鏡映描写課題遂行時の自律神経系指標と主観的メンタルワークロード

○倉岡 宏幸（九州工業大学大学院生命体工学研究科・産業医科大学産業保健学部）

和田 親宗（九州工業大学大学院生命体工学研究科）

三宅 晋司（産業医科大学産業保健学部）

Autonomic nervous system indices and subjective mental workload during mirror tracing task

Hiroyuki KURAOKA (Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, School of Health Sciences, University of Occupational and Environmental Health, Japan),

Chikamune WADA (Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology), Shinji MIYAKE (School of Health Sciences, University of Occupational and

Environmental Health, Japan)

1. はじめに

精神課題遂行時における心臓血管系反応パターンについて、Laceyの環境拒否（sensory rejection/環境取入れ（sensory intake）モデル¹⁾では、刺激や作業の種類によって、異なる反応パターンが存在することが提唱されている。例えば、外部の出来事を積極的に無視するようなsensory rejection作業（暗算作業や反応時間課題など）遂行時には、心臓優位反応パターンとして、心拍（HR）の上昇（パターン1型）が生じる。一方、外部の刺激に対して持続的な注意を要するsensory intake作業（鏡映描写、埋め込み図形作業）遂行時では、末梢血管の収縮に伴った血圧上昇やHR減少（パターン2型反応）といった血管優位反応パターンが現れる。しかし、これらの反応を誘発するような課題でも、被験者の作業の取り組み方の違いによって、全く逆の反応パターンを示す例がある。我々の先行研究では、パターン2型反応を誘発するsensory intake作業として、鏡映描写（Mirror Tracing：MT）作業を遂行させたとき、タイムプレッシャーを与えるような教示を強調することで、HRを上昇させるパターン1型反応が生じることが示唆された²⁾。別の研究では、MT作業遂行時において、「できるだけ正確に、決して急がずに」または「できるだけ正確かつ早く」と異なる教示を行ったが、HR及び心拍変動性指標について、教示の影響は見られなかった³⁾。これは、「急がずに」と教示しても、逆に早く作業を進めるといった、教示を無視した被験者がいたことが考えられたが、MT作業自体の難易度が高いため、教示に注意しながら作業を遂行できなかったことも考えられる。以上のことから、教示による作業の取り組み方のコントロールが、逆に

パターン1型/2型反応をうまく誘発出来なかった可能性がある。そこで本研究では、先行研究³⁾で得たMT遂行時のデータについて、教示条件（「できるだけ正確に、決して急がずに」または「できるだけ正確かつ早く」）とHRの変化で分類し、鏡映描写課題遂行時の教示内容の違いによる自律神経系指標及び主観的メンタルワークロードの影響について再検討した。

2. 方法

実験手順

実験被験者は、インフォームド・コンセントを得た健常な男子大学生・大学院生24名（23.7 ± 1.2歳）である。実験は、安静5分間（PRE）、MT作業5分間を1セットとして、教示を変えて、計2セット実施した。MT作業では、被験者にPC画面上に呈示された複雑な屈曲路を、操作性を転換させたマウスで辿らせた。作業条件は、「できる限り早く：QUICK条件」と「決して急がず：SLOW条件」の異なる教示を行った2条件とし、条件の順序は被験者間でランダム化した。

生理計測、主観評価

生理計測では、CM₅導出による心電図、胸郭伸展法による呼吸、左手橈骨動脈から導出されたトノメトリ法による連続血圧、左手第二指より光電式容積脈波、鼻尖よりレーザ血流計による皮膚組織血液量および血流量、右手小指球と前腕部間の皮膚電位水準、近赤外線スペクトル法による左右前額部脳血行動態を測定した。

心電図波形からR-R間隔及び心拍数（HR）を算出し、心拍変動性（Heart Rate Variability：HRV）スペクトル解析により、HF成分とLF成分（Low Frequency component：LF）を抽出した後、

LF/HFを得た。血圧測定では、収縮期血圧及び拡張期血圧を算出した。

メンタルワークロードの評価では、NASA-Task Load Index (NASA-TLX) を使用した。6つの下位尺度 (精神的要求: MD, 身体的要求: PD, 時間的切迫感: TD, 作業達成度: OP, 努力: EF, 不満: FR) および重み付けワークロードスコア (Weighted Workload Score: WWL) を算出した。

解析方法

各作業条件における直前の安静のHRの変化により、HR減少群とHR増加群の2群に分け、それぞれの指標について、MT遂行時における安静時からの変化率を算出した。被験者の内訳は、心電図のアーチファクトにより、RRI検出が不可能であった2名分のデータを解析から除外し、SLOW条件 (HR減少: n=12, HR増加: n=10), QUICK条件 (HR減少: n=7, HR増加: n=15) となった。統計検定は、作業条件 (2) × 心拍増加/減少 (2) の2要因分散分析を実施し、条件間と群間の主効果および交互作用について検討した。

3. 結果・考察

自律神経系指標について、条件間および群間の主効果は認められなかった。各作業条件と直前の安静値の比較では、両方の条件およびHR変化の両群において、脈波振幅がPREと比べて有意に小さく、収縮期血圧はPREよりも有意に高いことが認められた (図1)。主観評価では、TLXのWWL得点において、条件の主効果および交互作用は認められなかった。下位尺度のTDについては、QUICK条件において、HR増加群に比べて、HR減少群で有意に高い値が得られた。また、両群において、SLOW条件よりもQUICK条件において、有意に高いことが認められた。EFは、QUICK条件において、HR減少群よりもHR増加群において、有意に高いことが認められた (図2)。

今回の実験では、異なる教示を行ったときのMT作業中におけるHR反応とその他の自律神経系指標の間に有意な関連は得られなかった。脈波と血圧指標の結果から、教示の内容に関係なく、作業自体が作業者のストレスとなったことが示唆された。そのため、パターン2型反応を誘発する課題の教示では、セルフペースで作業を行うように強調するとともに、鏡映描写課題においては、絶対に経路から逸脱しないように慎重に作業を進めること

を強調することが必要である。一方、作業者が作業に没頭したときなど、時間経過とともに教示を無意識に注意しなくなる可能性も推察された。

図1 各教示のHR変化における脈波振幅 (上), 収縮期血圧 (下) の変化

図2 各教示の心拍変化におけるTD (上), EF (下) の変化

参考文献

- 1) Lacey, J. I., Lacey, B. C.: Somatopsychic effects of interoception, Research in the Psychobiology of Human Behavior, pp.59-73, John Hopkins University Press, Baltimore, 1978
- 2) 佐藤望, 三宅晋司: “閉経が精神作業時の新血管系反応に及ぼす影響”, 生理人類学, Vol.10, No. 4, pp.177-184, 2005.
- 3) 倉岡宏幸, 和田他: “同一精神課題に対する教示内容の違いによる生体反応の差異”, 人間工学, Vol. 52, pp. 324-325, 2016