki Municipal Hospital³⁾、Division of Neonatology, Shikoku Medical Center for Children and Adults⁴⁾、Division of Neonatology, NHO Okayama Medical Center⁵⁾、Maternal and Perinatal Center, Kagawa University Hospital⁶⁾)

P3 心 理・認 知 会 場 4 A、 4 B

P3-1 ワーキングメモリタスク遂行時の脳血管反応の強度とタスク難易との関係

中村 賢治 (高崎健康福祉大学健康福祉学部医療情報学科)

P3-2 認知機能課題実施中の脳活動部位の検討 ; 第 1 報

土佐 圭子、鈴木 康子、赤間 公一、河合 俊宏、星 克司、市川 忠

(埼玉県総合リハビリテーションセンター)

P3-3 下顎の位置変化が脳の情報処理速度に及ぼす影響

栗本 武俊¹⁾、栗本 慎治²⁾、澤口 俊之³⁾、丸山 剛郎⁴⁾

(日本咬合学会 くりもと歯科医院 和歌山県御坊市開業^{1,2)}、武蔵野学院大学大学院教授³⁾、大阪大学名誉教授⁴⁾)

P3-4 体を使用した後出しじゃんけん遂行時の前頭葉活動の検討

武田 千絵 (金沢大学医薬保健研究域保健学系)

P3-5 言語の習熟度が推論課題に及ぼす影響についての NIRS 研究

直井望・伊東徳子・森島泰則 (国際基督教大学)

P3-6 fNIRS による集中瞑想の神経基盤の検討

山本 渉子¹⁾、日和 悟²⁾、廣安 知之²⁾

(同志社大学大学院生命医科学研究科¹⁾、同志社大学生命医科学部²⁾)

P3-7 fNIRS による瞑想状態推定システムの構築

藤井 聖香¹⁾、日和 悟²⁾、廣安 知之²⁾

(同志社大学大学院生命医科学研究科¹⁾、同志社大学生命医科学部²⁾)

P3-8 鎮静性抗ヒスタミン薬服用下で観察された認知課題遂行中の局所脳血行動態と

ブドウ糖代謝変化の関係 : NIRS と [18F]FDG-PET 連続測定

田代 学¹⁾、菊地 飛鳥¹⁾、Fairuz Mohd Nasir²⁾、稲見 暁恵¹⁾、三宅 正泰²⁾、

Attayeb Mohsen¹⁾、松田 林¹⁾、平岡 宏太良¹⁾、四月朔日 聖一¹⁾、谷内 一彦³⁾、渡部 浩司²⁾

(東北大学サイクロトロン・RI センター サイクロトロン核医学研究部¹⁾、同放射線管理研究部²⁾、東北大学大学院医学系研究科機能薬理学分野³⁾)

P3-9 情報秘匿時の脳血流動態反応における主観的認知の影響

— 捜査心理学における秘匿情報検査に基づく検討 —

新岡 陽光、徳田 竜也、越智 啓太、檀一平太

(法政大学人文科学研究科 中央大学理工学部応用認知脳研究室 法政大学文部)

周生期における脳酸素代謝の特異性

香川大学医学部小児科学講座

日下 隆

新生児黄疸を認める動物はヒトとアカゲザルのみで、その生理的意義はビリルビンの抗酸化作用により、生後の急激に増加する活性酸素を消去して組織障害を軽減する事と考えられる

ビリルビンは、ヘモグロビンのプロトヘムがヘムオキシゲナーゼにより α 位で開環し、ビリベルジン IX α が生成され、そのビリベルジン IX α がビリベルジン還元酵素により還元され生成される。生成されたビリルビン IX α はヒトでは主にビリルビン UDP-グルクロン酸転移酵素によりグルクロン酸抱合され胆汁・尿中へ排泄される。ビリルビン UDP-グルクロン酸転移酵素活性の発達パターンは新生児黄疸の生後経過とよく対応し、出生を契機に一日約1%ずつ上昇し、ほぼ3ヵ月で成人活性となる。

ヒトは出生を契機にして肺呼吸を行ない、動脈内の酸素分圧は急激に上昇する(PO_2 が約30から90mmHg程度に上昇)。酸素はミトコンドリア電子伝達系からの電子を受け取り水に変換されるが、生後の急激な酸素供給の上昇に応じて電子伝達系の電子供給が急激に増加することは考え難い。よって不完全な電子の供給を受けた酸素は活性酸素となり、多くの生体成分と反応してその機能や構造を損傷し得る。特にヒト新生児は酸素消費量が低いため(特に未熟な脳)、活性酸素やフリーラジカルが産生され易くこの防御のためにビリルビンを利用していると考えられる。

このような酸素毒性に脆弱な新生児において、酸素毒性に起因する病態としては、早産児の慢性肺疾患、未熟児網膜症等があるが、低酸素性虚血性脳症等の中樞神経障害を来す病態理解や、早産児への輸血療法や出生時の蘇生の基準に関し、ベットサイドでの酸素代謝や循環評価は臨床的に重要である。Near-infrared Spectroscopy (NIRS)は新生児の脳循環や酸素代謝評価に応用されており、特に時間分解分光法(Time-Resolved Spectroscopy, TRS)は脳血液量や脳内Hb酸素飽和度の定量的測定が可能で、NICUにおける測定が簡便であるためベットサイドでの循環管理、酸素投与量を設定するために有用である。

近赤外線を用いた周産期管理

浜松医科大学 副学長・病院長 金山尚裕

1) 内診指接着型胎児オキシメーター

胎児状態の把握は胎児心拍数モニタリングが胎児管理のゴールドスタンダードになっているが、疑陽性が多い。パルスオキシメーターを用いて胎児の酸素動態把握ができないか多くの研究者がチャレンジしてきた。米国で1990年代後半に胎児パルスオキシメーターが開発された。これは近赤外線センサーを経膣的に挿入し胎児に装着し胎児の酸素動態を診る方法である。残念ながらデータ取得率が低いこと、子宮内にセンサーを挿入することによる感染の問題、操作性が悪いこと、臨床的にはこれを導入しても帝王切開率が変化なかったことなどの理由で普及しなかった。過去に開発された胎児パルスオキシメーターは胎児に近赤外線センサーを装着するものであった。我々は発想を180度転換し、胎児に装着するのではなく、**診察する医師の指に装着すること**を思いついた。これを実現するためには指腹に乗せられる超小型のセンサーの開発が必要であったが、従来のセンサーを100分の1のボリュームに縮小し、それを指サック内に納めることを静岡大学の庭山先生との共同研究で成功した(左写真)。本機器は小動脈のパルスをつかえて酸素飽和度を測定する従来型のパルスオキシメーターではなく、末梢の毛細血管レベルの酸素飽和度(regional SO_2 局所(組織)酸素飽和度)を検出している。胎児の頭部に当てれば末梢の脳組織を含む胎児頭部の酸素飽和度を測定できる。指接着型オキシメーターを装着後、透明な手袋をはめて測定するので患者には直接触れずに測定可能で感染の問題も発生しない。本オキシメーターは内診の一環として測定ができるので医療者側、産婦の負担や違



指に接着した超小型近赤外線センサー

和感はないのが特徴である。本オキシメーターは新生児科医が娩出直後の新生児やクベース内の処置時に任意の部位を測定できるので出生直後の新生児管理にも役だつ。本機器により客観的な新生児評価が可能となると思われる。パルスオキシメーターは循環低下している新生児では測定できない。本オキシメーターはどんな状態でも瞬時に酸素飽和度と総ヘモグロビン量が表示される。排臨、発露、第1啼泣時でも測定可能である。発表では本オキシメーターが有効であった臨床データを示す予定である。本オキシメーターは医療者の指に装着する世界初のウェアブルオキシメーターで

あり、触診の延長上で使用でき、医師の“第6感”になりうるもので医療の各領域に応用可能である。本オキシメーターは機能検査オキシメーターとして認可され発売されている(名称 トッカーレ アステム(株)川崎)。

2) TRSを用いた母体脳循環モニタリング

妊娠高血圧症候群および子癇などに関連する妊婦の脳循環障害が注目されている。近年の報告では脳出血・脳梗塞は妊産婦死亡の第2位となっている。このため妊娠中の脳循環障害の予防・管理は極めて重要な周産期医療の課題である。また分娩時の性器出血の正確な測定は難しく問題になっている。我々は浜松ホトニクスと共同で近赤外線時間分解分光法(TRS)を用いて、分娩時における産婦の脳組織酸素飽和度、脳血液量のモニタリングを非侵襲的に行っている。TRSが妊娠高血圧症候群の病態把握や分娩時ショックの診断において有効であることを述べる予定である。

近赤外線分光法の新たな可能性を探る -危機的状況での必須な情報とは?-

垣花泰之¹⁾、上国料千夏¹⁾、古別府裕明¹⁾、政所祐太郎¹⁾、二木貴弘¹⁾、宮本昇太郎¹⁾、原浦博行¹⁾、畠中公作¹⁾、江口智洋¹⁾、齋藤靖生²⁾、三浦直樹²⁾、鈴木裕昭³⁾、上田之雄³⁾、鹿野恒⁴⁾、吉原秀明⁴⁾、安田智嗣¹⁾、伊藤隆¹⁾

- 1) 鹿児島大学医歯学総合研究科 救急・集中治療医学分野
- 2) 鹿児島大学共同獣医学部 附属動物病院
- 3) 浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 第7研究室
- 4) 鹿児島市立病院救命救急センター

近年、救急・集中治療領域の臨床現場、特にショックや心肺停止患者の蘇生法において、近赤外線分光法(NIRS)による局所脳酸素飽和度(rSO₂)モニタリングが大きな注目を集めている。それは、ショック患者や院外心肺停止患者の病院到着時の rSO₂ 値が脳神経学的予後や転帰を示すことが報告されたためである。一方、心肺蘇生法において、質の高い胸骨圧迫を確実にかつ連続して実施することは熟練した救助者においても困難であり、適切な胸骨圧迫を担保する点からも rSO₂ モニタリングは極めて有用と考えられている。それは、rSO₂ 値が低いと自己心拍再開(ROSC)に成功しないが、rSO₂ 値がある一定値以上に達した時点で DC (電気ショック)を行うと ROSC に成功することがわかってきたためである。このことは、「脳の酸素飽和度から、心筋の酸素化状態をある程度予測できる」という興味ある事実を示している。

rSO₂ 値の連続モニタリングは、上記したようにショックや心肺蘇生の初期の段階では極めて有用であるが、脳浮腫を伴う重篤な脳障害に進展すると、その有用性は極端に低下する。それは、頭蓋内圧亢進により内頸動脈の血流量は極端に低下し、外頸動脈を介した頭蓋外領域(頭皮や筋肉など)の血流量が相対的に増加するためである。また、脳障害により脳組織の酸素消費量が極端に低下するなどの原因により、重篤な脳障害の症例ほど rSO₂ 値が上昇する(脳酸素状態が改善したように見える)ためである。このような状況では、rSO₂ 値の低い症例の方が神経学的予後良好と言われており、NIRS を用いて脳モニタリングを行う際に、ある条件下では rSO₂ が脳組織の酸素化状態を全く反映しなくなる病態が存在することを理解しておく必要がある。

現在臨床現場では、様々な NIRS 装置が用いられているが、上記した問題点も含め、「NIRS の新たな可能性を探る -危機的状況での必須な情報とは?-」という観点から、次の2つの解析法、(1) modified Beer-Lambert law (2) 光拡散理論(photon diffusion theory)に基づく時間・空間分解計測法に関して概説し、救急・集中治療領域における NIRS の今後の展開について述べることにする。

胎児羊大脳皮質感覚野における脳循環の機能的発達変化について

香川大学小児科 中村 信嗣

感覚野の発達に関して、胎児では子宮内環境で子宮壁に触り、指を吸うなどの触覚刺激を認め、在胎 20 週頃より大脳皮質感覚野の発達は始まっている。これらの刺激により神経活動が誘発されると、その周囲血管が拡張し、エネルギー源となる酸素やグルコースを含む多くの動脈血を供給する「神経血管カップリング (NVC)」機構が働く。この機構は、近年、新生児は成人とその反応が異なることが報告され、脳の神経・血管の構造的、機能的発達に深く関与していると考えられている。

NVC の理解には、神経活動活性化に伴う血流変化をとらえることが非常に重要である。これまでにヒト早産児や小児・成人動物モデルで、fMRI や近赤外分光装置 (NIRS) を用いて、酸素化 Hb、脱酸素化 Hb 変化を測定されてきた。早産児・新生児における反応は、感覚刺激後、大脳皮質における脳内酸素化 Hb 増加を示す(Positive)ものや、減少を示すもの(Negative)(Kusaka T, 2004)と、その反応は一定ではない。これは、NVC 反応は成熟度によってその反応は違うことが一因と考えられるが、胎児 (動物モデル) を用いた研究は未だほとんどなされていない。

そこで現在、香川大学小児科では、オーストラリア・モナッシュ大学胎児生理学研究所(The Ritchie Centre)と共同し、胎児羊を用いて「胎児羊大脳皮質感覚野における NVC の発達の機能的変化の解明」を目的とした基礎研究を行っている。本研究では、胎児羊と正期産新生仔羊を用いて、正中神経を電気刺激後にみられる感覚野の脳内 Hb 変化 (酸素化 Hb, 脱酸素化 Hb) を近赤外分光装置を用いて測定し、胎児・新生児の大脳皮質感覚野における感覚刺激後の脳循環反応を調べた。その結果、胎児羊に酸素化 Hb 変化は 3 パターンに分類され[positive, negative, biphasic (negative + positive)]、胎児羊では、短い電気刺激では全て positive 反応を示したが、電気刺激時間が延長すると、negative または biphasic 反応に変化した。この結果より、胎児では感覚刺激が長くなると、それに伴う酸素需要を満たすための脳血流増加が不十分で酸素化 Hb 低下を起こしたのではないかと考えられた(Nakamura S, 2017)。

このことから、胎児では感覚野での神経・血管の構造的、機能的発達が「早産」というイベントにより中断され、生後に子宮外環境で過度の刺激にさらされ酸素需要が増すと、脳活動に必要なエネルギー代謝 (グルコース、酸素供給) が障害され、子宮外環境下での神経血管の構造的、機能的発達異常が NVC にも影響を与える場合がある。

(参考文献)

- ・ Kusaka T, et al. Functional lateralization of sensorimotor cortex in infants measured using multichannel near-infrared spectroscopy. *Pediatr Res* 2011; 69: 430-5.
- ・ Nakamura S, et al. Cerebral haemodynamic response to somatosensory stimulation in near-term fetal sheep. *J Physiol*. 2017; 595: 1289-1303.

周産期医療における光イメージングの未来

新生児の頭蓋と光の散乱

名古屋市立大学 新生児・小児医学分野 岩田欧介

周産期医療に近赤外線分光法（NIRS）による“光の窓”が開かれてから早くも30年以上が経過している。脳組織における酸素供給と消費のバランスを低侵襲で簡便に繰り返し観察することが可能となるため、新生児への応用を進めることで、1. 生理的・病的状態におけるエネルギー代謝特性と、その発育に伴う変化が劇的に解明され、2. 遠からずNIRSが臨床判断のために不可欠なベッドサイドツールとなる、と誰もが(?)信じていた。30年後、新生児の脳代謝と機能に興味を持つ研究者として、1についてはNIRSの劇的な貢献があったと言いたい。しかしながら、多因子によって規定される組織酸素飽和度の変化・差異の解釈には常に慎重な解釈が求められるため、正直な研究の考察には、仮説以外の様々な可能性に含みを持たせた、あいまいで歯切れが悪いものが多い。このような慎重なアプローチを後目に、非医学分野におけるNIRSは、“あかちゃんの脳に良い”環境や生活習慣に安易なお墨付きを与えるジャンクサイエンスツールとして広く信頼を得ている。2についても、中年期を迎えたNIRSは、未だにNICUにその定位置を見いだせずにいる。未知数に比して方程式が少ない現状を打破すべく、時間・空間・周波数など、新たなディメンジョンを追加することで、NIRSの情報量をより絶対的なものにしようとする様々な取り組みが行われている。その一つである近赤外線時間分光法（TR-NIRS）は、光路長を追加情報として用いることで、組織内ヘモグロビンの絶対量推定を可能にするだけでなく、近赤外光の組織内散乱を係数として定量評価することを可能にしている。本シンポジウムでは、私達のチームがNICU入院中の新生児に対して、出生から退院まで定期的に取得した光の散乱情報を元にした解析結果を、Publicationに先駆けて紹介したい。

早産児における脳循環代謝指標の経時的評価

東京医科大学 小児科学分野

奈良昇乃助

早産児は正期産児に比べて、神経発達に遅れや偏りがみられることが多く、神経学的な予後予測の指標が待たれる。新生児領域において、近赤外分光装置 (NIRS) を用いた脳組織循環代謝指標の評価は、主に急性期の脳循環管理の指標として用いられているが、慢性期の管理指標としての運用や神経学的予後との関連についての報告は少ない。我々は、NIRS を用いて計測できる早産児の脳組織循環代謝指標の経時的評価を報告するとともに、神経学的予後との関連についても検討を行ったので報告する。

対象は当院 NICU で入院管理を行った在胎 30 週未満で出生した早産児 (n=35)。出生後から修正週数が 37 週を超えるまで毎週 1 回、浜松ホトニクス社製 TRS-20™ を用いて脳組織酸素飽和度 SO_2 、脳組織酸素摂取率 FTOE、脳血液量 CBV、光散乱係数 $\mu's$ を経時的に測定した。修正週数と SO_2 の間に負の相関を、FTOE との間に正の相関を認めた。修正週数と CBV との間に相関はみられなかった。また、修正週数と $\mu's$ との間に正の相関を認めたが、修正満期となった早産児の $\mu's$ は正期産児に比べて有意に低かった。さらに、超早産・超低出生体重児のみ (n=19) を対象として、入院経過中に一度でも $SO_2 < 60\%$ を認めたものを SO_2 低値群 (n=8)、認めなかったものを SO_2 正常群 (n=11) に分類し、予後について検討を行った。短期予後として修正 40 週時点での臨床症状を、長期予後として歴齢 3 歳時の発達検査結果 (BSID-III) を用いた。 SO_2 低値群では SO_2 正常群に比べて修正 40 週時点での酸素投与と経管栄養の使用が有意に多く、歴齢 3 歳時点での神経学的予後不良 (死亡または脳性麻痺) が多かった。 SO_2 正常群の歴齢 3 歳時の神経発達予後は良好で、DQ の平均はそれぞれ Cognitive DQ 101、Language DQ 91、Motor DQ 108 だった。

早産児の診療において、経時的な脳循環代謝指標の測定は急性期の脳循環管理指標のみならず、慢性期の管理指標や神経学的予後を予測する指標としても有用である可能性がある。

「新生児仮死における NIRS の役割」

埼玉県立小児医療センター総合周産期母子医療センター

新生児科 清水正樹

新生児仮死によって引き起こされる新生児低酸素性虚血性脳症(Hypoxic ischemic encephalopathy: HIE)に対する低体温療法(Brain Hypothermia Therapy : BHT)は、新生児の身体的特長や受傷機転が明確であることなどから、全身あるいは頭部冷却による脳保護効果が確認されている。国際蘇生法連絡委員会 ILCOR による蘇生法ガイドライン Consensus2015(CoSTR2015)では、中等症・重症 HIE に対する BHT が強く推奨されている。国内でも日本版新生児蘇生法プログラム NCPR に取り入れられ、全国の新生児集中治療室(NICU)でも普及が進んでいる。HIE は出生前後における脳への低酸素および虚血曝露が起点となり、その後の luxury perfusion などの二次性脳障害 Second energy failure が脳障害の本質であることが解明された。そこで脳の血液量、循環動態、酸素飽和度、酸素消費などをモニターできる近赤外線分光法(Near Infrared Spectroscopy :NIRS)により非侵襲的な脳機能モニタリングをしながら、BHT を行うことが可能となった。

【目的】HIE に対する低体温療法中に、NIRS を用いた脳循環・酸素代謝のモニタリングを行っており、今回 NIRS の評価と予後予測因子としての有用性を検討した。

【方法】2013年10月から2015年3月のBHT 55例について、死亡、転院などを除いた27例の生後18か月時の神経学的評価を新版K式発達検査(developmental quotient : DQ)を用いて行った。DQ80以上を予後良好群(21例)、70以上80未満を境界群(3例)、70未満と重症心身障害児を予後不良群(3例)に分類した。空間分解法NIRS(浜松フォトニクス社製、NIRO-200nx)のプローブを左前額部と左大腿に装着し、各組織酸素化指標(TOI)比と神経学的予後について検討した。統計学的検討にはKruskal-Wallis検定を用いた。

【結果】NIRSによる左前額部/左大腿部TOI比とTotal DQ値に関連性を認めた(P=0.018)。また、生後6時間以内の左前額部/左大腿部TOI比が神経学的予後と関連していた。前額部のNIRSによるTOIが高値で、前額部/大腿部TOI比が高いほど、中枢神経障害の程度が強かった。

【考察】HIEによる神経細胞障害では、中枢神経組織における脳循環代謝が破綻し、中枢神経系組織における酸素消費が低下することが考えられる。神経学的予後良好群では、BHTにより大脳皮質の十分な脳保護効果が発揮され、脳循環代謝が保たれた結果、酸素代謝が保たれたと考えられる。一方、予後不良児では大脳皮質での脳循環が破綻し、脳循環不良、酸素代謝不良の低下が起きて、神経学的障害が発生したと考えられる。このように、BHT中にNIRSをモニタリングすることで、脳循環、酸素代謝をモニタリングしながら治療することが重要である。

早産児の音声言語処理の脳機能発達

有光 威志（慶應義塾大学医学部小児科学教室）

我々は、機能的近赤外分光法(fNIRS)を用いて新生児の非侵襲的脳機能研究を行っている。本発表では音声刺激による聴覚誘発反応を検討したいくつかの研究について紹介する。

まず、我々は、正期産児の音声処理機能が、これまでに考えられていたよりも比較的成熟していることを明らかにした。成人では、音韻（母音や子音）と抑揚の処理で、左右大脳半球の機能側性化が見られ、音韻と抑揚で左右側頭部の優位性が異なる。生後3-5日の正期産児において成人同様に、抑揚に対して右側頭部優位な処理が行われていることがわかった。一方で、音韻に対しては、左右側頭部の機能側性化は認められなかったが、言語野の一部である縁上回で左半球優位の反応が認められた。これらの結果から、正期産児は生後まもなくから抑揚処理を担う脳内回路が右聴覚野を中心に構築されていること、音韻処理に対しては新生児期は発達途上であり、今後の言語体験により母国語の音韻特性に特化した脳内回路が構築されていくことが考えられた。さらに今回の研究で、音韻処理に対して音韻記憶に関与する縁上回が強い脳反応を示し、既に新生児期において音韻の記憶に関連する機能をこの部位が担っていることが示唆された。

次に、早産児と正期産児を含め上記の音韻・抑揚刺激に対する血行動態反応(HRF)パターンの変化と左右側頭部の機能側性化について検討した。一般的な成人の HRF パターンは酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)が上昇し、脱酸素化ヘモグロビンが減少するが、音韻・抑揚刺激に対し、正期産児は成人と同じ正の方向の oxy-Hb 変化を示したが、早産児は負の方向の変化を示す等、正期産児と異なる割合が多かった。早産児の oxy-Hb 変化のパターンは修正週数が進むにつれて発達し、修正 39 週以降で正期産児と同等になった。また、検査時週数が修正 39 週以降の早産児は、正期産児と同様に、抑揚変化に対して右半球優位の傾向を示した。これらの結果から、早産児における音韻・抑揚処理に対する Hb 変化のパターンや聴覚野の機能側性化は、出生予定日では正期産児に近いものであることが示唆された。早産児の音声処理機能に関わる脳血行動態制御は、出生予定日までに正期産児に近づくことが示唆された。

本研究は、新生児期における音声処理の脳機能が比較的成熟しており、早産児においても、その機能が発達していくことを fNIRS で明らかにした。この成果が、言語機能の神経学的基盤とその発達過程を明らかにすることに貢献できることを期待している。

階層ベイズ拡散光トモグラフィによる安静時の脳機能結合解析

相原孝次^{1),2)}、下川文明²⁾、小川剛史³⁾、岡田裕斗^{2),4)}、石川亮宏⁵⁾、井上芳浩⁵⁾、

山下宙人²⁾

1)京都大学、2)ATR 脳情報解析研究所、3)ATR 認知機構研究所、

4)奈良先端科学技術大学院大学、5)島津製作所

概要

安静時における脳領域間の機能的結合 (RSFC) は主に機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) により計測されてきた。しかし、fMRI には、高価である、可搬性を欠いている、体内に金属や電気装置がある方や閉所恐怖症の方には使えない、などの欠点がある。機能的近赤外分光法 (fNIRS) にはこれらの欠点が無いので、3次元の脳活動画像を作成するために fNIRS を用いる脳機能画像推定法である拡散光トモグラフィ (DOT) は次善の策として期待できる。近年我々は、階層ベイズ推定 (HB) を利用した DOT アルゴリズムを提案し [1]、その有効性を実証してきた [2]。そこで本研究では、安静時に計測した fMRI および fNIRS データを用いて、RSFC の推定という観点から、HB-DOT の有効性を検証した。

本実験は、ATR 倫理・安全委員会の承認を得て、インフォームドコンセントをとった20名の健常男性 (21-38 歳) を対象として実施された。各被験者は、異なる日に実施された fMRI 実験と fNIRS 実験に参加した。被験者は開眼で10分間の安静を求められ、その間に fMRI (1セッション) または fNIRS (2セッション) で脳活動を計測した。fNIRS では、送受光プローブ間距離 29-mm が 96-ch と距離 13-mm が 56-ch の計 152-ch で左右の前頭および頭頂領域をカバーした。

脳機能画像の推定手法間の比較のために、以下の4つの画像が計算された; (1) fMRI による画像 (基準となる画像)、(2) HB-DOT による画像、(3) 最小ノルム法を利用した DOT による画像 (MN-DOT)、(4) (逆問題を解かない) バックプロジェクション法による画像。次に、それぞれの画像について、標準脳への空間的正規化を行い、Automated Anatomical Labeling (AAL) による領域の画像を作成した後に、領域間の相関を計算することで相関行列 (FC-X; X は HB-DOT のような手法名) を算出した。最後に、FC-fMRI との類似度を定量化するために、FC-X と FC-fMRI の空間相関が計算された。

予備段階の解析結果では、FC-fMRI との類似度やセッション間の再現性という観点では、HB-DOT が MN-DOT より優れていることが示された。

参考文献

[1] Shimokawa T et al. Hierarchical Bayesian estimation improves depth accuracy and spatial resolution of diffuse optical tomography. *Optics Express*. 2012; 20: 20427-20446.

[2] Yamashita O et al. Multi-subject and multi-task experimental validation of the hierarchical Bayesian diffuse optical tomography algorithm. *NeuroImage*. 2016; 135: 287-299.

「多方向拡散光トモグラフィによるヒト脳機能計測」

下川文明 1), 石井稔浩 2), 高橋陽一郎 2), 三谷悠貴 2), 三船博庸 2), 中鉢直 2), 佐藤正喜 2), 大場義浩 2), 安達一彦 2), 菅原悟 2), 山下宙人 1)

1) ATR 脳情報解析研究所、2) 株式会社リコー 研究開発本部 リコー未来技術研究所

E-mail: shimokawa@atr.jp, toshihiro.ishii@jp.ricoh.com

拡散光トモグラフィ (DOT) は fNIRS を発展させた手法であり、生体内部の高精度・3 次元的な機能的イメージングを行うことができる。これまで我々は、連続光高密度 NIRS 計測による DOT (高密度 DOT) の可視化技術に取り組み、ヒト計測における有効性を確認してきた[1]。また、多方向光源と多方向検出器を用いた低密度計測による DOT (多方向 DOT) を提案し、ファントム実験による検証を行ってきた[2]。

本研究では多方向 DOT によるヒト計測を行ったのでその結果を紹介する。1名の被験者において、右手掌握課題時の左運動/体性感覚野の活動を多方向 DOT (Fig. 1) と fMRI とで計測した。多方向 DOT で可視化した結果と fMRI で可視化した結果を比較したところ、それらの位置誤差は 5-6mm 程度、空間相関は 0.3-0.5 程度であるという結果がこれまでに得られている。

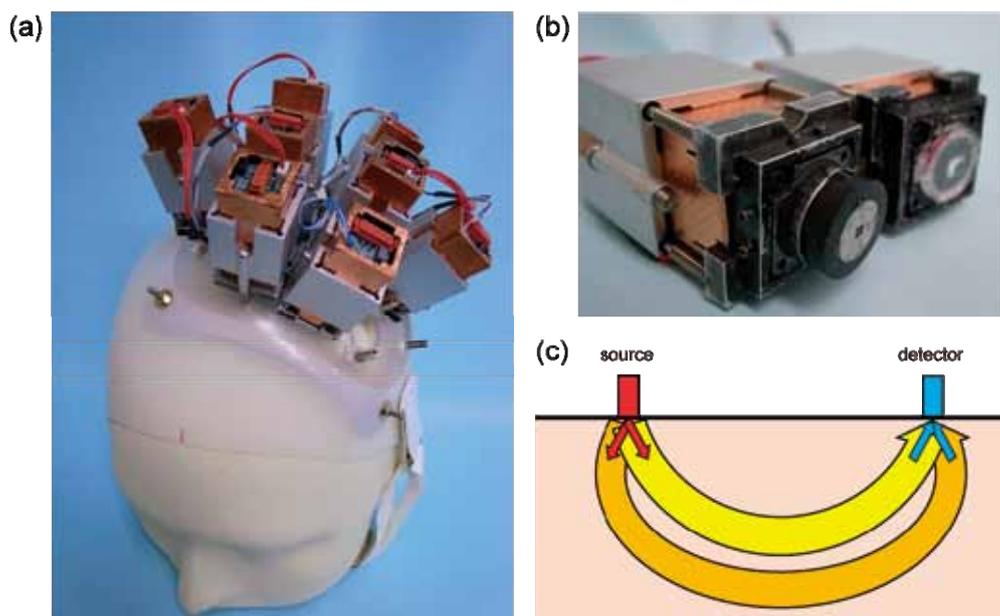


Fig. 1. 多方向 NIRS 装置と概念図。(a) ヘッドキャップ。4つの多方向光源と4つの多方向検出器が取り付けられている。プローブ間隔は約3cm。(b) プローブ先端の拡大図(送光部:左、受光部:右)。光源・検出器はそれぞれ4方向に光を送光・受光することができる。(c) 多方向計測の概念図。例えば内向き・外向きに送受光することで、生体内で異なる経路を通った光を計測することができる。

[1] O. Yamashita et al., "Multi-subject and multi-task experimental validation of the hierarchical Bayesian diffuse optical tomography algorithm," *NeuroImage* 135, 287–299 (2016).

[2] T. Shimokawa et al., "Diffuse optical tomography using multi-directional sources and detectors," *Biomed. Opt. Express* 7, 2623-2640 (2016).

T.S. and O.Y. were supported by the ImPACT Program of the Council for Science, Technology and Innovation (Cabinet Office, Government of Japan).

fNIRSの国際標準化

IEC/SC 62D/JWG5/fNIRS国内委員会

株式会社日立製作所 加賀幹広

近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy:NIRS)は生体透過性に優れる近赤外線(およそ波長750~1,400nm)を多点で生体へ照射し、生体内で散乱・吸収されて戻ってきた光を受光し、その光強度を演算処理することで大脳皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化及び総ヘモグロビン濃度変化を計測する方法である。特に脳機能計測を目的とすることが多いためfNIRS(functional NIRS)とも呼ばれる。近年、脳機能計測においてイメージング装置が多く用いられているが、fNIRSは日本が世界をリードしてきた装置である。

2015年までfNIRSを対象としたISOやIEC等の標準化された規格が存在していなかったため、国内においても各社が販売している装置の計測データを比較する際に不都合が生じていた。例えばヘモグロビン濃度の計算にあたっての仮定の置き方や計算に用いる波長値等が各社で異なっていたことが原因であり、これらの解消のため国際標準化の活動について日本人がプロジェクトリーダーとなり推進してきた。その際、標準化によってデメリットが生じないよう装置を標準化するのではなく、装置の検査方法の標準化を目的とし活動を行ってきた。なお医療機器の基本的な安全規格であるIEC 60601-1等については既に適用されていたため、装置の安全性に関しては担保されていた。

活動の結果、2015年6月にfNIRSに関する下記国際規格が制定された。

IEC 80601-2-71: Particular requirements for the basic safety and essential performance of functional Near-Infrared Spectroscopy (NIRS) equipment

規格の標準化はユーザにとっても以下のメリットがあると考えられる。

- ・規格は装置の安全性や性能に関する計測方法を定めたものであり装置間の比較に役立つ。
- ・医療や研究に使用することができないような粗悪な製品の横行を防ぐことができる。
(規格に適合している装置は一定水準の安全性や性能が担保されている、と考えられる)
- ・誰でもISOやIECより規格を購入することが可能であり、装置の性能理解への手助けとなる。
- ・規格は工業規格であるため、学術的な研究活動を制限するものではない。
(論文や学会発表で用いる用語等を規格に合わせる必要はない)

本報告では、fNIRSの国際標準化の活動とその内容について報告をさせていただく。

触覚刺激関連と安静状態における脳活動の発達変化

渕野 裕^{1#} 加藤 育子² 小西 行彦² 高野 裕治³ インモン トウン⁴ 日下 隆² 小西 行郎³

(1:首都大学東京 人文科学研究科・2:香川大学 医学部 小児科・3:同志社大学 赤ちゃん学研究センター
ー・4:香川大学医学部大学院 医学系研究科)

【目的】

早期産児の感覚刺激への異常な反応（感覚過敏・感覚鈍麻）と後の発達リスクとの関連性が報告されている。この感覚異常は、特定の感覚モダリティにのみ見られるものではなく、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚の様々な感覚器官で起こり、新生児期の特定の時期だけではなく、修正2歳（Eeles et al., 2013）、3-5歳においても感覚異常が見られ、実行機能の低下と関連することが報告されている（Adams et al., 2015）。しかし、感覚異常と後の発達リスクの詳細な神経科学的関連性は明らかになっていない。そこで本研究では、新生児にも負担の少ない非侵襲的脳機能計測法である近赤外分光法（near infrared spectroscopy, NIRS）を用いて、触覚刺激関連の脳活動及び安静時における脳機能の発達変化を早期産児及び満期産児を対象として評価した。

【方法】

参加者：修正満期（40週）から修正3か月までの早期産児及び満期産児を対象とし、児の全頭領域を評価できるように、光トポグラフィ（ETG-7000）の91チャンネル計測を行った。

課題：10秒間の四肢への触覚刺激と20-25秒間の安静状態を交互に繰り返す課題と約10分間の自然睡眠下の安静状態での脳活動を評価した。

解析：四肢への触覚刺激中の脳活動は、計測部位毎に加算平均を行った。触覚刺激中の脳活動が顕著に表れた領域を関心領域とし、安静状態での脳活動のうち低周波成分の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの相関係数を妊娠週数（post-menstrual age, PMA）と比較することで評価した。

【結果・考察】

早期産児及び満期産児において、四肢への触覚刺激による両側の頭頂領域で典型的なヘモグロビン変化（酸素化ヘモグロビン変化量の上昇と脱酸素化ヘモグロビン変化量の減少）が観察された。さらに、関心領域における低周波成分の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの相関係数は、発達に伴い負の相関を示すことがわかった。早期産児と満期産児グループで有意な差はみられなかった。今後は、データを追加することで、両群間の違いについて検討する。

【参考文献】

Eeles AL et al., Early Hum Dev. 2013 Dec;89(12):1075-80.

Adams et al., Early Human Development 91 (2015) 227-233

睡眠時の乳児における脳組織酸素化動態の時空間ダイナミクス

多賀 巖太郎¹、渡辺 はま¹、佐治量哉²、保前文高³

¹東京大学大学院教育学研究科、²玉川大学、³首都大学東京

睡眠は、脳の自発活動を反映し、ノンレム睡眠とレム睡眠のような睡眠 state の遷移を含んでいる。睡眠 state は、脳波(EEG)や眼電位(EOG)等の計測に基づき分類されるのが一般的な手法とされてきた。一方、fNIRS は、脳の自発活動に関連した脳組織酸素化動態を計測することができ、睡眠 state に関して電氣的な手法と相補的な情報をもたらすと期待される。特に、乳児の睡眠研究は、脳の発達機構の解明のために重要な課題である。これまで、fNIRS を用いて、睡眠中の乳児の脳の自発活動(Taga et al. 2000)、刺激誘発活動(Taga et al. 2018)、機能的ネットワーク(Homae et al. 2010)、脳活動・代謝・血行動態(hPod)(Watanabe et al. 2017)の発達が明らかにされてきた。本研究は、乳児の睡眠 state に応じた脳の自発活動の時空間ダイナミクスを fNIRS を用いて明らかにすることを目的としている。

生後 2・3 ヶ月児を計測の対象とした。昼間、実験室で寝かしつけをして、自然に眠った状態で、NIRS 装置(ETG7000, Hitachi)の 94 チャンネルプローブと 1 チャンネルの脳波(EEG)及び眼電図(EOG)の電極を装着した。途中で覚醒するか、睡眠したまま 25 分以上経過した時点で、計測を終了した。EEG・EOG・ビデオ画像を用いて、state を 30 秒ごとに、動睡眠、静睡眠、動睡眠/静睡眠、覚醒へ分類した。10 分以上の連続する動睡眠から 10 分以上の連続する静睡眠へと睡眠 state が遷移した乳児のデータを抽出し、2 ヶ月(2M)児群 16 人、3 ヶ月(3M)児群 19 人のデータを解析対象とした。酸素化ヘモグロビンの時系列データに、バンドパスフィルター(0.05~0.1Hz)をかけたのち、ヒルベルト変換を施して瞬時位相を求めた。さらに、94 チャンネルの瞬時位相を各時間でベクトル加算し、位相同期指標(phase synchronization index: PSI)の時系列を求めた(Taga et al. 2011)。これを、動睡眠および静睡眠の state 内で時間平均し、state 間で比較した。

PSI の群内平均は動睡眠では大きな値 PSI=0.70(2M)、0.73(3M)を示したが、静睡眠では小さな値 PSI=0.48(2M)、0.46(3M)を示した。月齢×睡眠 state の分散分析を行なったところ、睡眠 state に関して有意な主効果があった ($p<0.001$)。この結果は、睡眠が動睡眠から静睡眠に遷移すると、酸素化ヘモグロビンの変動が、チャンネル間で同期傾向から非同期傾向へと変化することを意味している。月齢に関する有意な違いは見られなかった。

乳児の動睡眠と静睡眠は、それぞれ成人のレム睡眠とノンレム睡眠に対応するとされている。レム睡眠に比べ、ノンレム睡眠は、より同期した大脳皮質の神経活動を反映していると考えられてきた。脳の大域的な酸素化状態の時空間ダイナミクスは、脳波のそれとスケールが異なるものの、本研究の結果は、静睡眠において同期性が低いという脳波とは逆の方向を示した。本研究は、fNIRS の信号が、乳児の睡眠 state を鋭敏に反映した違いを示すことを明らかにした。今後、それらのより詳細な時空間ダイナミクスや乳児と成人の睡眠 state の違い等についてさらに検討が必要である。

新生児蘇生中の脳循環モニタリングによる脳障害重症度判定法
～時間分解分光装置を用いた新生仔豚仮死モデル実験～

光家 努 (みついえ つとむ) 1, 2, インモン トゥン 1, 中尾 泰浩 (なかお やすひろ) 1, 3,
中村 信嗣 (なかむら しんじ) 1, 杉野 政城 (すぎのまさしろ) 4, 森本 絢 (もりもと は
しもと あや) 1, 小谷野 耕佑 (こやの こうすけ) 4, 近藤 園子 (こんどう そのこ) 2, 安
田 真之 (やすだ さねゆき) 4, 日下 隆 (くさか たかし) 1

所属：香川大学小児科 1、高松赤十字病院臨床工学課 2、さぬき市民病院小児科 3

香川大学医学部附属病院総合周産期母子医療センター4

【背景】新生児低酸素性虚血性脳症 (HIE) の早期診断・重症度判定は、低体温療法 (HT) 導入のために非常に重要である。HIE では、生直後に中枢神経系の虚血後再灌流を来とし、二次性に脳障害を引き起こすことから、これらをモニタリングすることで蘇生中に脳障害重症度を判定できる可能性がある。

【目的】新生仔豚低酸素虚血 (HI) 負荷モデルで、HI 負荷終了直後・蘇生開始 30 分以内 (特に蘇生中) の脳血液量 (CBV) 及び脳内 Hb 酸素飽和度 (ScO₂) 変化と負荷後 5 日目の病理組織学的脳障害との関係を検討した。

【方法】生後 24 時間以内の新生仔豚 HI 負荷モデル 15 頭を用いて、我々の HI 負荷プロトコールに従い、約 2~5% 酸素吸入のみによる HI 負荷を約 40 分間施行した。HI 負荷終了後は 100% 酸素吸入による蘇生を 10 分間施行した。CBV 及び ScO₂ の連続モニタリングは、負荷前から負荷終了・蘇生開始後 6 時間まで、近赤外光時間分解分光装置 (TRS) で測定し、病理組織脳障害評価は負荷後 5 日目に HE 染色によって行った (大脳皮質白質、WM; 灰白質、GM; 海馬、Hip; 小脳、Cel)。

【結果】全 15 頭のうち、脳障害を認めないものは 2 例、死亡例は 5 例、脳障害を認めながらも生存したものは 8 例であった。CBV は、負荷終了・蘇生開始とともに上昇し、蘇生開始後約 10 分前後でピークとなった。この負荷終了・蘇生開始時点からピークまでの CBV 増加値は、病理組織脳障害スコアと有意な相関を認めた (WM, $r = 0.62$, $p < 0.05$; GM, $r = 0.65$, $p < 0.05$; Hip, $r = 0.68$, $p < 0.05$; Cel, $r = 0.62$, $p < 0.05$) が、ScO₂ 値は相関を認めなかった。

【考察】本研究で蘇生開始後超早期に認めた CBV の増加は、脳血流の自動調節能の破綻のために、蘇生による体血圧上昇の影響を受動的に脳血流が受けてしまう事を反映していると考えられた。生直後・蘇生中における TRS による脳循環変化モニタリングは、生後超早期での脳障害判定方法確立に寄与すると考える。

【結論】低酸素虚血負荷後早期に起こる CBV 増加のピーク値及びピーク時間は、負荷後 5 日目の病理組織学的脳障害重症度と有意に相関する。

分娩形式は出生直後の新生児・脳循環酸素代謝変化にどのように影響を与えるか？
～近赤外光時間分解分光装置を用いた出生直後からの新生児脳血液量モニタリング～

森本 絢¹⁾ 中村 信嗣¹⁾ 杉野 政城²⁾ 横田 崇之¹⁾ 有岡 誠¹⁾ 福家 典子¹⁾ Yinmon Htun³⁾
小谷 野耕佑³⁾ 小西 行彦¹⁾ 近藤 園子¹⁾ 加藤 育子¹⁾ 安田 真之³⁾ 岩瀬 孝志¹⁾ 日下 隆¹⁾
1) 香川大学医学部 小児科
2) 香川大学医学部附属病院 総合周産期母子医療センター
3) 香川大学大学院 医学系研究科

背景：出生直後の脳内酸素代謝と血行動態を評価することは、新生児の子宮外への適応を理解する上で重要である。これまで近赤外分光法を用いた出生直後の脳内酸素化を測定した研究は報告されている。しかし、出生直後の脳血液量(cerebral blood volume: CBV)を定量的に測定した報告はない。

目的：健常正期産児での経膈分娩と選択的帝王切開では、出生後の CBV 変化がどのように異なるかを近赤外光時間分解分光装置(near-infrared time-resolved spectroscopy: TRS)を用いて調べた。

方法：当院にて出生した 12 人の健常新生児のうち、6 人が経膈分娩、6 人が選択的帝王切開で出生した。在胎週数は 38～40 週で、生後 1 分のアプガースコアは 7 点以上であった。本研究を行う上で、香川大学附属病院倫理委員会で承認された研究計画書について全例で両親から同意を得た。TRS (TRS-21: 浜松ホトニクス)を児の前額部に装着し、酸素化ヘモグロビン(oxyHb)と脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb)、総ヘモグロビン(totalHb)濃度を測定した。3 波長の吸収係数から光拡散方程式を用いて脳内 Hb 酸素飽和度(ScO₂) と CBV (mL/100g brain) を算出した。出生直後のできる限り早期(生後 1～2 分)から測定を開始し、生後 15 分まで 1 秒間隔で測定を行った。

結果：CBV について、経膈分娩(6 例)では生後 1～2 分で最大値を示し、生後 10 分までに緩やかに減少した。一方で、帝王切開(6 例)では経膈分娩とは異なり、最大値は認めず変化に乏しい傾向にあった。CBV[ml/100b brain:平均 (SD)] 経膈分娩: 生後 1～2 分: 3.2 (0.6)、5～6 分: 2.8 (0.6)、10 分: 2.4 (0.9)、帝王切開: 1～2 分: 2.3 (0.0)、5～6 分: 2.4 (0.2)、10 分: 2.2 (0.4)。ScO₂ に関して、動脈血酸素飽和度(SpO₂)と同様に両群ともに徐々に上昇し、生後 5～10 分で最大値に達した。

考察：分娩形式による生後の CBV 変化の違いは、陣痛発来による子宮収縮やホルモン分泌が生後の新生児の脳循環に影響された結果と推測された。今後、蘇生が必要となる仮死や早産児などのハイリスク新生児における CBV 変化について研究を進める必要がある。

結論：正期産児での経膈分娩と帝王切開では、生後の CBV 変化には違いがある。

Effectiveness of Hydrogen in post hypoxic-ischemic neonatal piglets

Yinmon Htun¹⁾, Tsutomu Mitsuie¹⁾, Yasuhiro Nakao^{1,2,3)}, Takayuki Wakabayashi²⁾, Wataru Jinnai⁴⁾,
Satoshi Yamato⁴⁾, Aya Morimoto^{1,2)}, Masashiro Sugino⁶⁾, Shinji Nakamura⁶⁾, Kosuke Koyano⁶⁾,
Ikuko Kato²⁾, Sonoko Kondo²⁾, Makoto Nakamura⁵⁾, Saneyuki Yasuda⁶⁾, Takashi Kusaka²⁾

- 1) Graduate School of Medicine, Faculty of Medicine, Kagawa University
- 2) Department of Pediatrics, Faculty of Medicine, Kagawa University
- 3) Division of Pediatrics, Sanuki Municipal Hospital
- 4) Division of Neonatology, Shikoku Medical Center for Children and Adults
- 5) Division of Neonatology, NHO Okayama Medical Center
- 6) Maternal and Perinatal Center, Kagawa University Hospital

Background/introduction: Hypoxic-ischemic encephalopathy (HIE) still results in unpredictable clinical outcomes even when the therapeutic hypothermia (TH) is given. Therefore, we speculated that the use of additional therapy along with TH might improve the outcomes. Here, we hypothesized that Hydrogen gas (H₂), the antioxidant, can improve the neurological function after hypoxic-ischemic (HI) insult. Therefore, we investigated the effectiveness of H₂ gas ventilation during TH in neonatal HI piglet model.

Methods: 22 piglets within 24 hrs after birth were divided into 3 groups; HI insult with normothermia group (NT, n=8), HI insult with TH group (TH, n=8), and HI insult with TH with H₂ group (TH-H₂, n=6). HI insult was performed by reduction of FiO₂ for 40 mins followed by 10 mins resuscitation with 100% oxygen. TH was initiated just after resuscitation and continued for 24 hrs (rectal temperature 34 ± 0.5 degree). For TH+H₂ group, 2.8% H₂ was given along with TH and is continued for 24 hrs. After weaning from mechanical ventilation, piglets were nursed in incubator. Neurological function was assessed 6 hourly from day 1 to day 5 post insult. On day 5, piglets were euthanized, brains harvested for histological analysis.

Results: Regarding neurological score, TH-H₂ group has shown the improvement of neurological scores. Also, more piglets in TH-H₂ group could start to walk at day 3 than the remaining two groups. Histological results are inconclusive at this point.

Conclusion: H₂ ventilation with TH showed faster improvement in motor function. However, we need further evaluations of the actual effectiveness of H₂ ventilation by biomarkers based on the pathophysiology.

ワーキングメモリタスク遂行時の脳血管反応の強度とタスク難易度との関係

中村賢治、杉山実津季、須藤いずみ、小澤澗司

高崎健康福祉大学健康福祉学部医療情報学科

【はじめに】

近赤外分光法を用いた脳機能計測法（NIRS 法）では、タスク賦課時の観測領域におけるヘモグロビン（Hb）濃度の変化を検出して、脳活動の指標としている。この Hb 反応の強度とタスク難易度との関係を明らかにすることは、NIRS 法の効用と限界を知る上で重要な問題である。本研究では、タスクの難易度を調節しやすい言語性ワーキングメモリ（WM）課題を作成し、被験者がそれらを実行するときの、大脳皮質前頭部の Hb 反応の強度を計測し、タスク難易度との関係を調べた。

【方法】

光脳機能イメージング装置（FOIRE-3000/8 島津製作所）を用いて、3 x 5 または 2 x 4 に配置した測定用プローブを被験者の左頭蓋側面に装着し、大脳皮質前頭前野外側部を中心に 22 または 10 チャンネル計測を行った。被験者（20-25 歳の健常人 15 名）に賦課する WM タスクは、2, 4, 7 または 10 文字のひらがな文字を 3 秒間提示し、5 秒間の記憶保持時間の後、提示した文字数と同数のカタカナ文字を 5 秒間表示し、音韻の一致する文字の数を答えるという課題であり、1 タスクは、この問題 3 問からなり、タスク時間は 39 秒とした。課題の難易度は文字数の増加に伴って上昇し、正解率は 2, 4, 7, 10 文字タスクで、それぞれ、 100 ± 0 , 98.8 ± 1.7 , 71.7 ± 8.1 , $17.9 \pm 6.4\%$ （mean \pm SD, n=8）であった。タスク難易度による反応強度の計測では、まず、第一タスクとして 4 文字タスクを賦課し、この先行タスク終了 60 秒後に第二タスクとして 2, 4, 7, または 10 文字タスクを賦課し、それぞれによって誘発される oxy-Hb 濃度増加の程度を第一タスクの応答を基準として比較することにより、反応強度とタスク難易度との関係を評価した。

【結果・考察】

本実験で用いた WM 課題の実行により、Brodmann 44, 45 野を中心とする大脳皮質下前頭回とその周辺部に活動（oxy-Hb 濃度の増加と deoxy-Hb 濃度の減少）が検出された。次いで、反応強度の課題難易度依存性を評価するために、第一タスクとして 4 文字タスク、第二タスクとして 2, 4, 7, 10 文字タスクのいずれかを賦課して、それぞれの oxy-Hb 濃度変化の振幅を計測して、第二タスクに対する反応の振幅を第一タスクのものと比較した。その結果、第二タスクを 7 文字タスクとした場合、図 1 に示すように、顕著な反応の増大が認められた（Wilcoxon 符号付順位検定 $p < 0.001$, n=16）。また、第二タスクを 2 文字タスクとした場合は、反応は減弱した（ $p < 0.05$, n=9）。一方、第二タスクを 4 文字または 10 文字タスクとした場合は、反応の振幅は第一タスクの 4 文字タスクへの反応との間に有意差は認められなかった。以上から、WM タスクに対する脳血管反応はタスクの難易度に依存することが明らかになったが、少数例で、それとは無関係な変化が観察された。このことは、WM タスクに対する脳血管反応強度は、タスクの難易度以外の未知の要因によっても影響を受けることを示している。

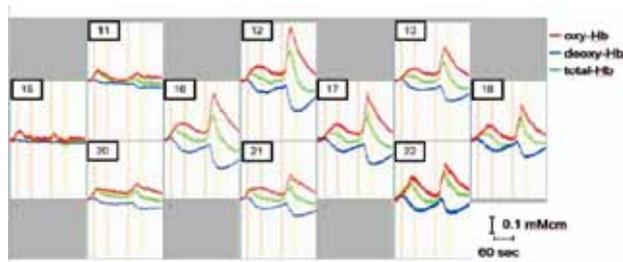


図 1. 先行する 4 文字タスクと後続の 7 文字タスク実行によって誘発される Hb 濃度の変化（下前頭回を中心とする 10 チャンネルからの記録）

認知機能課題実施中の脳活動部位の検討 第1報

埼玉県総合リハビリテーションセンター

土佐 圭子、赤間 公一、鈴木 康子、河合 俊宏、星 克司、市川 忠

【はじめに】

パーキンソン病（以下、PD）患者に多く見られる非運動症状の1つに、認知機能障害がある。太田ら¹⁾は、認知機能障害を検出するスクリーニングテストとして用いられているMoCA-Jにおいて、低下しやすい認知機能の1つに語流暢性課題を挙げている。また、平山ら²⁾は、PD患者で、錯綜図課題の誤答数が多いとしている。

今回、語流暢性課題と錯綜図課題実施時の脳の活動領域を検討するため、近赤外線分光法（near-infrared spectroscopy）（以下、NIRS）を用いて脳血流量を測定した。PD患者の脳の活動領域と比較するため、健常者の測定を実施したので、報告する。

【実施方法】

(1) 被験者

健常者19名（男性17名、女性2名、平均年齢42.0±11.10歳）とした。被験者には本研究の趣旨を文書を用いて説明し、同意を得た。なお、本研究は当センター倫理委員会の承認を得ている（承認番号H28-13）。

(2) 使用機器

NIRS計測には、ETG-7100：（株）日立メディコ製を用いた。頭には、5×3プローブを国際10-20法に基づき、前頭部（Probe1）と頭頂-後頭部（Probe2）の2ヶ所に装着した。チャンネル（以下、Ch）数は22とした。

(3) 実施環境

個室にて実施。被験者は椅子に座り、机に取り付けた顎乗せ台に顎を置き、両手を前で軽く組んだ姿勢で、課題を実施した。視界には、課題が呈示されるタブレット画面以外は入らないようにした。

(4) 実施課題

1) task A：錯綜図課題

錯綜図とは、複数の絵が重なっている図である（図1）。課題をタブレット画面に呈示し、分かった絵を、口答にて回答してもらった。1問ごとの制限時間は15秒間で、3問実施した。

2) task B：語流暢性課題

タブレット画面に呈示した平仮名「さ」「あ」「き」から始まる単語を、口答にて回答してもらった。1問ごとの制限時間は15秒間で、3問実施した。

3) リカバリータイム（以下、RT）

各課題の間には、25秒間、「あ・い・う・え・お」と、被験者のペースで、繰り返し発声してもらった。

(5) 検査手順

検査実施前に、実施課題の内容を説明し理解を得た。その後プローブを頭に装着し、図2の流れで測定を行った。

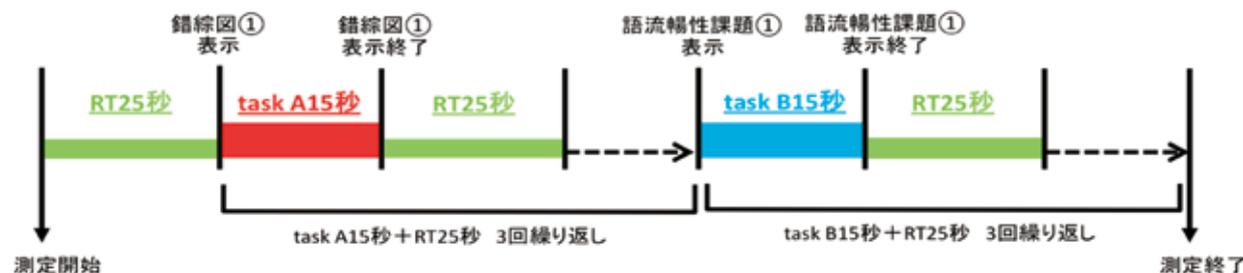


図2 タスクデザイン



図1 錯綜図課題の例

(6) 分析

task、かつChごとに、課題実施中とRTの酸化ヘモグロビン値を比較し、前頭葉と頭頂-後頭葉の脳血流量の差を比較した。測定できなかったChは除外した。分析にはt検定を用い、有意水準は $p < 0.05$ とした。

【結果】

有意差のあったChを以下に列挙し、図3に示す。

task A Probe1：左前頭葉に3Ch（11、15、20）（赤）

Probe2：右後頭葉に1Ch（21）（青）

task B Probe1：無 Probe2：無

【今後の展望】

健常者に加え、PD患者のデータ収集・分析も行い、結果を比較していきたい。

【参考文献】

¹⁾ 太田晃一, 鈴木宏幸. Parkinson病の認知機能障害をMMSEとMoCAにより評価した他施設共同研究：慶應PDデータベース. 老年期認知症研究会誌;20(1):1-5,2013

²⁾ 平山和美, 石岡俊幸. パーキンソン病の視覚性認知障害. BRAIN and NERVE;59(9):923-932,2007

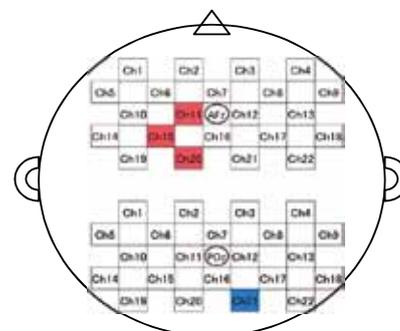


図3 有意差のあったCh

下顎の位置変化が脳の情報処理速度に及ぼす影響

栗本武俊¹⁾ 栗本慎治²⁾ 澤口俊之³⁾ 丸山剛郎⁴⁾

- 1) 2) 日本咬合学会 くりもと歯科医院 和歌山県御坊市開業
 3) 武蔵野学院大学大学院教授 4) 大阪大学名誉教授

はじめに・目的

19回大会は下顎位是正治療の治療効果として、前頭前野の脳血液量が大幅に改善することを報告し、20回大会では精神症状の改善に繋がることを報告した。今大会では下顎位是正治療により脳活動の向上が観察されるかを検討し報告する。脳血液量を減少させる要因のひとつに顎ずれがある。その背景は、ヒトは進化過程で四足歩行から直立二足歩行になるが、約6キロの頭が最上位に来たことで構造学上不安定な体形となった。頭蓋骨の前下方に位置する下顎が偏位を起こすと、頭位が不安定となり頸部周囲筋の緊張を招く。結果首こりが起こり、内頸動静脈を圧迫し脳血流障害が生じる。下顎位を解剖学的に正常な位置に戻すことで、頭位が身体に対して前後的・側方的に安定したポジションとなり、頸部周囲筋の緊張が取れ脳血液量の改善に繋がる。このことが脳の情報処理速度に影響するか検証する。

方法

下顎位是正治療を行った34名の術前・術中1～3カ月後の課題呈示に対する反応時間を観察した。下顎位是正装置は丸山剛郎大阪大学名誉教授考案 MFA (Mandibular positioning appliance) を用いた。脳血液量の計測にはWOT-100(日立ハイテック社製)を、ワーキングメモリ課題呈示には刺激呈示ユニット SP-POST01(日立ハイテック社製)を使用した。課題呈示はNバック課題法

を用い、3回の課題時の平均速度を分析した。

検証1:術前・術中の課題呈示に対する34名の反応速度を比較した。検証2:年齢別に10～30代(8名),40～50代(15名),60歳以上(11名)の3グループに分類し、術前・術中の年代別の反応速度を比較した。

結果

検証1:術前と比較して下顎位是正治療開始1～3ヶ月の早期より反応速度の安定と短縮を示し有意に改善を認めた。(図1)
 検証2:年代別の術前は10～30代,40～50代は近い値を示したが60歳以上で反応速度の延長がみられた。下顎位是正治療開始1～3ヶ月では、各年代で反応時間の短縮を認めた。(図2)

まとめ

脳情報処理速度の短縮・改善は下顎位是正治療により頸部周囲筋の緊張がとれ、脳血液量が増加したことで(19回大会報告)脳に本来必要な栄養素と酸素が運ばれ、脳機能が正常方向に働いた為と考える。

検証2の結果より全ての年代で近似した反応速度の値を示したことは重要な結果と考える。今回の研究結果より、正しい下顎位が脳活動向上に繋がることが示唆された。

発表に関連し開示すべき利益相反(COI)関係にある企業などはありません。

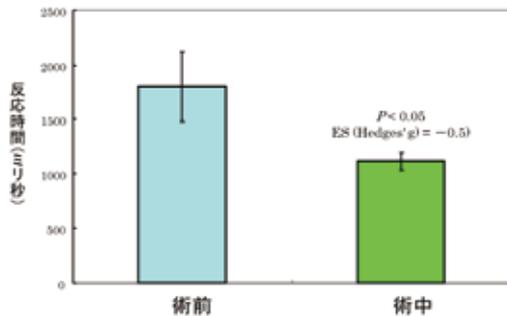


図1

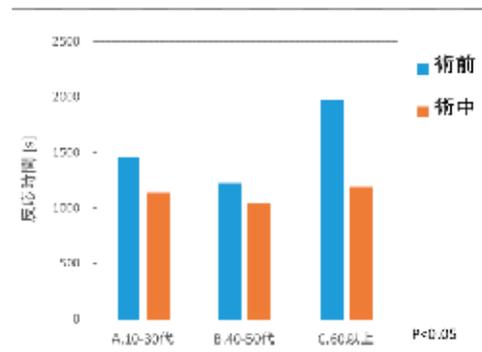


図2

体を使用した後出しじゃんけん遂行時の前頭葉活動の検討

武田 千絵¹⁾, 東野 文哉²⁾, 能登谷 晶子³⁾, 砂原 伸行¹⁾

1) 金沢大学 医薬保健研究域保健学系

2) 医療法人社団翠景会 金沢病院

3) 京都学園大学 健康医療学部 言語聴覚学科

【はじめに】

近年認知症についての関心は高く、我々も認知症予防教室を実施してきた。その中で“認知症予防のための頭の体操”というテーマが参加者の中で高いニーズであることがわかり、それを受け前頭葉活動が確認されている後出しじゃんけん、これをもとに開発した体でじゃんけんの手を出す後出しボディーじゃんけんを実施してきた。後出しボディーじゃんけんは先行研究にてじゃんけんの手をみて条件に即した手を出し終えるまでの反応完了時間や課題の正答数より、後出しじゃんけんよりも難しい課題であることが分かった。しかし後出しボディーじゃんけん遂行時の脳活動については未検討であった。そこで今回近赤外分光法にて後出しボディーじゃんけん、後出しじゃんけん遂行時の脳活動について検討した。

【方法】

右利きの若年健常者 14 名（男女各 7 名，年齢 21.6 ± 0.9 歳，教育歴 15.9 ± 0.5 年）で，当研究に同意が得られた者を対象とした。

測定装置は光トポグラフィーETG-4000 を用い，前頭前野にあたる計 24Ch の測定を実施した。Ch1~12 までが左前頭前野，Ch13~24 までが右前頭前野にあたる。

後出しボディーじゃんけん，後出しじゃんけんの手は対象者の目の前のスクリーンに表示され，対象者はそれをみて条件に即した手を出す。じゃんけんの手は図 1 に示すものを使用した。



図1 後出しじゃんけんと後出しボディーじゃんけんの手

NIRS 測定では 2 種類のじゃんけん，それぞれ勝ち，負け，あいこの 3 条件の計 6 回測定した。なお各

じゃんけん，各条件の実施順序は対象者ごとにランダムとした。じゃんけんは 1 回の測定で 15 回実施し，じゃんけんの手が提示されてから 10 秒後に次の手が表示される。本研究ではじゃんけんの手が提示される直前 1 秒間がベースラインとなるよう補正し，手の提示直後～9 秒後までの Oxy-Hb を加算平均した。その後あいこ条件で測定したデータを勝ち条件，負け条件それぞれのデータから差し引いた。今回脳活動の指標としたのはこの計算後のデータにて課題提示直後～9 秒後までの平均 Oxy-Hb 変化量とした。また，反応完了時間，正答数も測定した。

【結果と考察】

Oxy-Hb 変化について母平均=0 の検定の検定を実施した結果，後出しじゃんけんでは勝ち条件において Ch11，負け条件において Ch11 で有意な Oxy-Hb 増加がみられた。後出しボディーじゃんけんにおいては勝ち条件で Ch6, 16, 18, 20，負け条件で Ch2, 4, 5, 6, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 20 で有意な Oxy-Hb 増加が確認された。この結果より勝ち条件，負け条件ともに後出しボディーじゃんけんのほうが後出しじゃんけんよりも広い範囲での脳活動が必要であると考えられる。

反応完了時間と Oxy-Hb 変化について回帰分析を行った結果，後出しじゃんけんでは負け条件で Ch19, 22 において反応完了時間が遅延するほど Oxy-Hb が増加する傾向があったが，後出しボディーじゃんけんでは負け条件，勝ち条件ともに反応完了時間が遅延するほど Oxy-Hb 増加が少ない傾向があり，この傾向がみられた Ch は負け条件が多かった（勝ち条件では Ch3, 23，負け条件では Ch1, 7, 9, 10, 15, 16, 17, 18）。課題の難易度を増大しても，それが必ずしも脳活動の増大につながらない場合もあり（Matsumoto et al, 2013），ワーキングメモリの難易度を高めるにつれいったん脳活動が上昇するも，次第に低下するいわゆる逆 U 字型の変化がみられたとの報告もある（Callicott et al, 1999）。後出しボディーじゃんけんは難易度が高い課題であったことから反応完了時間が長くなるほど脳活動が小さくなったと考えられる。

言語の習熟度が推論課題に及ぼす影響についての NIRS 研究

直井望・伊東徳子・森島泰則

国際基督教大学

【目的】

第一言語 (First Language, 以下 L1 とする) と比較して, 第二言語 (Second Language, 以下 L2 とする) を使用する際には, 一時的に思考機能が低下する外国語副作用 (Foreign Language Side Effect) が報告されている。外国語副作用の機序として, L2 の言語処理は L1 と比較して認知的負荷が高いことから, 言語処理に認知資源を多く要し, 思考作業に配分できる資源が減少することにより, 思考課題の遂行が低下することが考えられる。この外国語副作用の神経基盤を検討するため, 英語を L1 とする参加者と L2 とする参加者を対象に, 英語による推論課題を遂行中の前頭部の脳活動を, functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) を用いて計測し, 反応を比較した。

【方法】

日本語を L1 とする大学生 15 名 (英語 L2 群) と英語を L1 とする大学生 15 名 (英語 L1 群) が参加した。英語の文章を参加者に視覚提示し, その後文章の内容に関連する難易度の異なる 2 種類の推論課題を英語で聴覚提示した (各条件 6 試行)。参加者は, この推論課題についてキー押しで正誤判断を行った。推論課題中の前頭部の活動を fNIRS (Spectratech 社, OEG-16) を用いて計測した。英語 L2 群の英語の熟達度については, NIRS 計測後に Oxford Quick Placement Test を実施し評価した。推論課題中の酸素化ヘモグロビン濃度の変化量 (oxygenated-hemoglobin, 以下 oxy-Hb) を解析した。

【結果】

推論課題中に有意な oxy-Hb の増加が見られた。英語 L1 群と L2 群の脳活動の比較から, 外国語副作用に関与する神経基盤を議論する。

【引用文献】

Takano, Y. & Noda, A. (1993) A temporary decline of thinking ability during foreign language processing. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 24, 445-462.

fNIRS による集中瞑想の神経基盤の検討

山本 渉子*, 日和 悟**, 廣安 知之**

*同志社大学大学院生命医科学研究科, **同志社大学生命医科学部

【目的】

マインドフルネスとは、今この瞬間に注意を向けることであり、マインドフルネス瞑想によりストレス低減や集中力向上の効果が期待されている。瞑想の重要な要素の1つに注意がある。瞑想では身体感覚に注意を向け、内受容的な注意を維持するよう心掛ける。本研究では、瞑想により内受容的な注意を誘導するかどうかを調べることを目的とした。また、聴覚外部刺激に反応し、それを数える時の外受容の状態も測定することにより、内受容の状態の特徴を検討した。

【方法】

瞑想初心者10名の2課題中の脳血流変化を計測した。課題には、1) breath-counting task(BCT) と 2) auditory counting task(ACT)の2つを用いた。BCTは、マインドフルネス瞑想の行動尺度として有効であることが示されている[1]。BCTで用いた数息観とは、マインドフルネス瞑想の1つであり、息の出入りを数えることにより呼吸に意識を集中させる瞑想法である。BCTでは、呼吸を1から9まで繰り返し数え、1-8回目では1つのボタン、9回目の呼吸で別のボタンを押すよう指示した。ACTでは、聴覚刺激が提示され次第ボタンを押す、BCTと同様に1から9まで音の回数を繰り返し数えるよう指示した。両課題とも気が逸れたら3つ目のボタンを押す、1から数え直すように指示した。前頭部(47CH)、後頭部(47CH)、頭頂部(22CH)にプローブを配置したfNIRS装置(ETG-7100, 日立製作所)を用いて、2つの課題における脳活動を測定した。脳血流データにバンドパスフィルタ(0.008-0.09Hz)をかけ、脳領域間における脳血流変化の時間的同期を調べるため、各被験者の相関係数行列を算出した。その相関係数行列をエッジ密度15%で2値化し、グラフ理論に基づき、ある領域と他の領域との結合本数である次数中心性を算出した。次数中心性は、脳内ネットワークにおける重要性を表す。この次数中心性を用いて、2課題間における脳機能ネットワークの違いを検討した。

【結果】

ACTと比較し、BCTでは右上前頭回背側部の次数中心性が有意に高かった(図1)。上前頭回背側部は背側注意ネットワークに含まれている領域であり、トップダウン的注意に関係していることが報告されている。ACTは、外部刺激に対して受動的な状態を誘導したが、BCTは内受容的な感覚に対して、能動的な注意を誘導したと考える。

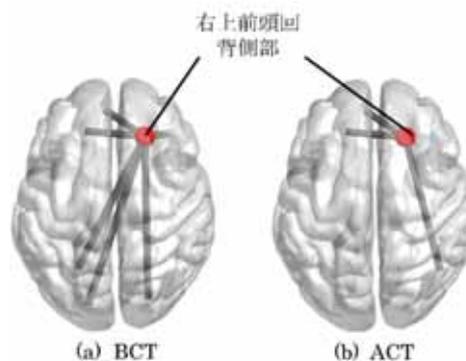


図1 上前頭回背側部の次数中心性の違い

[1] D.B. Levinson, E.L. Stoll, S.D. Kindy, H.L. Merry and R.J. Davidson, "A mind you can count on: validating breath counting as a behavioral measure of mindfulness," *Frontiers in psychology*, vol. 5, p.1202, 2014.

fNIRS による瞑想状態推定システムの構築

藤井 聖香* 日和 悟** 廣安 知之**

*同志社大学大学院 生命医科学研究科 **同志社大学 生命医科学部

マインドフルネスとは、瞑想などを通じた身体感覚への注意の維持や観察によって「今この瞬間の体験」に意図的な注意を向けること、またそのようなヒトの状態であり、集中力の向上やストレス低減に効果があるとされている。近年では、瞑想により脳の構造的・機能的な変化が生じることも fMRI 研究により明らかにされている[1][2]。一方で、瞑想を始めたばかりの初心者には、瞑想中にどのような状態になればよいのかの判断が難しく、瞑想の熟練者との対話を通じてその方法を自己獲得することが唯一の方法である。そこで著者らは初心者の瞑想実践を支援することを目的として、脳機能情報に基づく瞑想状態の定量化とフィードバックシステムの開発を行う。

本システムでは、熟練の瞑想者が瞑想した際に発現する脳機能ネットワークを「瞑想メタ状態」と定義し、これを目標状態として各被験者の現在の状態との類似度をリアルタイムにフィードバックすることで目標状態への到達を支援する。脳活動計測には日立製作所 ETG-7100 を用い、116 チャンネルの脳血流変化量を計測した。メタ状態は 5 名の瞑想実践者 (45.6±0.7 歳、累積実践時間 3910±2228h 時間) の 5 分間の瞑想実践中の脳血流変化量データから構築することとし、動的機能的結合解析により瞑想中の各時刻の機能的結合度行列を算出したのち、安定して瞑想ができていると考えられる瞑想区間の後半に該当する機能的結合行列に対して、5 名の実践者全員で共通して見られた機能的結合を瞑想メタ状態と定義した。

提案システムでは、上記で作成した瞑想メタ状態を用いて、初心者の瞑想中の機能的結合度と瞑想メタ状態との類似度を定量化し、目標状態へと誘導するためのフィードバックを行う。フィードバックを行う際には、「瞑想の実践を阻害しないこと」「良い方向に遷移したことをリアルタイムに被験者（ユーザー）に伝え、その瞬間の感覚を掴ませること」が重要である。本研究では、適切なフィードバックを行うための状態判定のしきい値、メタ状態との類似度の計算方法、そしてフィードバックの方法について検討を行い、システムの有用性を検証したので報告する。

参考文献

- [1] W. Hasenkamp and L.W. Barsalou, “Effects of meditation experience on functional connectivity of distributed brain networks,” *Frontiers in human neuroscience*, vol. 6, pp. 1–14, 2012.
- [2] E. Baron Short, S. Kose, Q. Mu, J. Borckardt, A. Newberg, M.S. George and F.A. Kozel, “Regional brain activation during meditation shows time and practice effects: an exploratory fMRI study,” *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 7, no. 1, pp. 121–127, 2010.

鎮静性抗ヒスタミン薬服用下で観察された認知課題遂行中の局所脳血行動態とブドウ糖代謝変化の関係：NIRS と^[18F]FDG-PET 連続測定

田代学¹、菊地飛鳥¹、稲見暁恵¹、三宅正泰²、Attayeb Mohsen^{1,3}、Fairuz Mohd Nasir²、松田林¹、平岡宏太良¹、四月朔日聖一¹、谷内一彦³、渡部浩司²

東北大学サイクロトロン・RI センター 1 サイクロトロン核医学研究部、2 同放射線管理研究部、3 東北大学大学院医学系研究科機能薬理学分野

抗ヒスタミン薬はアレルギー症状の緩和によく用いられるが、眠気や脳機能抑制などの鎮静性副作用を引き起こすことが知られている。本研究では、鎮静作用が弱い非鎮静性抗ヒスタミン薬と鎮静作用が強い鎮静性抗ヒスタミン薬服用下での脳ブドウ糖代謝と脳血流反応の関係性について調べた。

18名の健常男性に非鎮静性のレボセチリジン 5mg と鎮静性のジフェンヒドラミン 50mg を服用してもらった。プラセボ条件も設定し、二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験として実施した。各被験者は、最低 6 日間の休薬期間をおきながら、3 種類の全ての薬剤条件の試験全てに参加した。被験者には 3 種の認知機能課題（語流暢課題、2-back 課題、Stroop 課題）を課し、課題遂行中の主観的眠気とともに認知機能課題成績を評価した。脳ブドウ糖代謝の測定のために FDG-PET を用い（安静時および課題遂行時）、脳全体の平均代謝が一定と過程した場合の脳局所の相対的变化について薬剤間の比較を行った。NIRS を用いて前頭葉の血行動態反応を評価した。課題開始時を基準とした場合の酸素化ヘモグロビン（oxy-Hb）濃度変化量について薬剤間の比較を行った。

前頭葉のブドウ糖代謝は鎮静性抗ヒスタミン薬服用時に有意に増加した。一方、前頭葉の血行動態反応の指標である oxy-Hb 濃度は鎮静性抗ヒスタミン薬服用後に有意に低下した。課題成績について Stroop 課題の正答率は鎮静性抗ヒスタミン薬により有意に低下したが、非鎮静性抗ヒスタミン薬では低下しなかった。主観的眠気に薬剤条件間で有意な差はみられなかった。

NIRS の結果は、過去の抗ヒスタミン薬研究（対象：ヒト）の所見と矛盾しなかったが¹⁻³、PET を用いた過去の脳血流研究の結果とは完全に一致はしなかった⁴⁻⁶。加えて、本研究は、抗ヒスタミン薬の影響を脳糖代謝の観点から測定した初の研究でもあった。本来、健常人の脳内では、代謝と血流の間に生理学的カップリングが存在すると考えられていたが、抗ヒスタミン薬の服用下ではカップリングが十分に保たれていない可能性も示唆された。その機序の考察と再現性の評価が今後重要である。

【参考文献】

- [1] Tsujii T, et al. Psychopharmacology (Berl). 2007 Sep;194(1):83-91.
- [2] Tsujii T, et al. Psychopharmacology (Berl). 2009 Nov;207(1):127-32.
- [3] Tsujii T, et al. Neurosci Res. 2010 May;67(1):80-5.
- [4] Okamura N, et al. Br J Pharmacol 2000;129(1):115-23.
- [5] Mochizuki H, Hum Psychopharmacol 2002;17(8):413-8.
- [6] Tashiro M, Hum Psychopharmacol. 2008;23(2):139-50.

情報秘匿時の脳血流動態反応における主観的認知の影響 — 捜査心理学における秘匿情報検査に基づく検討 —

○新岡 陽光^{1,2} 徳田 竜也² 越智 啓太³

¹法政大学人文科学研究科 ²中央大学理工学部応用認知脳研究室 ³法政大学文学部

背景

秘匿情報検査(Concealed Information Test: CIT)は、日本で導入されているポリグラフ検査法である。CITでは、犯罪事実に関連する1つの裁決質問と、犯罪事実とは無関係な複数の非裁決質問を呈示し、回答している間の生理反応を計測する。裁決質問に対する生理反応が複数の非裁決質問と比較して異なるならば、犯人である可能性が高いと判断される。2000年代になって、CITにおけるfMRI研究も行われるようになってきた(e.g., Langleben et al., 2002)。但し、fMRIは特殊な計測環境を必要とする等、犯罪捜査の実務応用には不向きな点も多い。一方、fNIRSはそのような制約がなく実務応用に優れる点が多い一方、CITの枠組みでの研究知見が蓄積されているとは言い難い。そこで、本研究では、fNIRS計測による架空の犯罪シナリオを用いたCITデザインで検討を行い、裁決/非裁決質問回答時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ に差異が確認されるか、および、その際に主観的認知の影響が $\Delta[\text{oxyHb}]$ に表れるかを検討した。

方法

参加者 大学院生11名(男性6名,女性5名,平均年齢25.00歳,SD=2.97,22-32歳)。
計測装置 ETG-4000で4×4のプロンプを使用。サンプリングレートは10Hzで記録。
実験手続き まず、参加者は架空の傷害致死事件のシナリオを犯人になったつもりで記憶するように求められた(凶器が裁決項目)。次に

CIT課題において使用する項目(裁決項目1,非裁決項目6)について、情報の秘匿とは無関係な刺激特性による $\Delta[\text{oxyHb}]$ を統制するために、予め視覚呈示した。その後、CIT課題で、裁決質問と各非裁決質問をランダムな順で3回ずつ呈示した。1試行の流れとして、注視点が2秒呈示され、その後、質問文と画像が呈示された。20秒後、「はい」、「いいえ」の文字が左右ランダムに出現し、すべての質問に「いいえ」と回答した(情報の秘匿)。質問呈示から回答までの $\Delta[\text{oxyHb}]$ を解析対象とした。そして、各非裁決項目と裁決項目がどのくらい似ていると判断したかを7件法で尋ねた。

結果

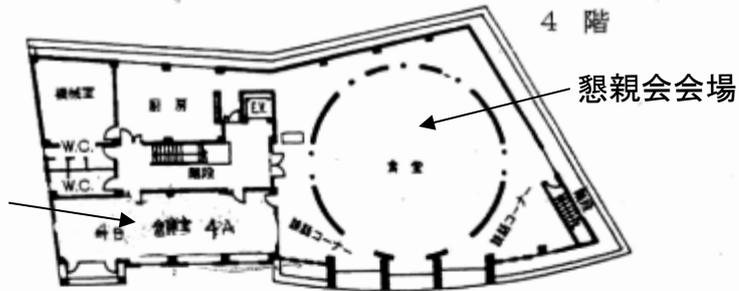
刺激呈示時間を2秒ビンで区切り、裁決質問呈示時と非裁決質問呈示時で差があるかどうかを検定した結果、刺激呈示後4-6秒、6-8秒の区間で裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ が非裁決質問呈示と比較して有意に大きいことが示された($t(10) = 2.39, p < .05; t(10) = 2.56, p < .05$)。また、非裁決質問呈示時の $\Delta[\text{oxyHb}]$ とそれぞれの非裁決項目に対する裁決項目との類似性評定値の順位相関係数 r を個人ごとに計算し、Fisher's z transformationによりZ-scoreに変換した。集団レベルで1標本t検定を行ったところ、個人ごとのZ-Scoreは0に対して有意に低かった($t(10) = -2.41, p < 0.05$)。したがって、CITにおけるfNIRSの有用性が示され、その反応の大きさは主観的な認知の影響を受けることが確認された。

第21回 日本光脳機能イメージング学会 学術集会会場 星陵会館

施設案内 (各階平面図)

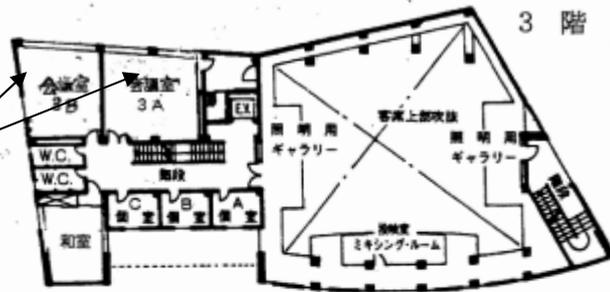
4F

ポスター会場 P3
4A,4B会議室



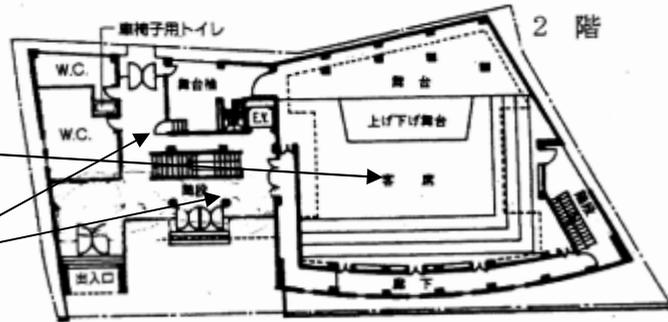
3F

ポスター会場 P1,P2
3A,3B会議室



2F

講演会場
ホール
企業展示

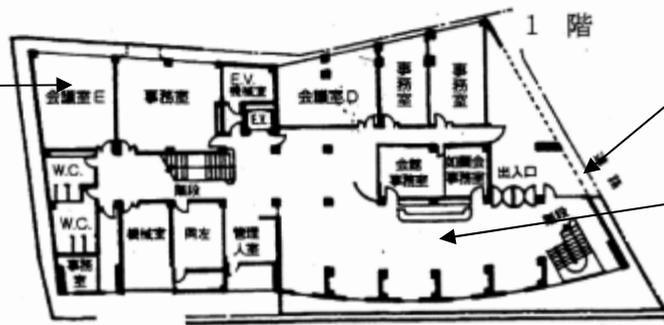


1F

控え室

入り口

受付



交通のご案内

| | | | |
|----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|
| 地下鉄有楽町線、 半蔵門線、南北線 | 地下鉄千代田線 | 地下鉄南北線 | 地下鉄銀座線、丸 の内線 |
| 永田町駅下車6番 出口 | 国会議事堂前駅 下車5番出口 | 溜池山王駅下車(国会 議事堂前駅5番出口) | 赤坂見附駅下車 |
| 徒歩3分 | 徒歩5分 | 徒歩5分 | 徒歩7分 |

※駐車場がありませんので自家用車でのご来館はご遠慮ください。

