呼吸情報のフーリエ変換を応用した 換気性作業閾値の近似推定

塩野谷 明, 福本 一郎, 三宅 仁 (長岡技術科学大学)

Approximate estimation of ventilatory threshold
by fourier transform of ventilatory information.

Akira SHIONOYA, Ichirou FUKUMOTO, Hitoshi MIYAKE
(Nagaoka University of Technology)

1. はじめに

無酸素性作業閾値 (以下AT) は, 生体における安全かつ効果的な運動負荷強度を決定する場合の指標として, 成人病の運動療法やリハビリテーションへの応用が考えられている。しかし個々のATを決定する場合, 運動負荷テスト (負荷漸増運動) 中の換気の高進 (換気性作業閾値: 以下VT) や血中乳酸濃度の高進 (乳酸性作業閾値) をその指標とするのが一般的とされ, そのためには呼吸代謝測定装置や乳酸濃度測定等といった高価な機材や高度な測定技術を要するために, 前述の運動療法等への応用は広く一般化されるには至っていない現状である。

そこで本研究では, 運動負荷テスト中の呼吸情報としてサーミスターを介して得られる呼吸曲線をフーリエ変換したスペクトルの, 運動負荷の漸増に伴う変化からVTの近似推定が可能かどうかを検討するものである。さらに合わせて運動療法等への応用を考える上で, 呼吸のモデル構築を行い, 事象の妥当性を検証するものである。

2. 方法

図1は, 実験の概要について示したものである。

被験者にはマスクを介しての呼吸を行わせ, 運動中の換気応答を呼吸代謝測定装置によって, breath by breath (一呼吸毎) で測定した。測定項目は運動負荷, 一回換気量 (VT), 換気量 ($\dot{V}E$), 酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$), 二酸化炭素排出量 ($\dot{V}CO_2$), 呼吸商 (R), 心拍数 (HR) 等であった。

またマスクに装着したサーミスターによっ

て得られた呼吸曲線はテレメータによって送信し, A/D変換してパーソナルコンピュータに連続的に取り入れ, さらにFFT (Fast Fourier Transform) によってスペクトル変換した。

運動条件としては, 25watt/minのステップ式負荷漸増によるエルゴメータ駆動運動を, 被験者の換気応答のレベルオフが発現されるまで実施した。またVTの判定はDavisらの判定基準に従い,

- 1) $\dot{V}E$ および $\dot{V}CO_2$ の急激な上昇点
- 2) $\dot{V}E/\dot{V}CO_2$ の変化を伴わない
 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$ の上昇点
- 3) $R (\dot{V}CO_2/\dot{V}E)$ の急激な上昇点等の複数の基準から決定した。

FIG-1: A component of the system, approximately estimated ventilatory threshold, and metabolism measurement system.

3. 結果および考察

図2 (2-1, 2-2) は, 今回の実験における呼吸曲線とそのスペクトルの一被験者例を示している。図2-1はVT以前の呼吸曲線とそのスペクトル, また2-2はVT以降のそれ

を示している。またサンプリングタイムは20msecで、サンプリング間隔はおよそ40sec(40.96sec)、スペクトルの表示最大周波数は6.25hzとなっている。

ここに示す一例では、VT以前の運動強度での呼吸曲線のスペクトルにおいて多くの高調波がみられ、呼吸数に相当すると考えられる成分の周波数が最も大きいものの、多くの高調波成分に分解されていることが伺える。これに対して、VT以降での強度では呼吸数に相当すると考えられる周波数成分がやはり最も大きいが、他の高調波成分はVT以前と比較して小さいことが伺える。

図3は、安静時に意図的に呼吸の深さを変化させた際の呼吸曲線とそのスペクトルである。特徴を掴むために、スペクトルの表示最大周波数を3.175hzとした。呼吸曲線と同期させた呼吸代謝測定装置からは、第1波の大きな波は一回換気量(VT)は2.92l/8secで、以下0.74l/4sec, 0.46l/1sec, 0.66l/2sec, 1.22l/4sec, 第6波の大きな波は2.21l/6sec, 引続き0.57l/4sec, 0.22l/2sec, 0.32l/1sec, 0.31l/2sec, そして図中の最後の大きな波は2.99l/5secであった。サーミスターは、流体等の温度変化を検出することによって、情報化するものである。よって流速計や流量計と異なり、呼吸情報といっても呼吸曲線が換気量等を数的に正確に反映したものとは考えにくい。しかし図3にみられるように、呼吸の時間的な様態、すなわちリズムについてはある程度反映していることが伺える。さらにサーミスターの特性から波の大きさと換気量の量との相関性が明確ではないとしても、呼吸の大きさ、深さといった様態についてもある程度反映していると考えられる。

塩野谷らは、これまでVT以前と以降の運動強度において、呼吸の周期性や一回換気量が異なり、それが呼吸曲線のスペクトルに反映されると報告したが、この結果はサーミスターの特性の面からそれを実証しているものと考えられる。

参考文献

1) 塩野谷 明他：心拍・呼吸情報併用制御型自転車エルゴメータ開発のための基礎的研

FIG 2-1: Breathing curve and its spectrum, under the work load of VT level.

FIG 2-2: Breathing curve and its spectrum, over the work load of VT level.

FIG 3: Breathing curve and its spectrum, in case having been irregularity.

究, 医療情報連合論文集, Vol.12, pp203-206, 1992.

2) 塩野谷 明他：呼吸情報による換気性作業閾値の近似推定法の開発, バイオメカニクスカンファレンス論文集, No.930-1, pp43-44, 1993.