作業姿勢負担評価システムの開発と生産現場への適用

○三上行生, 泉 総一, 渋谷正弘, 佐々木暁二, 舟田尚康 (北海道工大),
神代雅晴 (産業医科大学)

Development of an Evaluation System for the Work Posture Burden, and Introduction of the System to the Work-shop

K. Mikami, S. Izumi, M. Shibuya, G. Sasaki, N. Funada (Hokkaido Institute of Technology) and
M. Kumashiro (Univ. of Occupational Industrial health)

1. はじめに

生産現場における身体的負担軽減と生産性向上に資するため、筋電図を基盤とした定量的な作業姿勢負担評価システムの開発を試み、本システムの改善対象工程・作業の特定化ならびに評価ツールとしての有用性について検討した。

2. 方法

作業姿勢による負担評価システムの概念は図1に示すように、1) 生産現場からのワークサンプリングによる作業姿勢データの把握、2) データベース化された作業姿勢の定量的な負担評価指数(実験データ)をコンピュータプログラムで照合・計算し、各工程・各作業の負担評価指数を算出、3) 改善工程、改善作業の決定、4) 改善の実施(企業サイド)、5) 改善後の効果測定(1)へ feed back) という考え方を基本としている。

3. 結果と考察

1) 作業姿勢のコード化

各種作業現場のVTR撮影を用いて、作業姿勢のコード化を計り、スナップリーディング法にて作業姿勢を再現出来るようにした。作業姿勢は、上肢、腰、前屈、下肢(膝)、下肢(足)、加重の有・無の6桁のコードで表現出来るようにした。

2) 現場で発生する作業姿勢の抽出

各種生産現場のサンプルデータから528種類の作業姿勢を抽出した。

図1. 作業姿勢負担評価システムの概念

3) 筋電図による作業姿勢評価の定量化

1姿勢当たり、三角筋(前部繊維)、脊柱起立筋(L5)、内側広筋、ひ腹筋(内側頭)、前脛骨筋の左右10筋のEMG(surface Electromyograph)を40sec間測定し、各筋の最大筋力比(測定前・後5秒をカットした

30sec., 1000Hz 振幅積分値の平均振幅とその筋の最大発揮時の平均振幅との比)を算出した。測定時に実施した 528 姿勢の各筋ごとの最大筋力比と自覚的負担度ならびに「各被験筋の Total の最大筋力比 (MMSR)」と「各被験筋の Total の自覚的負担度」との間に関連性($r=0.61$)が認められた。そこで、作業姿勢の定量的評価指数を以下の式で定義した。

$$\text{index}_k = \sum_{M=1}^{10} \text{MMSR}_M$$

4) 実作業に対応する負担評価指数の算定

上記で定義された負担評価指数に及ぼす作業要因(加重ならびに重量物保持の影響)、作業者要因(個人差、重心、身長・体重の影響)について検討した。

(1) 加重の影響では、同一作業姿勢であっても負担指数を相対的に大きくする加重の影響が認められた。

(2) 重量保持の影響では、重量の増加(5 kg、10 kg、15 kg)に伴い負担評価指数も増加し、実現現場作業において重量保持姿勢に対応した負担評価指数の必要性が明らかとなった。

(3) 個人差については、しゃがみ姿勢以外は最大筋力比に相関が認められ、個人差がないことが明らかとなった。

(4) 前重心にすれば、しゃがみ姿勢での前脛骨筋の最大筋力比のばらつきを少なくさせることが明らかとなった。

(5) 身長・体重と負担評価指数との間には明確な関連性は認められなかった。

これら検討結果を踏まえ、複数被験者(4名)を用いて両手1 kgずつの加重を加えた528種類の作業姿勢と何も持たない528種類の作業姿勢、それに5 kg、10 kg、15 kgの重量物保持姿勢の10種類、合計1086種類の作業姿勢について負担評価指数を算出しデータベース化を計った。

5) パソコンによる負担評価システムの構築

パソコンによる作業姿勢負担評価システム

を構築した。本システムは「生産現場からの作業姿勢データ」と「データベース化された作業姿勢の定量的な負担評価指数」をコンピュータプログラムで照合し、計算することにより、各工程や各作業の負担評価指数(IP, IW)を算出する。

各指数の計算式は以下の如く定義した。

$$IW = WR_i \cdot \sum_{j=1}^k (PR_j \cdot \text{index}_j)$$

($i=1,2,\dots,k$)

$$IP = \sum_{i=1}^n IW_i \quad (i=1,2,\dots,n)$$

ここで、WR, PRは、工程内の各作業発生頻度(%)、作業内の作業姿勢発生頻度(%)、k, nは作業姿勢種類数、作業数である。また、本システムはwork sampling 時点における作業姿勢の stick picture を時系列的に再現表示することが出来る。

6) 負担評価システムの有効性の検討

自動車車体製作作業のパネル圧着作業の改善前、改善後作業を対象として本負担評価システムの適用を試みた。この作業は作業者2名でボデー用パネルに接着剤を塗布した後、パネルの上に棒形状の重りを5~7本のせる作業で、作業姿勢として重量持ち上げ時の前屈・中腰・旋回、運搬が多く発生し、作業者は作業後「左右腰部・左右肩甲骨部・両手根部」の痛み、「身体的な疲れ」を訴えていた。本システムを用いた負担評価指数は93.0の高値を示し、改善作業として特定化された本作業には天井クレーン式圧着支援器機が導入された。改善後、作業者の身体的負担の訴えは認められず、負担評価指数は49.5を示し、本負担評価システムによる改善効果の定量的評価への実用性が示唆された。

4. 結論

本研究では、筋電図を基盤とした定量的な作業姿勢負担評価システムを開発し、改善評価ならびに改善対象工程・作業の特定化ツールとしてのその有効性を明らかにした。