呼吸統制下における視覚誘発脳磁界と心電図の同時計測

○徳留 規裕、志村 悠、豊田 雄基、小山 裕徳、川澄 正史

(東京電機大学大学院未来科学研究科)

青山 敦(慶應義塾大学環境情報学部)

大無田 孝夫(鈴鹿医療科学大学医用工学部)

野本 洋平(新潟県立大学国際地域学部)

Simultaneous Measurement of Visual Evoked Magnetic Fields and Electrocardiograph under the Control of Respiration

Norihiro TOKUDOME, Yu SHIMURA, Yuki TOYODA, Hironori KOYAMA, Masashi KAWASUMI

(Tokyo Denki University, Graduate School of Science and Technology for Future Life),

Atsushi AOYAMA (Keio University, Faculty of Environment and Information Studies),

Takao OHMUTA (Suzuka University of Medical Science, Faculty of Medical Engineering),

Yohei NOMOTO

(University of Niigata Prefecture, Faculty of International Studies and Regional Deveopment)

1. はじめに

近年、リラックス効果が商品開発やメンタルヘルス等に応用され注目を集めている¹⁾。古くから、心拍変動がリラックスの指標として用いられてきたが、脳活動計測によるリラックスの指標は確立されていない。

先行研究では、リラックス状態が聴覚の感覚ゲーティング機構に反映されることが示唆されている²⁾。感覚ゲーティング機構とは、感覚情報が感覚野に入力される前に、視床において刺激の重要度に合わせて、反応調節を行う機構である。精神疾患患者ではこの調節が正常に機能しない事が報告されており³⁾、情動との関連が示唆されている。この機構は、主に聴覚で研究されてきたが、視覚でも存在することが知られている。

本研究では、視覚における感覚ゲーティング機構に着目する。リラックス状態における脳活動を検討するために、呼吸統制によってリラックス状態を制御し、視覚誘発脳磁界と心電図の同時計測を行った。

2. 実験方法

脳磁界計測にはNeuromag社製脳磁界計測装置(MEG: Magnetoencephalography)を用い、心電計測には日本光電社製マルチチャンネルアンプを用いた。被験者は健康な20代学生男女5名とした。

呼吸統制を誘導するために、正弦関数に従って音高が滑らかに変化する純音を使用し、吸って吐き終わるまでの呼吸周期が3.3s、4s、5sとなる、

3条件で実験を行った。視覚刺激については、1.3m前方のスクリーン中央に8.33ms(1/120s)表示される19cm四方の白色正方形(閃光刺激)を用い、500ms間隔で3連続呈示した(視野角8.2度)。図1に示すようにこれを1setとし、呼吸統制下において2000~3000msの間隔で30set呈示した。閃光刺激呈示開始の前には、呼吸統制のトレーニングを60s行った。60sのトレーニング区間と30setの閃光刺激区間を合わせて1blockとした。1blockごとに統制条件を変え合計9blockの実験を行った。

呼吸統制条件との比較を行うため、音による呼吸統制の誘導がない90setの自然呼吸条件を呼吸統制条件の前後に設けて計測を行った。

図1 3連続の閃光刺激

3. 解析方法

500ms間隔で閃光刺激を連続2呈示する予備実験を実施した結果、後頭葉視覚野において、第1刺激と比較し、第2刺激で視覚誘発脳磁界の最初の成分(刺激呈示後75ms付近の成分)に減衰が見られた。本研究では、この成分に対して最小ノルム推定(MNE: Minimum norm estimation)による脳活動源推定を行い、一次視覚野の活動強度について、各呼吸統制条件で比較した。活動源推定は、事前に撮影した核磁気共鳴画像(MRI: Magnetic

resonance imaging)にMEGデータをマッピングして行った。また、75ms成分の極性の判定を行うために、ダイポール推定による確認を行った。

心電図については、心拍間隔(R-R interval)より求めた心拍変動図に対して、周波数解析を行い、呼吸性の成分を含む0.15~0.5Hzの副交感神経活動(HF成分)を用いて、呼吸統制によるリラックス状態の3段階の推定を行った。

4. 結果

自然呼吸条件でも呼吸統制条件でも、視覚野における75ms付近にピークが確認された。また、第1刺激と比較し、第2刺激に対するピークに減衰が確認された。図2(a-d)は呼吸統制条件時において、第1刺激に対するピーク時の脳磁界分布と振幅波形を示した図である。3.3s条件時の振幅が最小となったことがわかる。心電図についても、呼吸周期に対応したHF成分が確認された(3.3s条件: 0.3Hz付近、4s条件: 0.25Hz付近、5s条件: 0.2Hz付近)。

5. 考察

心電図において、呼吸周期を反映したHF成分が確認されたことから、本実験においては呼吸統制が適正に行われていたと考えられる。

視覚誘発脳磁界に関して、視覚野の75ms付近における成分の減衰は予備実験の結果と適合していた。また、その際の潜時から、減衰が確認された成分は、閃光刺激に対して75ms付近に出現するN75m成分であると考えられる⁴⁾。したがって、先行研究で多く報告のある聴覚だけでなく、視覚に対しても感覚ゲーティング機構が機能することが示され、N75m成分に反映されることが分かった。また呼吸統制条件における周期毎の第1刺激に対するN75m成分から、呼吸統制による自律神経機能の変化が、一次視覚野の最初の反応に影響を与えることが分かった。特に呼吸周期が長い4s条件と5s条件では、リラックス効果が高く、視床から一次視覚野への入力が多かったのに対して、3.3s条件では、リラックス効果が相対的に低く、視床から一次視覚野への入力が少なくなった可能性が示唆された。したがって、聴覚の場合と同様に、視覚においても、感覚ゲーティング機構を介してリラックス効果が反映されることが示唆された。

6. おわりに

リラックス状態における脳活動を検討するため、呼吸統制によってリラックス状態を制御し、脳磁界と心電図を同時計測した。その結果、一次視覚野の最初の反応にリラックス効果が反映される可能性が示唆された。今後は、被験者を増やして一般性を検証すると共に、心拍変動と脳磁界の相関関係の検討を行う。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、数々のご助言を賜りました東京医療保健大学の矢野哲也博士、本学アクセシブルテクノロジー研究室の皆様へ深く感謝致します。

参考文献

- 1) 宮崎 良文他: “化学と教育”, 社団法人日本化学会, Vol. 59, No. 8, pp. 406-409, 2011
- 2) 志村 悠他: “リラックス状態のコントロール下における聴覚誘発脳磁界と心電図の同時計測”, 生体磁気学会大会論文集, Vol. 26, No. 1, pp. 184, 2013.
- 3) 岡本 泰昌他: “ストレスの適応破綻の脳内メカニズム: fMRIとMEGを用いた脳機能画像解析”, 心身医学, Vol. 44, No. 3, pp. 185-192, 2012.
- 4) 宮田 洋他: “新生理心理学1巻 生理心理学の基礎”, 北大路出版, pp. 114-117, 1998.

図2 第1閃光刺激に対するN75m成分