母親声に対する新生児の呼吸の安定性と脳反応

○内田真理子¹・有光威志² (非会員)・矢田部清美³ (非会員)・池田一成² (非会員)・高橋孝雄² (非会員)・皆川泰代⁴ (非会員)

(¹日本女子大学心理学科・²慶応大学医学部小児科・³慶応大学先端研究センター・⁴慶応大学文学部)

キーワード：呼吸、皮質間機能的結合、NIRS

Control of breathing and cerebral functional connectivity while hearing maternal voice in neonates

Mariko UCHIDA-Ota¹, Takeshi ARIMITSU², Kiyomi YATABE³, Kazushige IKEDA², Takao TAKAHASHI², and Yasuyo MINAGAWA⁴

(¹Dept of Psy., Japan Women's Univ., ²Dept of Pediatrics, Keio Univ. School of Med., ³Keio Advance Research Centers, ⁴Dept of Psy., Keio Univ.)

Key Words: respiration, functional connectivity, near-infrared spectroscopy

目 的

新生児に母親の声を聴かせると、前頭極を含む脳機能ネットワークが活性化することが分かっている (Uchida-Ota et al.). 前頭極は扁桃体と神経連絡があり、情動に関与する皮質領域である。ところで扁桃体は、情動を喚起する感覚刺激によって呼吸リズムが変化することにも関係している (Masaoka & Homma, 2000)。本研究では、新生児の前頭極を賦活させる母親の声が、新生児の呼吸にどのように影響するかを確認し、音声刺激と呼吸の状態に応じて応答性を示す脳機能ネットワークについて調べる。

方 法

研究対象者として、生後3~7日の正期産児14名(男8名、女6名)が計測に参加した。出生時体重は平均3047g (2362-3533g)、在胎週数は平均39.3週 (37-40週)、計測時の修正週数は平均39.9週 (38-41週)だった。なお、計測は慶応大学病院の倫理審査委員会より承認を得た後、新生児の保護者からインフォームド・コンセントを得て実施された。

計測指標として、横隔膜の呼吸運動は、呼吸センサベルト (Perfect Fit, Dymedix) により生体アンプ (Polymate AP1132, TEAC) を介して計測された。局部皮質血液ヘモグロビン濃度変化の信号 (oxy-Hb) は、多チャンネル光脳機能マッピング装置 (ETG4000, 日立メディコ) によって前頭部と左右側頭部の46チャンネルから計測された。

計測中の刺激として、新生児には、母親の音声(母声)と知らない女性の声(未知声)の2種類の音声刺激をランダムな順序で10分ほど聴かせた。いずれの音声刺激も67dB程度の音圧で提示した。各音声は15秒間提示され、10秒の無音区間を挟んで次の音声に切り替わった。

データ解析では、呼吸運動とoxy-Hbの各時系列を50秒長(500 points)に区切り、セグメント単位の解析を行った。体動アーチファクトが混入したセグメントは除外し、母声が提示されるセグメントと、未知声が提示されるセグメントについて、呼吸運動や皮質活動の様子を比較した。具体的には、呼吸運動の安定性をエントロピー指標から評価し、呼吸の周期(Hz)をパワースペクトル密度関数に基づいてもとめた。また、皮質領域間(チャンネル間)の機能的結合の強さを位相同期性指標PLV (Lochaux et al., 1999; Taga et al., 2011) から評価した。PLVは、絶対値が1に近づくほどチャンネル間の機能的結合が強いことを意味し、0に近づくほど弱いことを意味する。刺激条件によって、さらには呼吸の安定性によって、機能的結合の強さに違いが現れるチャンネルペアを特定するために、チャンネルペア毎に刺激条件×呼吸安定性の2要因分散分析を行った。

結 果

呼吸の速さ(周期)については、未知声刺激で平均0.48 Hz

だったのに対し、母声刺激では0.25 Hzと遅くなった ($p < .005$)。呼吸の安定性については、未知声刺激と母声刺激で差はなかった。次に、皮質領域間の機能的結合が、刺激条件や呼吸安定性によって変化するかどうかを確かめるため、安定的呼吸を保つセグメントと不規則呼吸を示すセグメントをエントロピー基準で区別し、分散分析を行った。その結果、刺激条件と呼吸安定性の各主効果が現れたネットワークとは別に、交互作用を認めるネットワークが特定された ($p < .005$)。単純主効果を確認したところ、母声刺激中の呼吸が安定的であるほど、特に右前頭極と左中心前回・左中側頭回の機能的結合が強くなった ($p < .010$)。一方で、未知声刺激中に対しては逆に、呼吸が不規則なときほど同ネットワークの機能的結合が強くなるようすを見せた ($p < .005$)。

図1. (A)刺激音声と呼吸安定性の2要因の組み合わせによって特異的な反応を示した右前頭極—左側頭極&左中心前回のネットワーク。(B)2要因の組み合わせ別にみた結合強度の差 (* $p < .01$)。丸印は逸脱データを表す。略称についてはFP, frontal pole; PrCG, precentral gyrus; MTG, middle temporal gyrus を意味する。

考 察

呼吸の速さが刺激に応じて変化したことから、母声と未知声に対する新生児の前頭極の応答の違いが呼吸運動制御に影響したと考えられる。母声を安定した呼吸状態で聴く時と未知声を不規則な呼吸状態で聴く時のどちらの状況でも、前頭極—中側頭回・中心前回のネットワークを必要としているようだが、その理由については、今後分析を深めて解明したい。

引用文献

- Uchida-Ota M, Arimitsu T, Tsuzuki D, Dan I, Ikeda K, Takahashi T, Minagawa Y. (in preparation).
- Masaoka Y, Homma I. (2000). *Neuroscience Letters*, **283**(1):21-24.
- Lachaux JP, Rodriguez E, Martinerie J, Varela FJ. (1999). *Hum Brain Mapp*, **8**:194-208.
- Taga G, Watanabe H, Homae F. (2011). *Phil. Trans. R. Soc. A* **369**:4495-4511.