

## 50% 最大呼気口腔内圧による呼吸負荷に対する呼吸筋疲労の分析

塚本 敏也<sup>1,2)</sup>, 内田 全城<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>常葉大学 健康科学部静岡理学療法学科, <sup>2)</sup>国際医療福祉大学大学院 保健医療学専攻理学療法学分野

### key words 呼吸筋疲労・最大口腔内圧・表面筋電図

#### 【はじめに, 目的】

呼吸筋疲労は「負荷に対する仕事により筋の収縮力あるいは収縮速度が低下した状態であり, 筋を休息させることで回復するものである」と定義され, COPD の動的肺過膨張や気道抵抗による呼吸困難感の原因の一つとなっている。さらに, 閉塞性障害では呼気筋の筋疲労が生じやすいとされ, この改善を目的とした機械的負荷によるトレーニング介入が行われているものの, 実際に呼吸筋疲労の評価の実施まで至らない場合が多いのが現状であり, 筋疲労特性は明らかにされていない。そこで本研究では, 呼気筋の筋疲労特性を検証することを目的とし, 呼気口腔内圧に負荷を与えることで筋疲労を起こした時の筋活動を表面筋電図にて測定し検証した。

#### 【方法】

対象は, 喫煙歴や呼吸器疾患の既往がない健康成人男性 11 名(年齢  $21.1 \pm 2.0$  歳, 身長  $170.3 \pm 5.2$ cm, 体重  $65.3 \pm 6.1$ kg)とした。まず, 呼吸筋力の指標とされる最大呼気口腔内圧(以下; PEmax)と最大吸気口腔内圧(以下; PImax)を計測し, 同時に筋活動を表面筋電図にて記録した。ここから 50% 最大呼気口腔内圧(以下; 50%PEmax)の負荷量を算出した。次に, 50%PEmax の断続的呼気閾値負荷をかけた状態で 20 分間呼吸させ, その後, 30 分間の休息期を設けた。計測項目は, 負荷中 2 分間毎に設けた 1 分間の休息時と休息期 5 分毎における PEmax と PImax および筋活動とした。筋活動の測定筋は, 右側の僧帽筋, 胸鎖乳突筋, 大胸筋, 腹直筋, 外腹斜筋, 内腹斜筋の 6 筋とした。PEmax, PImax の計測にはスパイロメーター(ミナト医科学株式会社製 Autospiro AS-507), 50%PEmax は呼吸筋力計(同社製 Autospiro AS-507 呼吸筋力計ユニット), 表面筋電図は酒井医療株式会社製の表面筋電図装置(TeleMyo 2400)をそれぞれ用いた。また表面筋電図は双極導出にてサンプリング周波数 1,500 Hz で A/D 変換し, 高速フーリエ変換による周波数解析を行い, この時の中央周波数(以下; MDF)を用いた。さらに, パワースペクトラムを算出し, バンドパスフィルターにて高周波数(H)と低周波数(L)の比率(以下; H/L 比)から, 20% 以上の低下を筋疲労の指標とした。同時に呼吸困難感の指標として修正 Borg scale を測定した。統計処理は, 負荷中 2 分毎と休息期 5 分毎の計測値を要因とした一元配置分散分析を危険率 5% にて各時間帯の比較を行い, 対象筋毎の筋疲労の経時変化を検証した。

#### 【結果】

PEmax, PImax は経時的に減少し, PEmax は負荷開始 2 分後, PImax は負荷開始 4 分後より有意に低下した。休息後の回復は, PEmax で 20 分, PImax で 10 分から認められた。各対象筋の MDF では, 呼気筋が有意に低下し, 胸鎖乳突筋に有意な低下を認めなかった。休息後の MDF では, 呼気筋は休息後に回復が見られたが, 胸鎖乳突筋や僧帽筋は見られなかった。H/L 比は, PEmax で 3 分後から腹直筋の低下が見られ, PImax では 4 分後から内腹斜筋が低下し, 8 分までに呼吸筋の疲労開始を認めた。呼吸筋疲労開始時間の順序性に差を認めず, 吸気筋, 呼気筋とも早期に筋疲労が出現した。また, H/L 比による呼吸筋の最大疲労に達する時間は約 8-15 分の間に認め, PImax においては胸鎖乳突筋が内腹斜筋よりも有意に長かった。呼吸困難感は, PEmax と PImax と相関関係が認められた。

#### 【考察】

呼気負荷により, PEmax, PImax が低下し, 休息後に回復したことから呼吸筋疲労が出現したことが考えられた。各呼吸筋の MDF では, 呼気筋の低下から疲労が認められ, H/L 比は呼気筋から早期に疲労が開始し, 最大疲労に達する時間も早い傾向であった。このことから, PEmax のみでなく PImax にも呼気筋が影響していることが示唆された。呼気筋である腹筋群の収縮は, 横隔膜を胸腔内に押し上げ, 横隔膜筋線維を最適長に近づけ, 横隔膜の収縮効率を改善させることや, ある程度吸気筋としての役割があることがいわれている。また, 運動負荷時には横隔膜よりも胸鎖乳突筋が早期に疲労することが報告されており, 今回, 胸鎖乳突筋が疲労しにくく, 回復も遅れたことから, 胸鎖乳突筋が PImax の低下や回復に影響したことは考えにくいため, 呼気筋疲労が影響したことが考えられた。この他に, 呼吸困難と PEmax, PImax の相関が認められたことから, 呼気筋疲労が呼吸困難や運動制限にも影響していることが考えられた。

#### 【理学療法学研究としての意義】

呼吸筋疲労は呼吸不全の原因となることから, 呼吸筋疲労や呼吸筋力を評価することは临床上重要である。また, 呼気筋を強化することは, 吸気・呼気ともに呼吸筋力の改善に繋がり, 呼吸困難感, 運動制限の軽減にも有効となることが考えられた。