複数の反復作業の実施順序が身体負担に与える影響

○矢治 美穂, 平内 和樹 (首都大学東京大学院 システムデザイン研究科)

倉元 昭季, 瀬尾 明彦 (首都大学東京 システムデザイン学部)

Effect of sequential manual multiple tasks with repetitive motion of physical workload

Miho YAJI, Kazuki HIRANAI (Graduate school of Systems Design, Tokyo Metropolitan University)

Akisue KURAMOTO, Akihiko SEO (Faculty of Systems Design, Tokyo Metropolitan University)

1. はじめに

セル生産や多能工化など一人の作業者が複数の作業に携わる機会是一般になっている。連続して実施される複数作業の負担評価を行うことは、負担の少ない環境づくりの助けになると考えられる。先行研究より、組み合わせ作業と単一作業を行う場合とでは負担が異なることや、複数作業評価に対応した手法として改訂版NIOSH荷物取扱い評価式(Revised NIOSH lifting equation, RNLE)の拡張案のSLIやVLIが提案されているが、複数の負荷の異なる作業の順序効果が身体負担の低減に与える影響の研究は十分でない。さらに、昨今の人手による作業は低負荷で高反復な作業が多いが、反復動作を考慮した複数作業の実施順序の効果を検討した研究は少ない。そこで本研究では負荷の異なる複数の反復作業の実施順序による身体負担への影響を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1 実験方法

被験者は男子学生7名とし、年齢、身長、体重の平均と標準偏差はそれぞれ 23.3 ± 1.0 歳、 170.5 ± 2.6 cm、 63.3 ± 5.5 kgであった。

本研究では右手での軽量物(重さ約8 g, 直径35 mmの木製球)取り置き作業を一定時間繰り返した。作業は上肢と腰部の負荷が異なる図1に示す3種類の作業(作業a, 作業b, 作業c)とし、1条件の中で各作業を1回ずつ60秒間実施した。作業aは、被験者の正中線から10 cm左側に位置する箱から軽量物を取り、被験者の正中線から30 cm右の位置する箱に移動させる作業、作業bは、被験者前方の上肢長の位置にある箱から軽量物を取り、前腕長に位置する箱に移動させる作業、作業cは、被験者の目線高に位置する箱から軽量物を取り、腰高に位置する箱に移動させる作業である。

実験条件は、上記の3作業を組み合わせた計6条件(abc, acb, bac, bca, cab, cba)である。

(1) 作業a (2) 作業b (3) 作業c

図1 作業イメージ

2.2 測定項目

筋電図は、右上肢の三角筋前部・中部、僧帽筋上部、上腕二頭筋、腕橈骨筋、尺側手根伸筋の6箇所、腰部の脊柱起立筋左右の2箇所を測定し、それぞれ最大随意筋収縮(MVC)時の実効値の相対値(%MVC)を求めた。姿勢計測には磁気式3次元位置測定装置(trakSTAR, Ascension社製)を用い、上肢と腰部の関節角からトルク比の推定値を求めた。主観評価は1作業につき、開始時、開始20秒、開始40秒、終了時の計4回、上肢の負担感および腰部の負担感をBorg CR10で記録した。1条件に3作業が含まれるので、計12回記録した。

3. 結果・考察

図2に各作業における%MVC値の平均値を示す。%MVC値より作業aは上肢も腰部も負担が小さい作業、作業bは上肢の負担は全体としては中程度の負担だが、腰部は負担が大きい作業、作業cは上肢のみ負担の大きい作業といえる。従って、身体への負担が異なる作業が想定通り与えられていたことが確認できた。作業中の筋電図の変化を確認するため、三角筋前部および脊柱起立筋左の20秒ごとの平均値の推移を図3に示す。筋にとって負荷の高い作業時は、時間経過とともに初めの区間より値が増加した。一般に負担が増加するとそれを回避するために値が減少することがあるが、本実験の筋電図計測からはその傾向は見られなかった。

筋電図同様、20秒ごとの右肩関節と腰部のトルク比の平均値の推移を図4に示す。右肩関節のトルク比は作業aのときに低く、ほか二つの作業ではaより少し値が高いが、時間経過による違いは小さい。腰部のトルク比は、特に作業bのときに値が他より高く、前傾姿勢で作業を行ったことがわかる。また、全体的に平均値は後の区間で増加したため、体幹の傾きは時間とともに変化した。

図5に作業中の主観評価の結果を示す。上肢についての負担感は、一部を除き途中で減少することなく時間経過とともに増加した。作業2の作業開始時の値は $cba > cab > bca > bac > abc > acb$ となった。条件cbaおよびcabは、前の作業である作業c終了時の点数が高く、疲労が他の条件よりも残存したまま作業したと考えられる。作業3でも作業開始時の値について前作業の影響を受けていると考えられる作業があった。腰部については、負担の大きい作業bのとき時間経過とともに点数が増加した。作業2、作業3の区間では上肢同様、前の作業の点数が高いため、負担感が残存したまま作業したと考えられる。

◆abc ◆acb ◆bac
◆bca ◆cab ◆cba

(1) 三角筋前部

(1) 右肩関節

(1) 上肢

(2) 脊柱起立筋左

(2) 腰部

(2) 腰部

図3 筋電図の平均値の推移

図4 トルク比の平均値の推移

図5 負担感の平均値の推移

前：初めの20秒間の平均，中：中間の20秒間の平均，後：終わりの20秒間の平均

4. 結論

本研究では、負荷の異なる複数の反復作業を行う際の作業実施順による身体負担の違いを検討した。今回は3種類の作業を実施順番を変えて行い、作業中の上肢および腰部について身体的負担および主観的な負担感を測定した。その結果、どの測定項目に関しても時間経過による値の増加がみられ、作業の反復による負担が徐々に大きくなることが確認できた。作業順序の効果については、筋電図とトルク比の結果からはっきりとみられなかったのに対し、主観評価では前作業の負担が高い場合次の作業にその影響が残ること、軽負荷作業の位置が全体の負担感に影響を与えることが明らかとなった。

図2 各作業の平均値