

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500611

研究課題名(和文)呼吸リハビリテーションにおける呼吸筋活動とその評価法に関する研究

研究課題名(英文) Study of relationship between respiratory muscle activity and assessment for respiratory muscle function in pulmonary rehabilitation

研究代表者

片桐 真人 (Katagiri, Masato)

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号：50152674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：慢性呼吸器疾患や神経筋疾患では、呼吸筋機能の評価が呼吸リハビリテーションを行う上で重要である。本研究では呼気呼吸筋力の評価法として逆sniff(鼻をかむ動作)時の最大鼻腔内圧測定を考案し、呼気呼吸筋活動を筋電図を用いて評価した。逆sniff鼻腔内圧は呼気筋力の測定法として非常に簡便な方法であり、呼気呼吸筋活動を反映していることを実証した。さらに、同時に測定した上気道筋の筋活動も同時に活動していることを証明した。以上より、逆sniff時の鼻腔内圧は上気道筋も含めた呼気呼吸筋活動を反映していると考えられた。

研究成果の概要(英文)：The evaluation of respiratory muscle strength is of clinical importance for pulmonary rehabilitation in the patient with chronic respiratory disease and neuromuscular disease. In this study, we measured nasal expiratory pressure and expiratory muscle (transversus abdominis muscle : TA) and upper airway muscle (genioglossus : GG) EMG activities using fine wire electrodes during reverse sniff, a maneuver akin to "blowing your nose". TA and GG EMG activities increased with stepwise increments in nasal expiratory pressure during reverse sniff (R-SNEP) significantly.

We conclude that R-SNEP corresponds to the activity of the expiratory muscle and that this simple maneuver is useful for assessment of expiratory muscle strength. Also, upper airway muscle (GG) contributes for producing R-SNEP.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学/福祉工学

キーワード：呼吸筋 呼吸筋機能検査 呼気呼吸筋機能 逆sniff鼻腔内圧検査 腹横筋

1. 研究開始当初の背景

(1) 呼吸器疾患と呼吸筋力について

慢性閉塞性肺疾患 (COPD) は、経年的増悪を防ぐことが困難な疾患である。近年、呼吸リハビリテーションの有効性が示され、我が国だけでなく、米国、欧州呼吸器学会の COPD ガイドラインにおいて非薬物治療として明記されている。COPD の病態主体は気流閉塞 (勢いよく息を出すことができない) と気道の炎症であるが、中等症から重症の COPD では気流閉塞によって過膨張となった肺が安静時の横隔膜低位や胸郭の拡大を引き起こす。これにより、安静時の横隔膜 (主要な吸気呼吸筋) の短縮と肋間筋 (吸気および呼気呼吸筋) の伸長が引き起こされ、それぞれの筋が効率のよい活動が妨げられる。また、COPD では、歩行などの運動とともに呼吸数が増加すると、気流閉塞のため呼気を十分に出すことができず過膨張が進行し、それが限界に達すると呼吸筋の仕事が妨げられるとともに吸気障害が生じ 1 回の換気量が十分に得られなくなることで、呼吸困難を生じる。このような労作時の呼吸障害に対しては、薬物療法のみでなく、呼吸リハビリテーションによる呼吸筋運動の効率化が重要な要素となる。この呼吸リハビリテーションの際には個々の呼吸筋力、特に、呼気時における筋力の評価が重要な指標となりうると思われた。

(2) 呼吸筋力の評価法

従来呼吸筋力には、吸気呼吸筋力として最大吸気口腔内圧 (maxMIP) を、呼気呼吸筋力として最大呼気口腔内圧 (maxMEP) が用いられるが、被検者の努力が必要で慢性疾患患者には適さない。そこで我々はより簡便で被検者への負担が少ない吸気呼吸筋力の評価を sniff (鼻をすする動作) 時の最大鼻腔内圧 (maxSNIP) を用いて、様々な検討を行ってきた。その結果、maxSNIP が胸郭の吸気呼吸筋 (傍胸骨肋間筋) 頸部の補助呼吸筋 (斜角筋) 上気道筋 (オトガイ舌筋) の筋活動を示していることを筋電図測定を用いて解明することができた。そこで、この呼吸筋電図の計測の技術を用いて、呼気呼吸筋力の評価として、逆 sniff (鼻をかむ動作) 時の最大鼻腔内圧 (maxR-SNEP) の測定を新たに考案し、呼気呼吸筋活動との関係の評価することを計画するに至った。

2. 研究の目的

COPD 等の慢性呼吸器疾患において、呼吸リハビリテーションは症状や日常生活活動力の改善に役立つが、そのメカニズムについては解明されていない点が多い。COPD では、気流閉塞による肺の過膨張が労作時の呼吸困難や日常生活の活動性の低下を招く。この労作時の呼吸運動の制限に対しては、薬物療法による気流制限の緩和とともに、呼吸リハビリテーションによる吸気呼吸筋

のみでなく呼気呼吸筋筋力の増強 (呼気を十分に得る) が必要であると考えられる。本研究では、呼吸筋活動を筋電図 (fine wire 電極) により直接的にとらえること、さらに、呼吸筋筋力、特に呼気呼吸筋力に関する簡便で侵襲性の少ない新たな測定法として、maxR-SNEP を考案し、その意義を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

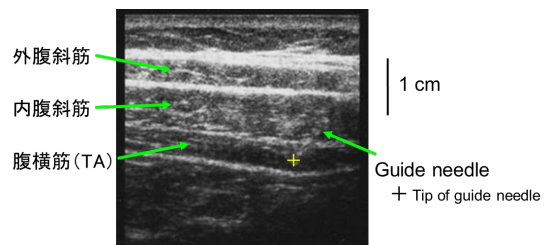
すべての研究はヒト健常成人で行った。また、本研究の内容は北里大学病院・医学部倫理委員会の承認を得た。被験者にはこれにしたがって説明と同意を得て行った。

(1) 呼吸筋電図測定

呼吸筋電図電極

最も呼気で活動する呼気呼吸筋である腹横筋 (TA)、吸気呼吸筋である傍胸骨肋間筋 (PA)、上気道筋であるオトガイ舌筋 (GG) に超音波断層画像ガイド下に fine wire 電極を正確に挿入した。(図 1)

図 1



呼吸筋活動の標準的評価

呼吸性・非呼吸性動作 (呼吸リハビリテーション時の動作を含む) による各筋の筋活動を確認した。筋活動は増幅回路を通して、記録・集積し、解析を行った。

(2) 呼吸筋力測定法

sniff (鼻をすする動作) 時鼻腔内圧 (SNIP) 逆 sniff (鼻をかむ動作) 時鼻腔内圧 (R-SNEP) 用力テール

SNIP および R-SNEP を測定するための鼻腔内に留置する特殊カテーテルを被検者にあわせて作製した。このカテーテルを片側鼻腔内に挿入し、対側鼻腔を開放した状態で被検者に sniff や逆 sniff を行わせた。

SNIP、R-SNEP の測定

SNIP、R-SNEP を圧トランスデューサーを用いて測定し、同様に呼吸筋力測定である吸気・呼気最大口腔内圧を同様に測定した。

(3) 呼吸筋力と呼吸筋電図測定

SNIP、R-SNEP、吸気および呼気口腔内圧の発生と同時に各呼吸筋 (TA、PARA、GG) 筋電図を測定した。SNIP、R-SNEP は被験者に様々な圧を最大圧まで発生させ、圧と筋電図の関係を、積分筋電図、タイミング、呼吸筋の相互関係を検討した。

4. 研究成果

(1) 呼吸筋筋電図測定

呼吸筋への電極留置

腹横筋 (TA)、傍胸骨肋間筋 (PA)、オトガイ舌筋 (GG) への筋電図電極は超音波ガイド下で可視化に安全に刺入することが可能であった。

筋活動の記録

様々な呼吸性、非呼吸性動作に対する筋活動の記録が可能であった。さらに、実験終了時に再現性を確認し、電極が最後まで留置され、記録されていることを実証することができた。なお、呼吸性動作の際には気流流速や換気量などの呼吸指標と連動して記録し、呼吸リハビリテーション時の様々な動作における呼吸筋筋活動も記録することができた。特に吸気呼吸トレーニング時にはそれぞれの強い筋活動に伴い、十分な換気量が得られた。これらは想定されていたことではあるが、本法のような筋電図測定で確認しているものは過去には少なく、貴重な基本的な資料となった。

(2) 呼吸筋力測定

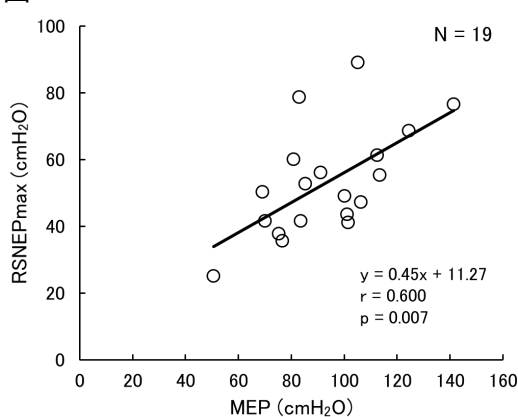
吸気呼吸筋力測定 (実験系の確認)

sniff (鼻をすする動作) 時の最大鼻腔内圧 (maxSNIP) と最大吸気口腔内圧 (maxMIP) は従来の我々の報告と同様に相関関係 ($p < 0.05$) を認めた。また、同時に PA の筋電図の筋活動は SNIP の強さと相関した ($p < 0.05$)。以上の結果から、実験回路、筋活動、筋電図測定等の妥当性を確認することができた。

呼気呼吸筋力測定

逆 sniff (鼻をかむ動作) 時の最大鼻腔内圧 (maxR-SNEP) と最大呼気口腔内圧 (maxMEP) との間にも相関関係を認めた (図 2)。

図 2



(3) 呼気呼吸筋筋力と呼吸筋筋活動

SNEP と呼気呼吸筋 (腹横筋: TA) 筋活動

様々な圧の SNEP を被験者から得て、その際の TA 筋活動を比較すると、すべての被験者で両者には正の相関を得た (図 3、4、5)。

図 3

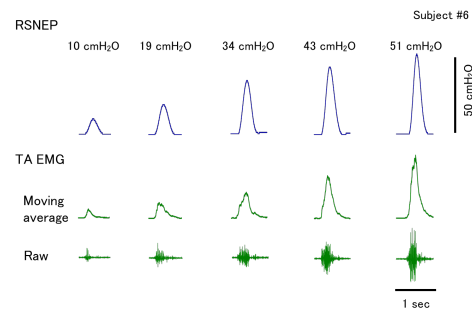


図 4

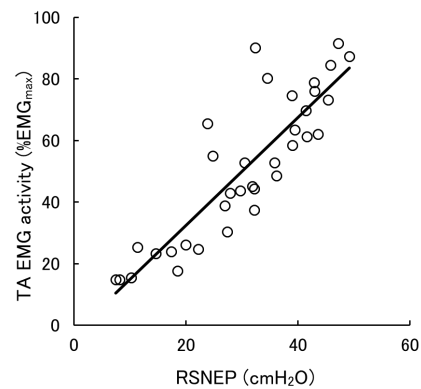


図 5

subjects	slope*	r	p
#1	2.35	0.559	0.02
#2	2.51	0.604	0.03
#3	1.36	0.975	< 0.001
#4	3.48	0.771	0.002
#5	0.68	0.881	< 0.001
#6	0.77	0.847	< 0.001
#7	0.36	0.910	< 0.001
#8	1.75	0.871	< 0.001

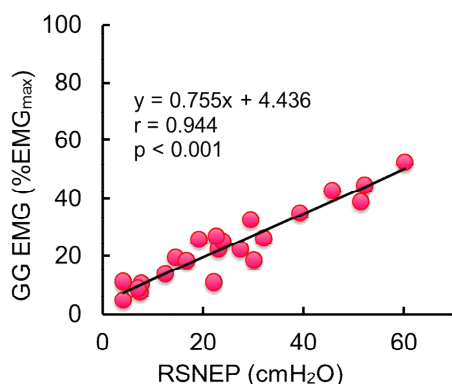
* slope = %EMG_{max} / RSNEP

また、TA の筋活動は R-SNEP の圧発生開始と同時にまたは直前から出現した。以上の所見から、R-SNEP が呼気呼吸筋 (TA) 筋活動を的確に示していると考えられた。

SNEP と上気道筋 (オトガイ舌筋: GG)

GG は TA と同様に SNEP の圧の上昇に伴ってその筋活動の増加を認めた (図 6)。SNEP 発生には上気道筋も関与することが考えられた。

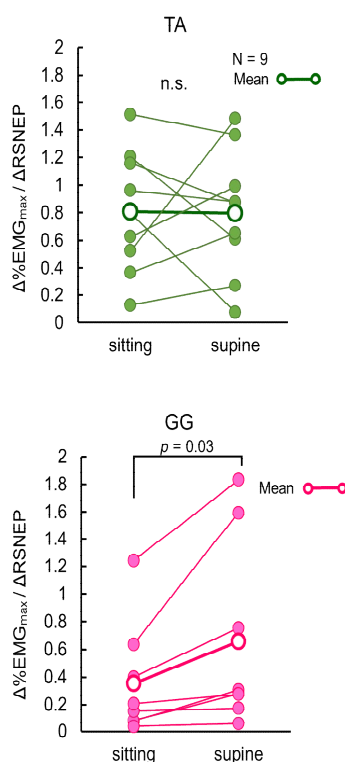
図 6



SNEP に対する TA と GG の筋活動の相違

TA と GG の筋活動はともに SNEP に対して正の相関関係を持つが、発生する SNEP に対する筋活動は TA では座位と仰臥位では同様であったが、GG は仰臥位において座位に比してより強い筋活動が見られ、SNEP を発生する際に GG は姿勢の影響を受けると考えられた (図 7)。

図 7



(4) 研究成果のまとめ

呼吸筋筋力を的確に評価することは呼吸リハビリテーションを考える上で重要である。本研究は maxR-SNEP という新しい呼吸筋筋力の評価法を示した重要な基礎的な研究となった。

今回我々が新たに考案した maxSNEP は、従来、呼吸筋筋力として使用されている maxMEP に比して被検者への負担が小さく、

簡便に行うことができるため、その臨床応用は広いものと考えられる。実際に maxMEP は maxR-SNEP に比してより長時間の呼気努力を必要とするため高齢者や COPD を代表とする慢性呼吸器疾患では困難なことが多く、再現性にかけることがある。maxR-SNEP は一瞬の呼気努力で測定が可能であり、繰り返し測定が可能で、再現性には優れる。さらに、今回の研究で R-SNEP が上気道筋の筋活動も反映していることが示された。このことから、呼吸筋障害と併せて上気道筋障害が引き起こされるような神経筋疾患 (筋萎縮性側索硬化症、ギランバレー症候群、重症筋無力症) において、呼吸筋と上気道筋を包括した機能評価に役立つと考えられた。

今後の課題としては実際の疾患において maxP-SNEP の有用性を検討することが必要である。また、maxR-SNEP と maxMEP の呼吸生理学的相違として、両者の圧発生時の筋活動のタイミング、姿勢の影響、活動する呼吸筋の相互の協調性などを測定・解析し、呼吸器疾患のみならず神経筋疾患における測定意義を検討することで一層臨床応用に役立つ情報が得られると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 5 件)

市川毅、横場正典、石井直仁、高倉晃、木村雅彦、片桐真人 Reverse sniff 時の呼気筋および上気道筋の筋活動と呼気鼻腔内圧の関係 第 54 回日本呼吸器学会学術講演会、2014 年 04 月 26 日、大阪

T. Ichikawa, M. Yokoba, A. Takakura, M. Kimura, N. Ishii, M. Katagiri Expiratory muscle and upper airway muscle activity during reverse sniff. 18th congress of Asian Pacific Society of Respiriology 2013 年 11 月 13 日 Yokohama

市川毅、横場正典、石井直仁、高倉晃、木村雅彦、片桐真人 Reverse sniff 時の呼気鼻腔内圧と呼気呼吸筋力の関係について。第 53 回日本呼吸器学会学術講演会、2013 年 04 月 19 日、東京

M. Yokoba, T. Ichikawa, N. Ishii, A. Takakura, M. Kimura, M. Katagiri Effects of long and short acting beta2-agonists on respiratory muscles during hypercapnia. European Respiratory Society annual congress 2012, 2012 年 09 月 04 日, Vienna Austria.

T. Ichikawa, M. Yokoba, N. Ishii, A. Takakura, M. Kimura, M. Katagiri Expiratory muscle activity and nasal

expiratory pressure during reverse sniff.
European Respiratory Society annual
congress 2012, 2012年09月04日, Vienna
Austria.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片桐 真人 (KATAGIRI, Masato)
北里大学・医療衛生学部・教授
研究者番号：50152674

(2) 研究分担者

石井 直仁 (ISHII, Naohito)
北里大学・医療衛生学部・教授
研究者番号：80212819

横場 正典 (YOKOBA, Masanori)
北里大学・医療衛生学部・講師
研究者番号：80316942

木村 雅彦 (KIMURA, Masahiko)
北里大学・医療衛生学部・講師
研究者番号：20458748

高倉 晃 (TAKAKURA, Akira)
北里大学・医学部・助教
研究者番号：20458813

和田 真由子 (WADA, Mayuko)
北里大学・医学部・助教
研究者番号：40348537
(平成24年度まで)