

題目：呼吸筋疲労に対する呼気筋トレーニング(EMT)の効果

保健医療学専攻・理学療法学分野・基礎理学療法学領域

学籍番号：15S3041 氏名：塚本敏也

研究指導教員：丸山仁司 教授 副研究指導教員：町田和 講師

キーワード：呼吸筋疲労，呼気筋トレーニング，最大口腔内圧，表面筋電図

【 研究の背景と目的 】

呼吸筋疲労とは「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」と定義され¹⁾，換気障害における呼吸不全の主要病因の一つとなっている。特に慢性閉塞性肺疾患(以下 COPD)では，動的肺過膨張や気道抵抗による呼吸筋疲労が吸気筋のみならず呼気筋においても生じると考えられ，呼吸困難や運動制限に大きく関わっている²⁾。この疲労した呼吸筋の収縮力増強と持続力回復を目的に，呼吸筋トレーニング(以下 VMT)が実施されているが，VMT は従来から主として吸気筋トレーニングが実施され，呼気筋の強化は対象となっていない。しかし我々は，健康成人男性を対象とした 50%負荷での吸気及び呼気抵抗負荷における呼吸筋疲労を分析した結果，吸気と呼気双方に呼吸筋疲労が出現し，この時の呼吸筋活動から呼気筋である腹筋群の疲労が呼吸筋疲労に影響を与えている可能性を示唆した。そこで本研究では，最大呼気口腔内圧(以下 PEmax)の 50%呼気抵抗負荷(以下 50%PEmax)での呼気筋トレーニング(以下 EMT)が呼吸筋疲労に与える影響について検証することを目的とした。

【 方法 】

対象は健康成人男性 31 名(年齢 27.0±4.0 歳，身長 171.8±5.4cm，体重 65.9±7.3kg)とし，EMT を行う EMT 群 15 名，トレーニングを行わない対照群(以下 NC 群)16 名の 2 群にランダムに割り付けた。EMT 群は，圧閾値型呼気負荷器具(Aspire Products EMST150)を使用して，50%PEmax で 4 週間，週 7 日，1 日 2 回，1 回 15 分の計 30 分の EMT を実施した。NC 群は，この研究期間中トレーニングを非実施とした。EMT 群介入前後と NC 群前後における呼吸筋疲労の分析は，最大吸気口腔内圧(以下 PImax)及び PEmax をスパイロメーター(Autospiro AS-507)で計測し，PImax と PEmax 測定時の呼吸筋活動を表面筋電図装置(テレメトリー筋電計 MQ16)にて記録した。ここから 50%吸気抵抗負荷(以下 50%PImax)の負荷量を算出し，50%PImax の断続的吸気閾値負荷の状態での 20 分間呼吸を行い，その後 30 分間の休息期を設けた。測定項目は，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 PImax と PEmax 及び呼吸筋活動とし，同時に modified Borg scale(以下 mBS)にて呼吸困難感を評価した。呼吸筋活動の測定筋は，右側の僧帽筋，胸鎖乳突筋，大胸筋，横隔膜，腹直筋，外腹斜筋，内腹斜筋の 7 筋とした。50%PImax は Threshold IMT 又は POWERbreathe PLUS を用いた。表面筋電図は，周波数解析による中央周波数(以下 MDF)，高周波数(H; 150-350Hz)と低周波数(L; 20-40Hz)の比率(以下 H/L 比)を筋疲労の指標とした。筋電図解析には，Kinealyzer Ver 4 を用いた。統計処理は，EMT における介入前後の PImax と PEmax の比較に対応のある t 検定を危険率 5%にて検証した。次に，介入前後の負荷中から休息期の各時間帯における計測値を二要因とした二元配置分散分析反復測定を行い，各時間帯の計測値を要因とした単純主効果の検定と多重比較検定を Bonferroni の方法により PImax と PEmax 及び MDF の経時的変化をそれぞれ危険率 5%にて検証した。また，PImax と PEmax 及び mBS の関係性については Spearman の順位相関係数を用いて相関を検証し，mBS の介入前後の比較には wilcoxon の符号付順位和検定をそれぞれ危険率 5%にて検証した。さらに，測定筋の H/L 比による筋疲労までの所要時間は Friedman 検定を Tukey の方法を用いて測定筋の間で比較し，介入前後の比較には wilcoxon の符号付順位和検定をそれぞれ危険率 5%にて検証した。

【倫理上の配慮】

対象者には、研究内容を十分に説明し書面にて同意を得た。また、本研究は国際医療福祉大学研究倫理審査委員会からの承認を得て実施した(承認番号 15-Io-105, 16-Io-140)。

【結果】

4週間の EMT による負荷開始前 P_Imax と P_Emax の比較では、EMT 群介入前後の P_Imax は 118.8 ± 16.8 cmH₂O から 127.1 ± 19.7 cmH₂O と有意差を認めず、P_Emax で 108.0 ± 23.7 cmH₂O から 130.1 ± 28.6 cmH₂O と有意に高値となった。NC 群前後では、P_Imax と P_Emax に有意差を認めなかった。

P_Imax と P_Emax の経時的変化を比較した結果、EMT 群介入前後で交互作用を認め、NC 群前後では交互作用を認めなかった。また EMT 群介入前は、P_Imax で負荷開始前と負荷中 2, 8, 12-20 分後、P_Emax は負荷開始前と負荷中 2-20 分後との間で有意な差を認め、負荷中 20 分後と負荷中断後の休息期 10-30 分後との間で有意な差を認めた。EMT 群介入後は、P_Imax と P_Emax に主効果を認めなかった。NC 群前後では、負荷開始前と負荷中 18, 20 分後との間、負荷中 20 分後と負荷中断後の休息期 30 分後との間で有意な差を認めた。

測定筋毎の MDF の経時的変化を比較した結果、EMT 群介入前は P_Imax で胸鎖乳突筋、P_Emax で腹直筋、外腹斜筋が負荷開始前と負荷中との間で有意な差を認め、内腹斜筋が負荷開始前と休息期 5, 20, 30 分後との間で有意な差を認めた。EMT 群介入後は主効果を認めなかった。NC 群前後で P_Imax は胸鎖乳突筋、P_Emax は腹直筋が負荷開始前と負荷中との間で有意な差を認めた。また EMT 群、NC 群とも介入前後で交互作用は認めなかった。

EMT 群介入前後の P_Imax と P_Emax 及び mBS の相関分析の結果、P_Imax と P_Emax の間で正の相関を認めた。また、介入前は P_Imax と mBS 及び P_Emax と mBS の間に負の相関を認めたが、介入後はいずれも相関を認めなかった。mBS は EMT 群介入後に負荷開始 6 分後から 20 分後に有意に低値となった。

H/L 比による筋疲労までの所要時間を比較した結果、EMT 群介入前後で有意差を認めなかった。

【考察】

50%P_Emax の EMT により、呼気筋力である P_Emax が有意に増加し、吸気と呼気双方の呼吸筋疲労を抑制することが明らかとなり、P_Imax と P_Emax の両者に正の相関が認められた。呼吸筋毎の EMT の効果として、呼気筋である腹直筋、外腹斜筋、内腹斜筋、吸気補助筋である胸鎖乳突筋の筋疲労耐性の向上が認められた。また、介入前の呼吸困難感も P_Imax と P_Emax との間で負の相関を認めたが、介入後はその関係性が認められず、呼吸困難感が有意に減少した。呼吸筋毎の筋疲労開始時間については、介入前後で有意な差は認められず、EMT が疲労の順序性に影響を与えないことが考えられた。

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ることで収縮効率を改善させる役割があることや横隔膜の肋骨付着部位の胸郭を拡張させ吸気筋作用を生じさせることなど吸気作用との関連性が報告されている³⁾。このことから呼気筋力増加と腹筋群の疲労耐性の向上により、吸気抵抗負荷による吸気と呼気双方の呼吸筋疲労を抑制した可能性が考えられた。また、胸鎖乳突筋が横隔膜よりも早期に疲労し、呼吸困難感に影響するとされていることから、腹筋群と胸鎖乳突筋の相互作用により胸鎖乳突筋の筋疲労耐性が向上したことで呼吸困難感を改善させたことが示唆された。

【結語】

呼吸筋疲労は呼吸不全の原因となることから、呼吸筋疲労を改善し予防していくことが临床上重要である。今回 VMT の中でも EMT を実施することで、呼気筋力を増加させ吸気と呼気双方の呼吸筋疲労を抑制することができた。

【引用文献】

- 1) NHLBI Workshop. Respiratory muscle fatigue. Report of the Respiratory Muscle Fatigue Workshop Group. American Review of Respiratory Disease 1990; 142(2): 474-480
- 2) Weiner P, Magadle R, Beckerman M, et al. Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. Chest 2003; 124(4): 1357-1364
- 3) Mead J. Functional significance of the area of apposition of diaphragm to rib cage. American Review of Respiratory Disease 1979; 119(2): 31-32