

研究テーマ 最適呼吸FESシステムの開発

研究者	松川 周	東北大学大学院医学系研究科	客員研究員
	仁田 新一	東北大学大学院医学系研究科	客員研究員
	藤居 徹	東北大学大学院医学系研究科	客員研究員
	半田 康延	東北大学未来科学技術共同研究センター	客員研究員
	市江 雅芳	東北大学大学院医学系研究科	客員研究員
	佐々木英忠	東北大学大学院医学系研究科	助言研究員
	里見 進	東北大学大学院医学系研究科	助言研究員

1 フェーズ

(1) 研究の概要

横隔神経刺激による横隔膜収縮の検出法を決定した

50Hzでの刺激周波数における横隔膜疲労とその回復について調べた

周波数と筋疲労誘導およびその回復過程について刑事的に調べた

(2) 研究の目標

横隔膜を主体とする呼吸運動を行う筋は、最大収縮を持続させると容易に疲労に陥り、その回復には長時間を要することが推測される。

横隔膜を主体とする呼吸運動を行う筋は、最大収縮を持続させると容易に疲労に陥り、その回復には長時間を要することが推測される。FES による呼吸の補助を臨床応用する場合に、どの程度の横隔膜の収縮を行えば疲労を形成することなく呼吸が持続できるかを知ることは必要不可欠である。本研究では横隔膜を横隔神経を刺激することで収縮させ、どの程度の収縮であれば疲労の形成が起こらないかを知るために、刺激周波数10Hzから100Hzの間で最大収縮時の50%および30%の横隔膜筋張力が得られる刺激での経時的な疲労の形成とそこからの回復を、最大収縮をさせた時と比較検討することを目的とする。

(3) 実施内容

雑種成犬(体重9-12kg)をペントバルビタールで麻酔導入後気管挿管し、ペントバルビタール持続静注にて麻酔を維持した。1分間12回の調節換気とし、呼気終末炭酸ガス分圧が35-40 mmHgとなるように1回換気量を調節した。食道温をモニターし、38-39 になるように加温した。

仰臥位にて、まず頸部で左右の横隔神経を経露出し、白金双極電極を装着した。開腹して筋収縮ピックアップ逢着後閉腹した。胃および食道内にバルーン付カテーテル挿入し、食道内圧、胃内圧および胃-食道内圧較差(Pdi)を測定した。

安定期間を置いた後、最大上の1秒間の定電流テタヌス刺激で対照の収縮(左右横隔膜筋張力および胃-食道内圧較差)を、刺激周波数を10Hzから100Hzまで変化させて測定し、最大上刺激

に対する収縮の周波数応答を計測した。

横隔膜筋疲労誘導のために、各周波数で1秒間のテタヌス刺激を1分間に12回、120分間連続して加えた。最大上刺激を加えたときの左右横隔膜筋張力の大きさを100%としたとき、筋疲労導入のために横隔神経に加える刺激電流を変化させ、最大上刺激群(最大収縮)、50%収縮群、30%収縮群の3群に分けて実験を行った。

横隔膜筋張力における最大上刺激に対する収縮の周波数応答の減弱をもって疲労の誘導を評価し、疲労誘導前、疲労誘導30分毎に120分まで、および疲労誘導終了後刺激を加えず180分後まで、疲労誘導前と同様に疲労の程度を評価した。

(4) 結果

最大上刺激群では、Pdiは疲労120分で20Hz刺激での評価で疲労前の67%、100z刺激での評価で77%まで低下し、左右横隔膜筋張力は疲労120分で20Hz刺激での評価がそれぞれ62%、52%、100z刺激での評価がそれぞれ82%、81%まで低下した。その後刺激を行わず回復過程を観察したが、Pdiは非刺激180分で20Hz刺激での評価で63%、100z刺激での評価で73%まで低下していて、疲労からの回復はみられずむしろ疲労が進行した。左右横隔膜筋張力は非刺激180分で20Hz刺激での評価はそれぞれ58%、52%、100z刺激での評価はそれぞれ76%、70%と回復はみられないかむしろ疲労が進行した。

50%収縮群では、Pdiは疲労120分で20Hz刺激での評価で疲労前の81%、100z刺激での評価で88%まで低下し、左右横隔膜筋張力は疲労120分で20Hz刺激での評価がそれぞれ53%、54%、100z刺激での評価がそれぞれ87%、77%まで低下した。その後刺激を行わず回復過程を観察したが、Pdiは非刺激180分で20Hz刺激での評価で69%、100z刺激での評価で89%まで低下していて、疲労からの回復はみられなかった。左右横隔膜筋張力は非刺激180分で20Hz刺激での評価はそれぞれ39%、40%、100z刺激での評価はそれぞれ77%、70%とむしろ疲労が進行した。

30%収縮群では、Pdiは疲労120分で20Hz刺激での評価で疲労前の73%、100z刺激での評価で86%まで低下し、左右横隔膜筋張力は疲労120分で20Hz刺激での評価がそれぞれ63%、54%、100z刺激での評価がそれぞれ85%、80%まで低下した。その後刺激を行わず回復過程を観察したが、Pdiは非刺激180分で20Hz刺激での評価で87%、100z刺激での評価で92%と収縮力の減弱の進行はみられず、高頻度での評価では疲労からの回復がみられた。左右横隔膜筋張力は非刺激180分で20Hz刺激での評価はそれぞれ60%、47%、100z刺激での評価はそれぞれ87%、83%と、低頻度での評価では疲労が進行したが高頻度での評価では進行がみられなかった。

横隔膜筋張力を目安に刺激電流を変化させて疲労の誘導を試みた場合、横隔膜の収縮力を最大上の場合の30%まで低下させても筋疲労はやはり経時的に進行し、Pdiおよび左右の横隔膜筋張力が、何れの周波数のテタヌスによる刺激の評価でも低下した。これらの低下は安静期間においても回復しなかった。最大収縮の30%の筋張力が得られるように刺激電流を減少させても、疲労形成の程度は相違がみられず、収縮を中断しても180分までは収縮の回復は得られなかった。しかし、最大収縮による疲労時にみられた回復期間中の疲労の進行は、電流を減弱させて最大収縮の50%刺激、30%刺激と小さな刺激による疲労誘導にするにつれて、回復期間における疲労が進行が進まなくなる、あるいは高頻度刺激による評価では回復する傾向がみられた。