

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K09714

研究課題名(和文) 母児相互作用の客観的評価の確立と発達の变化 母乳育児中の脳酸素代謝を指標として

研究課題名(英文) An objective assessment of maternal-infant interaction and developmental changes: using brain oxygen metabolism as an indicator during breastfeeding

研究代表者

谷本 公重 (Tanimoto, Kimie)

香川大学・医学部・教授

研究者番号：10314923

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、母児相互作用の客観的指標を確立し、母児間の愛着形成のメカニズムを解明することである。近赤外分光法による2チャンネルの携帯型近赤外光組織酸素モニタ装置を用いて、母児同時に前頭前皮質の血液循環を、「母児分離」「ケアリング」「授乳」の3つの場面の間で測定した。母児の酸素化ヘモグロビンについて、児に対して母のデータ時間を移動して相関を検討(交差相関)し、絶対値が最大となるタイムラグを検討した結果、ヒストグラムにおいて、パラメトリックな分布を示し、0～0.3の間に最大の分布を示した。また、状態別の交差相関ランクを検討した結果、ケアリング中に対して授乳中の方がより母児の相関を示す傾向がみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

次代の社会を担う育成過程にある小児の尊厳が重んぜられ、妊娠期からの切れ目ない支援と心身の健やかな生育の確保を行うために、科学的知見に基づく愛着形成の促進の強化が必要である。今回、非侵襲的に組織の酸素代謝・血液循環の変化測定ができる機器を用いて、母子の前頭皮質で同時に測定を行った。子どものデータを基準にして母親の変化を確認すると、母親は子どもから少し遅れて変化をしていた。これは、母親がわが子を感じ取り、変化させている可能性がある。また、その変化の母親と子どもの同期は、あやすなどの育児行動中より母乳による授乳中の方が強い傾向があった。母乳育児による愛着・母子相互作用の強化の可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to establish an objective index of maternal-infant interaction and to elucidate the mechanism of attachment formation between mothers and their children.

Using a two-channel portable near-infrared tissue oxygen monitor with near-infrared spectroscopy, blood circulation in the prefrontal cortex of the mother and infant simultaneously was measured during the three occasions of "Separation," "Caring," and "Breastfeeding." We examined the correlation of oxygenated hemoglobin in mothers and infants by moving the mother's data time with respect to the child (cross-correlation), and examined the time lag at which the absolute value was maximized. The histogram figure showed a parametric distribution and the largest distribution between 0 and 0.3. We also examined cross-correlation ranks by three occasions and found that there was a tendency to show more stronger correlation during breastfeeding than during caring.

研究分野：小児看護学

キーワード：愛着 母子相互作用 母乳育児 授乳 NIRS 近赤外分光法 乳児 成育

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究に関連する先行研究の動向

小児の健全な発育のために、良好な愛着・母児相互作用を確立することの意義は高く¹⁾、その母児相互作用を密にするための最も重要な育児行動は、児と母親の相互でやり取りがなされる授乳行為²⁾とされている。母乳育児を行う母親は、人工栄養を行う母親に比べ、より愛情豊かな反応を含む相互作用的行動を示す³⁾。人工栄養中の母親に比べ、母乳栄養中の母親はホルモンの影響により副交感神経の働きが増加し、ストレスレベルの低下やうつ症状が少ない事も報告されている⁴⁾。このようなことから、母乳育児は、身体接触やストレス軽減により子どものニーズを聞き分ける能力への獲得に寄与する可能性が指摘されている。近年 fMRI や近赤外分光法 (Near-Infrared Spectroscopy : NIRS) の利用により、ヒトの母親は乳幼児の表情や泣き声の提示によって前頭葉前部が賦活する^{5,6)}ことが報告されてきた。

(2) 我々の研究成果と着想に至った経緯

我々はこれまで母乳育児を推進するために施設や地域での母乳育児支援の状況・効果等を調査する一方で、客観的・科学的データを得るために授乳中のヒト母親両乳房(Ogawa K, Kusaka T, Tanimoto K, Nishida T, et al. J Hum Lact; 24(4):415-21, 2008)、乳房と前頭前皮質の賦活化の関係(Tanimoto K, Kusaka T, Nishida T, et al. Pediatr Res. 70(4): 400-5, 2011)を検討してきた。授乳中の母親の前頭前皮質では、脳の血液量の上昇を認めた。この結果は、児の吸啜刺激だけでなく、母親の情動的反応(母性)やオキシトシンによる局所脳循環への影響などが示唆された。

申請者は、母児相互作用の観点から、平成 24~26 年度科学研究費基盤 C (24591604) を得て、母児同時に前頭前皮質のヘモグロビン変化量を「母児分離」「ケアリング」「授乳」の3つの場面で測定した。その結果、乳児では、「母児分離」状態において、脳血液量の変動が大きく、不安定であり、「授乳」中はその変動が少なく安定していた。また、「ケアリング」の場面では、母親がわが子を抱っこし、主体的に児に言葉をかけたり、あやした場面で、母児相互の脳血液量の変動に同期性を示唆する所見が得られた。

大脳前頭葉の前頭前皮質は、認知・情動コントロールに深く関与しているだけでなく、これまで申請者が継続して研究対象としてきた部位であり、発達神経科学的データの蓄積があるため、本申請研究でも当該部位を対象とする。我々が得たヒト母児の同時測定による脳活性に関する生理的反応は、今まで全く発表されていなかった新しい知見である。母乳の効果や母児相互作用の生理的反応およびその発達を確認するために、本研究課題では、携帯型の NIRS 装置を 2 セット使用して、より自然な状況での母親とその児の前頭前皮質の活動性の変化を同時に測定した。そして両者の反応を把握し、産後の経過や栄養方法(母乳・人工乳)による児の変化、母親自身の変化および児と母親の同期性の視点で分析し、母児相互作用に関与する脳神経活動の変化を明らかにすることをめざした。なぜなら、「母児相互作用」を客観的に解明し、更には授乳により正常な母児関係を形成していく母親と、そうでない母親との相違が判明し、良好な愛着形成をサポートするための基礎的資料を得たいと考えたからである。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時における当初の研究目的は、NIRS を用いて、母児同時に前頭前皮質の血液循環・脳波による神経活動を「母児分離」「ケアリング」「授乳」の3つの場面で測定する。対象は早産児を含む産後直後からおおむね生後 1 年までの母乳栄養・人工栄養で育児中の母親と児。そのデータを以下のテーマで分析し、総合的に母児相互作用の客観的指標の確立とそのメカニズムの解明をめざすことであった。

3. 研究の方法

(1) 文献検討

関連する国内外の研究動向を確認するため、文献検討を行った。その結果、母親に関しては授乳中の児による吸啜刺激により、脳下垂体よりオキシトシンが放出される⁷⁾ことや、乳幼児の表情や泣き声の提示によって前頭葉前部が賦活する^{5,6)}ことがわかっている。また、3 歳児の母親と児の唾液中のオキシトシン濃度を測定した研究では、母児のオキシトシン濃度に相関を認めたと報告⁸⁾がある。母乳育児そして愛着形成・親子の絆に関する科学的知見の集積が求められている¹⁾にもかかわらず、小児の側に関する愛着形成や母子相互作用に関与する客観的データ、更には母子同時の解析による報告は乏しい。母子同時の観察という点では、アクチグラフや行動量計を用いて母子の睡眠パターン⁹⁾や休息 - 活動リズム¹⁰⁾の変化に関する報告が散見されるが、結論の一致には至っていなかった。

(2) 測定準備 (NIRS ファイバーの設定)

使用する携帯型近赤外組織酸素モニタ装置 (PocketNIRS DynaSense 製) は、医用電気機器安全通則 IEC601-1 で国際分類 Class 1 と判断された機器をよりコンパクト、ワイヤレスにした装置である。測定ユニットには、先端に投光・受光用のプローブをもつ光ファイバーを接続し、前額部にプローブ固定装置を使って設置する。光ファイバーの長さおよびプローブの間隔を乳児と母親用に設定・作成、およびコントロールユニットフィッティング装置を作成した。申請時は、

脳波測定として、Amplitude EEG を 1 誘導で使用し、対象への負担を軽減することを予定していた。

(3) NIRS・s EEG による測定

母親の希望に応じて、静かで、プライベートな空間が確保できる、外来診察室あるいは、大学研究室で測定を実施。右の概略図に示すように NIRS・aEEG のプローブ・電極を児および母親の前頭部に装着。サンプル間隔 60Hz で測定を行った。育児行動は、一般的な実験研究のように条件の統制はできない。授乳に関しても児の欲求に従い、母親が好む通常の授乳方法で測定した。抱っこや授乳開始・終了などのイベントは NIRS システム上で全てマーキングする。測定の様子は、同意を得て、ビデオ録画し、イベントの内容確認に使用した。測定場面としては、パテーションを利用して、目視的には母子、相互が確認できない状態（児は、小児用ベッドで仰臥位、母親は同室内で臥位）の「分離」、母親が自由に児の状態に応じて、話しかけたり、抱っこするなどの「ケアリング」、児の要求に応じて行う母乳による「授乳」であった。

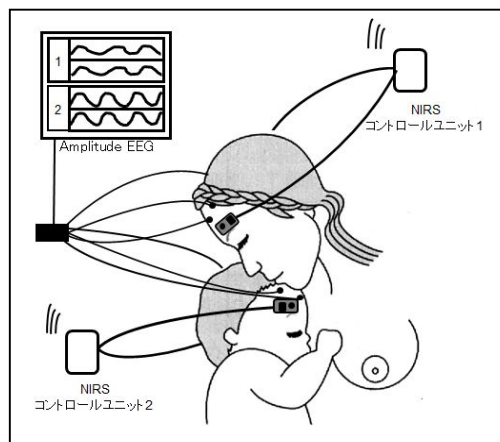


図 1 測定概略図

図：母乳育児スタンダード，医学書院 p77 より母児図を使用し、作成)

(4) データ解析

各測定器のデータは、それぞれのシステム上で保存された。そのため、個々のデータごとに、解析が必要であった。また、児も母親も体動があり、小型無線センサ特有の測定機器上の限界によりドリフトやスパイクなどのベースライン異常も多く、途中より、外注によりそれらのデータ除去・フーリエ解析を行った。また、年度途中より、アナログデータを同じタイミングで記録できる PowerLab システムを導入した。測定データは 0.01 秒ごとに取得し、エクセルへ移行し、折れ線グラフで波形にし、振幅や周期などの変化の傾向を確認するとともに、それぞれの場面において母子のデータを交差相関で確認した。これは、児の波形を基本に、その母親の波形をずらして児の波に最も近づけた時の時間を確認したものである。

4. 研究成果

(1) 関連する国内外の研究動向

上記、文献検討で既に記述した。2019 年 3 月に成立した成育基本法（略称）でも、子どもの心身の健やかな成育確保のために、科学的知見に基づく愛着形成の促進が求められている。しかし、愛着形成に関係する客観的データや母子同時に観察した科学的研究の報告は乏しいことが分かった。

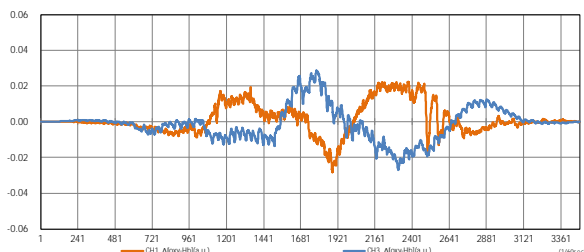
(2) 測定の結果

対象の属性

上記データ解析で記述したように、データのベースライン異常などにより、母児同時に解析対象となったのは、21 組であった。男児 13 名、女児 8 名。出生時体重は、平均 $3043 \pm 443g$ で測定時月例は 2.3 ± 1.4 か月であった。母親の年齢は平均 32.6 ± 4.8 歳。児は第 1 子が 11 名 (52.4%) であった。

測定時間データ分析可能となったデータの時間は、最小 9 分から最大 45 分で、平均 20 分であった。

母児の前頭皮質酸素化ヘモグロビン濃度変化



エクセルデータに移行した後、ExpSpectrum を用いてドリフト除去を行い、3 つの場面ごと、ケースごとに作図した。1 組の母児の図（図 2 ~ 4）を提示する。

図中の赤線は、児の右前頭皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化で、青線が母親の右前頭皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化を示す。

図 2 分離中

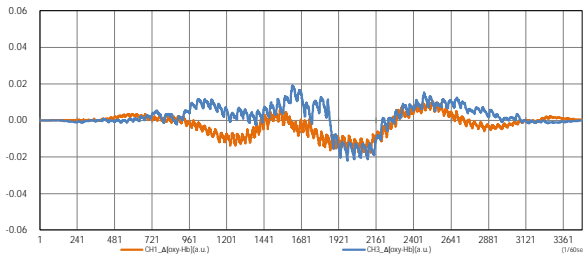


図3 ケアリング中

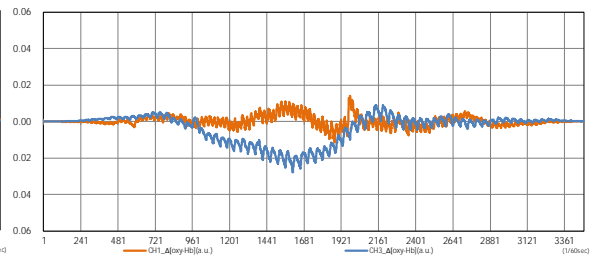


図4 授乳中

分離中に比較し、ケアリングや授乳中、特に授乳中が母児共に、前頭皮質の酸素化ヘモグロビン濃度変化が少なく、安定していた。

母児の相関

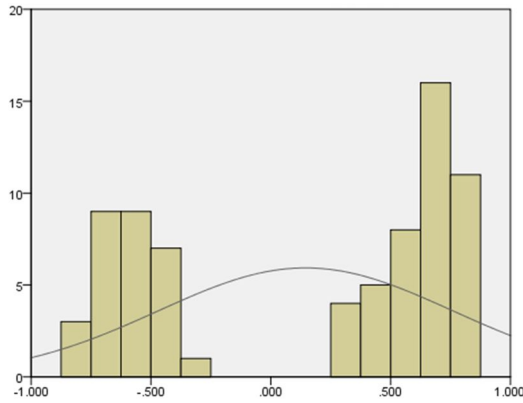


図5 絶対値が最大となる交差相関係数

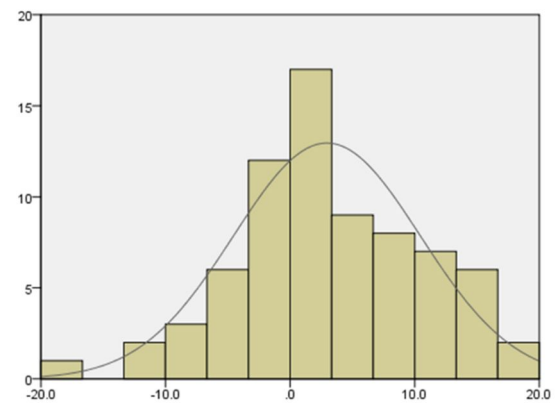


図6 交差相関係数が最大となるタイムラグ

母児間のデータで、そのまま相関を確認したが、相関の無いケースが多かった。児の波形を固定し、母親の波形をずらし、児の波形の動きに最も近づけた時の相関を確認した(図5)ところ、最も多い分布は、強い正の相関(+0.500以上)であった。つまり、児の変化が上がれば、母親の変化も上がり、反対に児の変化が下がれば、母親の変化も下がるということである。つまり、母児の動きが同調しており、母親と児が寄り添っている状態だと考えられた。

そこで、どのぐらいの時間差があるのか、交差相関係数を確認した(図6)。位相時間が2.3秒を中心とした正規分布になっていることが確認できた。これは、母親と児が、2.3秒差で反応し合っているということ。母親が児の反応を見て、自分も反応していると考えられた。

3つの状態別に交差相関を確認した。ケアリング中に比べて、授乳中で強い正の相関・負の相関がみられる母児ペアが多い傾向にあった。

NIRSは、近赤外光を用いて脳血流の変化を非侵襲的に確認できる機器である。今回、声掛けやタッチングをするのみのケアリングよりも、しっかり肌の触れ合う授乳中において、正の相関、負の相関どちらにおいても交差相関が強い傾向にあり、授乳は脳循環に強く相互作用を来しており、母乳育児による愛着・母子相互作用の強化の可能性が示された。

文献

- 1)Gartner LM, et al. American Academy of Pediatrics Section on Breastfeeding 2005. Breastfeeding and the use of human milk. Pediatrics 115(2):496-506.
- 2)Britton JR, et al. Breastfeeding, sensitivity, and attachment. Pediatrics. 2006; 118(5): e1436-43.
- 3)Lavelli M, et al. M. Early mother-infant interaction during breast- and bottle-feeding. Infant Behavior and Development. 1998; 21(4), 667-684.
- 4)Mezzacappa ES, et al. Breast-feeding is associated with reduced perceived stress and negative mood in mothers. Health Psychol. 2002; 21(2):187-193.
- 5)Nishitani S, et al. Differential prefrontal response to infant facial emotions in mothers compared with non-mothers. Neurosci Res. 2011; 70(2): 183-188.
- 6)Kim P, et al. Breastfeeding, brain activation to own infant cry, and maternal sensitivity. J Child Psychol Psychiatry. 2011; 52(8):907-915.
- 7)Lucas A, et al. Breast-feeding and Plasma Oxytocin Concentrations. Br Med J. 1980; 281(6244):834-5.
- 8)Feldman R, et al. Parental Oxytocin and Early Caregiving Jointly Shape Children's Oxytocin Response and Social Reciprocity. Neuropsychopharmacology, 2013; 38(7):1154-62.
- 9)Nishihara K, et al. Changes in Sleep Patterns of Young Women from Late Pregnancy to Postpartum: Relationships to Their Infants' Movements. Percept Mot Skills. 1998; 87(3 Pt 1):1043-56.
- 10)Thomas KA, et al. Mother-infant Circadian Rhythm: Development of Individual Patterns and Dyadic Synchrony. 2014; 90(12):885-90.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 Mayu Suzuki, Junko Saijo and Kimie Tanimoto |
| 2. 発表標題 The Effect of Kangaroo Care: A Literature Review |
| 3. 学会等名 The 7th Joint Symposium between Chiang Mai University and Kagawa University (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 TANIMOTO Kimie, KATO Ikuko, KUSAKA Takashi, TOKUCHI Nobuko |
| 2. 発表標題 Mother-infant Interaction Induces Physiological Reactions in the Brain |
| 3. 学会等名 Optimizing Healthcare quality: Teamwork in Education, Research, and Practice (国際学会) |
| 4. 発表年 2016年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 加藤育子 |
| 2. 発表標題 母児脳循環同時計測による母子相互作用の客観的評価 |
| 3. 学会等名 第16回赤ちゃん学会 |
| 4. 発表年 2015年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 日下 隆 (Kusaka Takashi) (50274288) | 香川大学・医学部・教授 (16201) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|----------------------------------|----|
| 研究分担者 | 西田 智子 (Nishida Tomoko) (00243759) | 香川大学・教育学部・教授 (16201) | |
| 研究分担者 | 加藤 育子 (Kato Ikuko) (00613720) | 香川大学・医学部附属病院・病院助教 (16201) | |
| 研究分担者 | 三木 崇範 (Miki Takanori) (30274294) | 香川大学・医学部・教授 (16201) | |
| 研究分担者 | 鈴木 智子 (Suzuki Tomiko) (60518067) | 四国大学・看護学部・准教授 (36101) | |
| 研究分担者 | 鈴木 麻友 (Suzuki Mayu) (10786528) | 香川大学・医学部・助教 (16201) | |