

ヒト乳幼児における触覚発達の神経機構：NIRS 研究 (中間報告)

長崎大学 菊野 雄一郎

Neural mechanism of tactile development in human infants: An NIRS study

Nagasaki University, KIKUNO, Yuichiro

要 約

先行研究は、心地よい触覚刺激が乳幼児の前部前頭前野を含む報酬系脳領域を活性化させることを主張した。しかし、このような触覚発達の臨界期については未だ不明である。そこで本研究では、前頭前皮質へのグルコースの取り込みが生後 10~12 ヶ月の間に増大するという先行研究を踏まえ、生後 10~12 ヶ月が触覚発達の臨界期ではないかという仮説を立てた。したがって本研究では、乳幼児に対して侵襲性の低い近赤外分光法 (Near-Infrared Spectroscopy: NIRS) を用い、心地よい触覚刺激に対する生後 3~12 ヶ月の乳幼児の前部前頭前野の反応性を計測する。中間報告となる本論文では、本研究で対象とする最小月齢である 3 ヶ月の乳児における、心地よい触覚刺激に対する前部前頭前野の活動の結果を報告する。

【キー・ワード】 触覚, 発達, 前部前頭前野, NIRS

Abstract

Previous researches have shown that pleasant touch activates reward-related cortical regions including the anterior prefrontal cortex (APFC) in infancy, but a critical period of such development is still unknown. Since it has been known that glucose uptake increases in the frontal cortices by 10-12 months, we hypothesized that 10-12 months old could be a critical period for tactile development. The current study therefore aimed to examine activation of the APFC by gentle touching of the buttocks of infants 3-12 months after birth using near-infrared spectroscopy (NIRS). In the current article as an interim report, we present the results of a preliminary study examining the APFC activation of 3 months old infants.

【Key words】 Touch, Development, Anterior Prefrontal Cortex, NIRS

はじめに

胎児は、妊娠早期（妊娠 8～9 週）から、手指を口に入れたり、顔や身体、子宮壁に触れたりしていることから、乳幼児の触覚機能の発達には視覚など他の感覚に比べて著しいと考えられている。近年では、心地よい触覚刺激を乳幼児に呈示した際、脳の報酬系（主に前部前頭前野）の強い活性化が見られることから、乳幼児には心地よい触覚を識別する能力が備わっていることが発見されている（Kida & Shinohara, 2013）。しかし、この識別能力は出生直後、既に備わっているのか、それともこのような触覚発達には臨界期があるのかは明らかではない。

先行研究は、生後 10 ヶ月過ぎでは、とりわけ、前頭前野へのグルコース取り込みが多く、12 ヶ月を過ぎると成人に似た脳構造へ発達することを主張している（Chugani, 1998; Gao et al., 2009）。したがって、心地よい触覚刺激を与えた際の生後 10 ヶ月以降の前部前頭前野の活動は、10 ヶ月未満より強くなることが考えられる。この仮説を検証するため本研究では、縦断的アプローチを用いて乳幼児の前部前頭前野の活動を計測し、心地よい触覚刺激を与えた際の乳幼児の前部前頭前野の活動が生後 10 ヶ月以降に顕著に表れるのかを検討する。本研究により、乳幼児が素材識別能力を習得するにあたって、どの発達段階が臨界期なのかを明らかにする。

上述した目的を達成するため本研究では、同一実験参加者(乳幼児)に対し、以下の研究を計画している。3つの発達段階（第一段階＝生後 3 ヶ月時、第二段階＝生後 10 ヶ月時、第三段階＝生後 12 ヶ月時）において、乳幼児に対して侵襲性の低い Near-Infrared Spectroscopy (NIRS)を用い、触覚刺激に対する前部前頭前野の反応性を計測する。各段階における前部前頭前野の活性化について発達の変化という観点から縦断的に検討し、10 ヶ月以降に顕著な前部前頭前野の活性化が見られるのかを明らかにする。なお、本論文では、本研究の第一段階である生後 3 ヶ月時のデータの予備実験結果を報告する。

方 法

実験参加者 生後 3 ヶ月の乳児 8 名（男児 7 名，女児 1 名）が実験に参加した。なお、実験に先立ち、実験参加に同意した母親の乳児のみが参加した。

触覚刺激 触覚刺激として、2種の素材が用いられた。中立触覚刺激として、先端部分が丸型の木芯棒を使用した（以下、Wood）。心地よい触覚刺激として、Velvet 生地で丸型の先端部分を覆った木芯棒（以下、Velvet）で乳児の腰部を撫でた。母親は、乳児の腰部がみえるよう、乳児の衣服をたくし上げた。

実験手順 乳児を実験環境に慣れさせるため、NIRS 計測前に 15 分ほど遊ばせた。NIRS 計測では、乳児を母親の膝の上に座らせた状態で、安静（以下、レスト）期間 30 秒，触覚刺激期間 30 秒，レスト期間 30 秒，を 1 トライアルとし、合計 6 トライアル実施した。6 トライアルのうち 3 トライ

アルでは Velvet, 残り 3 トライアルでは Wood による触覚刺激を与えた。

NIRS 計測・解析 2チャンネル型 NIRS (NIRS-200, Hamamatsu Photonics, Japan) を用いて、前部前頭前野の酸素化ヘモグロビン濃度変化量を計測した。サンプリング周波数は 6Hz であった。NIRS の送光プローブと受光プローブは国際 10-20 法に基づく FP1 と FP2 に取り付けられた。NIRS 解析では、各トライアルのレスト期間 (5 秒~30 秒) における酸素化ヘモグロビン濃度変化量の時系列データを用いてベースライン補正を行った。全トライアルのベースライン補正後、条件ごとに時系列データの平均化、Z スコア変換 (Otsuka et al., 2007; Schroeter et al., 2004) を行った。Z スコアは、レスト期間と触覚刺激期間 (5~30 秒)、それぞれの時系列データの平均値の差分をレスト期間の標準偏差で割ることにより算出された。

結果と考察

条件ごとの Z スコアの平均値と標準誤差を表 1 に示した。素材 (Velvet・Wood) と半球 (Right Hemisphere・Left Hemisphere) を参加者内要因とする 2 要因参加者内計画の分散分析を行った。全ての統計的検定において、有意水準は $p < .05$ に設定された。素材 (Velvet・Wood : 参加者内) × 半球 (Right Hemisphere・Left Hemisphere : 参加者内) の 2 要因参加者内計画での分散分析の結果、素材、半球の主効果およびこれらの交互作用は有意ではなかった (素材の主効果 : $F(1,7) < 1, p = 0.99$, 半球の主効果 : $F(1,7) < 1, p = 0.93$, 素材×半球の交互作用 : $F(1,7) < 1, p = 0.69$)。この結果は、生後 3 ヶ月の乳児の報酬系の脳活動が素材間では見られなかったことを示しており、予測通り、10 ヶ月未満の月齢では心地よい素材を識別することが困難であることがわかった。しかし、本結論は 8 名のデータに基づくものであり、十分な検出力が期待できないことが考えられることから、更なるデータの追加、再分析が必要である。

表 1 条件ごとの前部前頭前野の Z スコア平均値と標準偏差

Material	Anterior Prefrontal Cortex Hemisphere	
	Left Hemisphere	Right Hemisphere
Velvet	0.18 (0.40)	-0.07 (0.55)
Wood	-0.02 (0.55)	0.13 (0.67)

現在の進捗と今後の予定

現在、上述した予備実験の結果を受け、実験デザインの見直し、実験参加者のリクルート、実験データの追加を行っている。先述の通り、本実験は、同一実験参加者を対象とした追跡調査である。したがって、今後、月齢 3 ヶ月に加えて 10 ヶ月目、12 ヶ月目に継続的にデータを収集し、乳幼児の触覚発達について縦断的に検討する予定である。

引用文献

- Chugani, H. T. (1998). A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive Medicine, 27*, 184–188.
- Gao, W. et al. (2009). Evidence on the emergence of the brain's default network from 2-week-old to 2-year-old healthy pediatric subjects. *PNAS, 106*, 6790–6795.
- Kida, T. & Shinohara, K. (2013). Gentle touch activates the prefrontal cortex in infancy: an NIRS study. *Neuroscience Letters, 541*, 63–66.
- Otsuka, Y. et al. (2007). Neural activation to upright and inverted faces in infants measured by near infrared spectroscopy. *Neuroimage, 34*, 399–406.
- Schroeter, M. L. (2004). Towards a standard analysis for functional near-infrared imaging. *Neuroimage, 21*, 283–290.