暗算作業に伴う疲労が生体指標に与える影響

○山田 晋平¹, 三宅 晋司¹

¹産業医科大学産業保健学部第2環境管理学講座

Effects of Fatigue Induced by Mental Arithmetic Task on Physiological Parameters

Shimpei Yamada¹, Shinji Miyake¹

¹Department of Environmental Management II, School of Health Sciences, University of Occupational & Environmental Health

1. 目的

暗算作業に伴う疲労が生体指標にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

被験者は19～22歳の健康な男子大学生である。暗算作業を10分間6試行行わせ、試行間にフリッカー値、音声、ビジュアルアナログスケール(VAS)による疲労の評価、自覚症しらべ、疲労に関するアンケートの測定を行い、全試行終了後にNASA-TLXを評価させた。また前後(PRE, POST)に5分間の安静を設け、作業中(MATH1～6)及び作業前後の安静時を通して、心電図、指尖容積脈波(PTG: Photoelectric Plethysmogram)、皮膚電導水準、鼻尖部皮膚組織血液量(TBV: Tissue Blood Volume)、呼吸の記録を行った。

暗算作業は、パソコンの画面上に提示される5段階の難易度に分けられる足し算と引き算からなる。最初は中程度の難易度の問題が提示され、正しい解答であれば難易度が上がり、誤った解答ならば難易度が下がるように設定されている。問題と解答を同時に提示し、問題に対し解答が正しければ左クリックを、間違っていれば右クリックをさせ、できるだけ正確かつ素早く解答するように教示した。作業成績は、1試行10分間での回答数と正答率を用いた。尚、本研究では上述の主観指標、暗算作業、主観的ワークロード評価を統合したプログラムセットSIMPLEを用いた¹⁾。音声は、「あいいうえお」と1文字1秒程度発声させ、パソコンを用いて録音し、眠気や疲労と関連があると言われていたリアプノフ指数を算出した²⁾。PTGは、校正脈波計を用いて計測した。本稿では脈波の拍動波成分の振幅(計測波形から基線変動成分を除去した波形の振幅の標準偏差値)を指標として用いた。TBVは、レーザー血流計を用い、鼻尖部より測定した。測定データは、被験者ごとに標準得点化を行った上で、暗算作業に伴う疲労の訴えの推移

と各種生体指標の変化について8つのブロック(8水準: PRE, MATH1～6, POST)で、暗算作業の成績については6ブロック(6水準: MATH1～6)で、1元配置分散分析を行い、有意な主効果が認められたものは、その後の検定(Bonferroni)を行った。またブロック間の主効果があった指標間の相関を検討した。本稿では、フリッカー値、音声(リアプノフ指数)、VASによる疲労の評価、自覚症しらべ、暗算作業の成績(回答数、正答率)、PTG、TBVを報告する。

3. 結果

各指標のブロック毎の標準得点の平均値、標準誤差を示す(図1～7)。フリッカー値(図1)は、ブロック間の主効果に有意傾向が見られた($F=2.65$, $p=0.09$)。主観指標であるVASによる疲労評価(図3)や自覚症しらべ(図4)においては、ブロック間の主効果が認められ(VAS: $F=61.1$, $p<0.001$, I群: $F=50.4$, $p<0.001$, II群: $F=13.9$, $p<0.001$, III群: $F=24.4$, $p<0.001$, IV群: $F=24.6$, $p<0.001$, V群: $F=21.8$, $p<0.001$)、その後の検定で複数のブロック間に有意差があった。暗算作業の成績では、10分間での回答数においてブロック間の主効果が確認され($F=9.634$, $p<0.001$)、MATH1とそれ以外との間に有意差が認められた(図5)。生体指標であるPTG(図6)とTBV(図7)は、ブロック間で主効果が認められ(PTG: $F=13.9$, $p<0.001$, TBV: $F=5.26$, $p<0.05$)、その後の検定では複数のブロック間に有意差が確認された。音声(リアプノフ指数)(図2)と正答率は、作業の進行に伴う一定の変化を示さず、ブロック間の主効果も認められなかった。生体指標であるPTG、TBVと主観指標であるVASによる疲労の疲労評価、自覚症しらべとの間に相関が認められた(表1)。

4. 考察

暗算作業の成績においては、10分間での回答数がMATH1に比べ、それ以外で上昇したのは、習熟の効果と考えられる。また正答率に

図1 フリッカー値の標準化得点 (n=7, *: p<0.05)

図2 音声のリアプノフ指数の標準化得点 (n=9, n.s.)

図3 VASによる疲労評価の標準化得点 (n=9, ブロック間の有意差は本文参照)

図4 自覚症しらべの標準化得点 (n=9, ブロック間の有意差は本文参照)

図5 暗算作業の10分間の回答数の標準化得点 (n=8, 楕円内のブロック間に有意差なし)

図6 PTGの振幅の標準化得点 (n=7, ブロック間の有意差は本文参照)

表1 PTG と TBV との間に相関が認められた指標 (*: p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001)

	自覚症しらべ				
VASによる疲労評価	I群	II群	III群	IV群	V群
PTG	-0.665 ***	-0.580 ***	-0.449 ***	-0.546 ***	-0.603 ***
TBV	-0.541 ***	-0.416 ***	-0.405 **	-0.410 **	-0.400 **

図7 TBVの標準化得点 (n=7, *: p<0.05)

有意な変化は認められず、疲労に伴う作業成績の低下が表れなかった。しかしフリッカー値が低下し、主観的疲労の訴えも増加していることから、暗算作業に伴い疲労が発生したと考えられる。音声のリアプノフ指数は、被験者間及び被験者内でばらつきが大きく、作業に伴う上昇は認められなかった。PTGの振幅及びTBVは、末梢血管の収縮の程度を示し、交感神経系の賦活に伴い低下することが知られている³⁾。従ってこの結果は交感神経活動の亢進を示唆しているが、これが疲労によるものか作業負荷によるものか、あるいはその両方によるものなのかは明確ではない。

今後、副交感神経系の指標である心拍変動のHF成分等その他の測定項目の解析、被験者

数の増加、音声の取得・解析手法の検討を行い、暗算作業に伴う疲労が生体指標にどのような作用しているかを主観的疲労感や作業成績等との関連も踏まえ、検討を行う予定である。

6. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、ボイス研究所の谷本広志氏および索英海氏より支援をいただきましたことを深謝いたします。

7. 参考文献

- 1) 三宅晋司：S.I.M.P.L.E.について；日本人間工学会第43回大会抄録集, 332-333, 2002
- 2) Shiomi Kakuichi: A Trial Fatigue of Drowse Detection from Human Voice; 45th Annual ATCA Conference, 2000
- 3) 山崎勝男：精神生理学的手法による自律神経機能検査－容積脈波と皮膚電位反応を指標として－；ヒューマンサイエンス, 4(2), 14-26, 1991