心拍 R-R 間隔を用いた簡便な作業負担評価法の試み

○ 高橋雄三、神代雅晴、飯田憲一*、近藤雄二**

産業医科大学 産業生態科学研究所 人間工学研究室

* ; 北海道工業試験場

** ; 天理大学 健康管理学

Trial of Work Load Evaluation System using Heart Beat R-R Intervals

Yuzo TAKAHASHI, Masaharu KUMASHIRO, Kenichi IIDA*, and Yuji KONDO**

Department of Ergonomics, University of Occupational and Environmental Health, JAPAN

* ; Hokkaido Industrial Research Institute, JAPAN

** ; Tenri University, JAPAN

1. はじめに

現場で簡便に作業負担を評価する指標の一つとして心拍数の変化を用いることが多い。しかし心拍数は基準となる個人差の影響が大きいことや心拍数の上昇や下降だけでは短期的な作業の変化をとらえにくいという側面がある。従って作業負担の相対的な評価に心拍数を用いる際、考慮すべき点が多い。

本研究では現場対応型の作業負担評価法の試みとして重筋作業、選別作業などに従事している作業者の心拍 R-R 間隔を測定し、R-R 間隔の変動を示す指標の作業毎の作業負担の相対的な比較への適用可能性について検討した。

2. 方法

業態の異なる 2 つの工場でおこなわれている 7 種の作業に従事している作業者の心拍 R-R 間隔のデータを対象とした。

2.1. 被験者

作業に従事する上で特に障害となる心臓血管系の疾患を持たない作業者 12 人（内訳 ; 男性 5 人 : 43 ~ 59 歳、女性 7 人 43 ~ 56 歳）。

2.2. 心拍数の測定

(1) 装置 : 64K バイト心拍メモリ装置（竹井機器工業株式会社, T.K.K.6001）、ハートレートアナライザー II（竹井機器工業株式会社 T.K.K.6001）

(2) 測定方法

電極を CM5 位置に貼付し心拍 R-R 間隔を計測

2.3. 作業観察

7 種の作業の内 5 種の作業については R-R 間隔の測定と同時に 30 秒間隔のワークサンプリングをおこなった。また残り

のデータについては事前におこなったワークサンプリングのデータから、分析対象時間帯に従事していた作業を推定した。作業内容と R-R 間隔との同期誤差は ± 1 分以下になるように測定した。

2.4. 解析対象

全ての作業観察データを検討した結果、本研究で解析の対象としたデータは各作業者とも主作業が定常状態にあると判断された 10:30 ~ 11:30 の 1 時間とした。内訳は工場 A では 6 作業 9 人、工場 B では 3 作業 3 人 × 3 日分（延べ 9 人）。

2.5. 解析方法

(1) データの補正 : 測定装置の精度 (1/100 秒) ならびに体動や汗の影響を考慮して、得られたデータに移動平均処理を施した。
 (2) 変動を示す指標 : 本研究では心拍数は個人差と負担の両方を含んだ指標と定義した。一方、個人差を最小にし負担要素による R-R 間隔の変動を見るために単位時間当たりの R-R 間隔の平均値とその標準偏差を算出した。
 (3) 検討した指標 : (2) より、計算が簡便で、また変動を定量化する指標として下記の 6 種の指標について検討した。尚、心拍数との比較検討のため解析の単位時間を 1 分とした。各指標について表 1 に示す。

表 1 検討した指標

指標	内容/計算式	単位
(a)	心拍数	拍/分
(b)	R-R 間隔の平均値	秒
(c)	R-R 間隔の標準偏差	秒
(d)	R-R 間隔が平均値 - 標準偏差 を下回ったデータの割合	%
(e)	R-R 間隔の標準偏差 ÷ 平均 R-R 間隔 × 100	%

3. 結果

3.1. 作業毎の各指標の平均値

同一作業に従事する作業者の述べ人数が2人以上となる6種の作業について検討した。表2には作業毎の各指標の平均値を示す。R-R間隔と比較して心拍数を基準としたデータの方がより作業間の差異が大きく現れた。

3.2. 指標相互の関係

指標(a)から指標(e)の間のPearsonの相関係数を算出した。結果、指標(a)は残り全ての指標との間に $p<0.05$ の有意の相関が認められた。しかし指標(b)以外の r^2 はいずれも0.001以下であった。従ってHRとR-R間隔の標準偏差を基準とした指標との間の連動は小さいものと考えられる。

3.3. R-R間隔の標準偏差を用いた指標の有用性

指標(c)から指標(d)の内、作業負担の簡便な指標として有用な指標を検討するために、被験者をプールして「各作業×各指標」の一元配置分散分析をおこない、更にscheffe法による多重比較をおこなった。結果、いずれの指標においても作業間に $p<0.001$ で有意差が認められた(指標(c); $F=71.182$ 、指標(d); $F=8.497$ 、指標(e); $F=77.657$)。また多重比較の結果、最も良く作業を分離できた指標は指標(e)であった。各作業間の多重比較の結果を図1に示す。図1より各作業は3つの群、すなわち群1(作業Eと作業B)、群2(作業Fと作業A)、群3(作業Dと作業C)にわかれた。各群内では作業間に有意差は認められなかったものの、群間で比較すると $p<0.001$ の有意差が認められ、6つの作業は指標(e)の値を用いることによって「群1>群2>群3」の関係が得られた。

3.4. 指標(f)を用いた作業ごとの特徴

作業観察のデータから各群ごとの特徴について検討した結果を表3にまとめた。

4. まとめ

今回、検討した指標の内、心拍数と比較して作業の特徴がより反映された指標は(e)であった。また指標(e)をもとに3つの群を構成することができた。

本研究では日内の作業の内、定常状態にあるとされた1時間のデータについて分析しいること、対象とする作業が少ないことから、妥当性の検討には至らなかった。また作業環境の差異、性差については検討していない。

今後は指標の妥当性の検討と併せて更に調査する作業数を増やすと共に、短期的な作業の変化による指標の変化を検出するために、作業の解析レベルをあげる必要がある。

図1 指標(e)を用いた工程間の比較

表3 各群の特徴

群	作業	主な作業	作業の特徴
群1	E	引張り、運搬、選別 運搬、手作業	全身運動を伴う
	B		
群2	F	重量物の運搬 "	重量物の運搬を伴う
	A		
群3	D	目視選別 手作業	姿勢拘束を伴う 軽作業
	C		

表2 工程毎の各指標の平均値

作業	データ数	指標(a)	指標(b)	指標(c)	指標(d)	指標(e)
A	180	86.97 拍/分	0.69 秒	0.03 秒	17.44 %	4.20 %
B	120	87.60	0.68	0.04	14.41	5.61
C	180	82.70	0.74	0.02	17.47	2.76
D	119	90.45	0.66	0.02	16.98	3.24
E	229	86.56	0.69	0.04	15.31	5.85
F	180	96.66	0.62	0.03	15.66	4.51