局所的筋労作における疲労の軽減と回復

○伊藤雅夫, 丸瑠璃子, 木ノ上高章, 平柳要, 谷島一嘉

(日本大学医学部衛生学教室)

Recovery from fatigue on local muscular exercise

Msao Ito, Ruriko Maru, Takaaki Kinoue, Kaname Hirayanagi, Kazuyoshi Yajima

(Dept. of Hygiene Nihon Univ. School of Medicine)

1. はじめに

椅座位での上腕作業の様な局所的筋労作では静的筋労作の要素が多くなる。静的筋労作はエネルギー消費量はあまり大きくならないが循環血液量が減少し、換気量が抑制されるなど生理的負担は大きいとされており、静的筋労作の要素が多いか少ないかはエネルギー消費量とは別個に労働強度の要素と考えなくてはならない。しかし、静的筋労作の割合の大小が、心拍数の変動や呼吸のパターンなどの呼吸・循環動態にどのように影響するかについての検討は充分になされていない。そこで今回は、作業と作業後の回復過程における心拍数の変化と心拍のR-R変動に注目して、静的筋労作の割合の異なる上肢のクランク作業、下肢のクランク作業、ステップ作業の3つの形態の作業間で循環動態について比較検討した。

2. 実験方法

2.1 作業内容

男子大学生8名の被験者に次の3種類の作業を行わせた。上肢クランクにはハンドエルゴメータ(モナーク社)を用い、被験者の最大筋力の5%に当たる負荷強度で、60rpm 5分間の作業を行わせた(平均=1040.4kpm)。

下肢クランクは自転車エルゴメータを用いて上肢作業と同様に最大筋力の5%に当たる負荷強度(平均=2.5kp)で、60rpm 5分間の作業を行わせた(平均=4406.4kpm)。ステップ作業は高さ30cmのステップ台を用いて、被験者の体重を基に仕事量が下肢クランクと同量になるように、作業時間を換算して行った。

2.2 測定項目

椅座安静、労作、回復を通して、心拍数をHRモニター(2E61、日本電気三栄)で、呼気量、酸素消費量、炭酸ガス排出量、RQをエアロビックプロセッサ(391-日本電気三栄)を用いて連続的に測定し10秒毎に記録した。また、心拍のR-R間隔はCM₅誘導の心電図をR-Rアナライザ(TM-55, Cerx)に導き、±2msec以内のR波検出時間差

図1 作業区分による心拍数の変化

図2 作業後の心拍回復率

で求め、時系列データに変換した。スペクトル分析はこの時系列データをフーリエ変換し、LF成分とHF成分のパワースペクトル密度を求める方法で行った。

3. 結果および考察

作業終末時及び回復過程における心拍数の変化を図1に示す。下肢クランキング (BE) とステップ作業 (ST) の物理的作業量は同じであるが、作業終末心拍数はBEにおいて高く、回復過程においても同様の傾向で推移している。また、上肢クランキング (HE) の作業終末心拍数は他の作業に比べて低く押さえられているが、作業量は1/4 以下であるにもかかわらず135b/minとかなり高いレベルに達している。しかも、作業終了90~180 秒までの心拍変化はほとんど見られれない。作業終了後回復過程において、作業による超過心拍数の何%が回復したかを示したのが図2である。STでは作業終了後30秒の回復率は低く押さえられているものの、その後急激に回復しており、3 分後においては作業量の少ないHEを上回っている。BEではST同様、時間経過に伴って順調に回復する傾向を示しているが、回復の速さはSTに比べて遅い。HEの場合は作業終末心拍数が低い分だけ初期における回復率は高いが、1.5 分以降の回復は遅滞している。以上の結果は作業による心拍の上昇は作業形態の違いによって、異なった要素を持っており、その要素の違いが心拍の回復に微妙に影響していることを示している。そこで、心拍のR-R 間隔の変動から心拍変化の背景

に有るこれらの要素を生理的に評価出来るかどうか検討した。図3 は作業区分毎のR-R 間隔変動の低周波数成分のパワースペクトル (LFP) を示したものである。作業による心拍数の上昇によってはR-R

変動の分散は低くなり、当然のことながらLF成分の値も小さくなる。回復急性期におけるLFP には作業による差は認められないが、時間経過に伴って作業間に差が認められ、BEにおいて有意に低値を示している。R-R 間隔変動の高周波数成分のパワースペクトル (HFP) を図4に示す。BE, ST におけるHFP の変化はLFP とよく似た傾向を示しているが、HEにおいては作業終了後4 分を経過しても高い値のままであり、LFP の変化と様相を異にしている。LF成分とHF成分のパワースペクトル比を見ると (図5)、HEで有意に低いことが特徴的に示されている。すなわち、上肢クランキングにおいてはHFP が高く、その結果としてLFP/HFP が有意に高くなること、また、LFP/HFP がほぼ同じ値を示す下肢クランキングとステップ作業においても両成分のパワースペクトルには差が認められ、下肢クランキングにおいて有意に低くなること

図3 R-R変動の低周波成分パワースペクトル

図4 R-R変動の高周波成分パワースペクトル

図5 LF/HFパワースペクトル比