

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：35303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500613

研究課題名(和文)三次元動作解析システムによる強制吸気・呼気時の胸郭運動評価

研究課題名(英文)Chest wall motion analysis of subjects applied insufflation-exsufflation

研究代表者

花山 耕三 (HANAYAMA, Kozo)

川崎医科大学・医学部・教授

研究者番号：80189589

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：三次元動作解析システムを用いたOptoelectronic pletysmography(以下、OEP)を用いて、排痰補助装置による強制吸気・呼気を行った際の胸郭運動を解析した。健常者では、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ 以上の圧では随意的肺活量より多い換気が得られたが、筋ジストロフィー患者ではより低い圧でも肺活量より多い換気が得られた。また、それらの換気は多くは胸郭下部ないし腹部の体積変化の寄与が大きかった。仰臥位と 45° リクライニング位での換気については明らかな差異を認めなかった。

研究成果の概要(英文)：We analyzed chest wall motion of healthy subjects and patients with paralytic condition using optoelectronic pletysmography. The ventilatory volume of MI-E exceeded voluntary vital capacity in healthy subjects when the insufflation-exsufflation pressure was set at $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ or more, whereas in patients with muscular dystrophy, it was larger even when the pressure was set at $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$. The volume changes of chest wall with mechanical insufflation-exsufflation attributed mainly to those of the abdominal compartment. Regarding posture, we did not recognize significant differences between supine and 45° head-up position.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：呼吸リハビリテーション 排痰補助装置 神経筋疾患 脊髄損傷 拘束性換気障害

1. 研究開始当初の背景

(1) 呼吸リハビリテーションは、慢性閉塞性肺疾患をはじめとする呼吸器疾患のみならず、多くの疾患で必要とされている。その中で、肺・胸郭の可動性を保ち、気道を有効に清浄化することはすべての疾患に重要な呼吸器のコンディショニングの一つである。臨床現場ではそれらの手技は主に理学療法士により担われてきたが、近年排痰補助装置 (mechanical insufflation-exsufflation ; 以下 MI-E) が利用されるようになり、強制吸気・呼気を使用者によらず比較的均一な条件で行うことが可能となってきた。しかし、今までにこれらの手技が胸腹部のどの部分に作用しているかの検証はなされておらず、それを明らかにすることは呼吸リハビリテーション遂行の上で重要と考えられる。

(2) 三次元動作解析システムを用いた Optoelectronic pletysmography (以下、OEP) は被験者の胸腹部に設置されたマーカーを赤外線カメラで撮影し、呼吸運動を解析するものである。これは、マウスピースなどを必要とせずに胸郭上部、下部、腹部に分けて肺気量の変化をとらえることができる点で有用な評価法である。この方法は呼吸リハビリテーション手技の有効性を明らかにするうえで有用であると期待される。

2. 研究の目的

(1) 呼吸リハビリテーションの重要な手段である強制送気による肺の拡張、呼気介助による気道分泌物の除去を行う MI-E が胸腹部のどの部分に作用しているのかを OEP を用いて明らかにし、自力での深吸気・呼気における胸郭運動と比較することにより、適切な圧、体位について検討する。

(2) 健常者と各疾患患者における MI-E の胸腹部運動に及ぼす影響について検討するための予備的検討を行う。

3. 研究の方法

以下の研究は、東海大学医学部臨床研究審査委員会および川崎医科大学・同附属病院倫理委員会の承認を得て行った。

(1) 健常者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

健常成人男性を対象とし、OEP とスパイロメトリー (ミナト医科学社製エアロモニター AE300S) による換気量計測を同時に行った。呼吸器疾患、神経筋疾患の既往がある者、気胸、気縦隔の既往がある者は除外した。OEP は、Oxford Metrics 社製光学式三次元動作分析装置 (VICON MX システム) を用いた。胸腹部体表前側面に反射マーカーを貼付し、5 台の赤外線カメラにて画像を経時的に撮影、記録した。反射マーカーの位置データを 100 Hz のサンプリング周波数にてハードディスクに取り込んだ。

プロトコール：被験者に説明を行い、同意を得たのちに、上半身脱衣のうえ仰臥位とし、スパイロメトリーに接続したフェイスマスクの装着、胸腹部前側面への 45 個の反射性マーカー貼付を行った。ベッドに 3 個の反射性マーカーを置き、背面の平面を設定した。まず、通常の肺活量の計測を行った。次に、排痰補助装置 (フィリップス・レスピロニクス社製カフアシスト) をフェイスマスクに接続し、被験者に自発的に強い吸気・呼気を行わないように指示し、リラックスさせた。休憩を取りながら、MI-E の圧を $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 50\text{cmH}_2\text{O}$ の順で 1 回ずつ強制吸気を行い、即座に強制呼気モードに切り替えた。MI-E 使用中の換気量とマーカーの位置変化を計測した。最後に、もう一度肺活量測定を行った。同様のプロトコールで 30° 頭部挙上のリクライニング位についても計測を行ったが、仰臥位とリクライニング位の順番はランダムとした。得られたデータはオフラインで、スパイロメトリー

による換気量、OEP による胸腹部全体、上部胸郭、下部胸郭、腹部の体積変化について解析を行った。

(2) 筋ジストロフィー患者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

対象は補助換気を必要とせず、MI-E の使用経験のない成人男性筋ジストロフィー患者とした。機器の設定は健常者と同様とした。仰臥位にて肺活量測定の後、MI-E の圧を順に $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$ として行った。さらに 45° 頭部挙上のリクライニング位についても同様に行った。

(3) 脊髄損傷患者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

慢性期の成人男性頸髄損傷患者で、(2) 同様補助換気を必要とせず、MI-E の使用経験のない者を対象とした。仰臥位にて健常者同様の OEP の機器の設定を行った。スパイロメトリーは同時には行わなかった。通常の安静呼吸と深呼吸を行い、そのマーカー位置変化を計測した。

4. 研究成果

(1) 健常者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

健常成人男性 20 名の測定を行い、全例解析可能であった。被験者の年齢は 31.0 ± 4.9 歳、身長 $171.4 \pm 4.6\text{cm}$ 、体重 $66.8 \pm 8.0\text{kg}$ であった。肺活量は平均 3.9l であった。スパイロメトリーで計測された換気量と OEP で計測された体積変化はよく一致していた。健常者における MI-E 施行時の換気量は、MI-E の圧が $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ では肺活量より少なく、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ 以上では肺活量より有意に大きく、 $\pm 50\text{cmH}_2\text{O}$ まで設定圧が上がるにつれ換気量は大きくなっていった。また、各コンパートメントの体積変化は、MI-E の設定圧が上がるほど増大する傾向にあったが、上部胸

郭においては $\pm 50\text{cmH}_2\text{O}$ においても肺活量と有意差はなかった。一方、下部胸郭、腹部においては $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$ 以上で肺活量測定時より有意に大きくなっていった。全体としては、MI-E で一定以上の圧をかけると随意的な換気よりも大きな換気が得られるが、その呼吸は下部胸郭、腹部優位であり、上部胸郭に関しては随意的換気で十分に拡張されていると考えられた。

45° リクライニング位では、全体の換気量、各コンパートメントの換気量は、仰臥位と比較して、随意的肺活量、MI-E の各圧設定で有意な差を認めなかった。しかし、 45° リクライニング位では、胸腹部の最大体積が仰臥位に比べて減少しており、脊椎や軟部組織に対する重力の影響が無視できないと考えられた。計測方法を含め、姿勢を変えた場合のデータをいかに扱うかについては今後検討が必要と考えられた。

(2) 筋ジストロフィー患者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

成人筋ジストロフィー患者 4 例について、OEP ならびにスパイロメトリーによる計測を行った。内訳は、筋強直性ジストロフィー 2 例、肢帯型筋ジストロフィー 2 例であった。年齢は 56.6 ± 9.5 歳、身長 $170.0 \pm 9.1\text{cm}$ 、体重 $60.0 \pm 15.0\text{kg}$ であった。肺活量は 20 前後であった。これらの症例においては $\pm 40\text{cmH}_2\text{O}$ の圧では信頼性のある計測ができず、 $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ の結果を解析した。その結果、随意的肺活量、 $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ 、 $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ の順に換気量は大きくなっていき、いずれも有意の差であった。すなわち、この条件の成人筋ジストロフィー患者では $\pm 20\text{cmH}_2\text{O}$ という低めの圧においても胸腹部の拡張効果があるという結果が得られた。また、各コンパートメント、さらに姿勢については、有意な差を認めなかった。

(3) 脊髄損傷患者における MI-E 使用時の換気量と胸腹部体積変化

頸髄損傷患者 5 例について、OEP による計測を行った。年齢は 45.0 ± 21.3 歳、身長 172.4 ± 4.3 cm、体重 49.1 ± 6.4 kgであった。受傷からの日数は、 635 ± 493 (363 ~ 1511) 日、神経学的レベルおよび ASIA impairment scale は、C4 3 例、C5、C6 それぞれ 1 例、A が 4 例、C が 1 例であった。腹部体積変化は全体の体積変化に安静時呼吸で 88.3%、深呼吸で 78.7% 寄与していた、また、安静時呼吸では、吸気により上部胸郭の体積が平均 7.2% 減少することが観察された。頸髄損傷については、今後さらに症例を重ね、検討を続けたい。

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 8 件)

Hanayama K, Hyodo M, Sugiyama T, et al: Thoracoabdominal Dynamics with Mechanical Insufflation-Exsufflation on Healthy Subjects as Evaluated with Optoelectronic pletysmography. 9th International Congress of ISPRM, 2015.6.19-23, ベルリン(ドイツ)

Sugiyama T, Hanayama K, et al: Measurement of chest wall volume during quiet breathing in supine position in patients with cervical spinal cord injury. 9th International Congress of ISPRM, 2015.6.19-23, ベルリン(ドイツ)

杉山岳史、花山耕三、兵頭昌樹他：頸髄損傷患者における安静呼吸時、深呼吸時の胸腹部運動評価。第 52 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2015.5.28-5.30、朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

兵頭昌樹、花山耕三、正門由久他：Mechanical Insufflation-Exsufflation 時の換気量と胸腹部体積への角度の影響 ~ 筋ジ

ストロフィ患者での検討。第 52 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2015.5.28-5.30、朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

兵頭昌樹、花山耕三、正門由久他：Mechanical Insufflation-Exsufflation 時の換気量と胸腹部体積変化 ~ 筋ジストロフィ患者での検討。第 51 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2014.6.5、名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)

堀川真里、兵頭昌樹、花山耕三、正門由久他：Gatch up 角度を変化させた際の Mechanical Insufflation-Exsufflation 施行時の換気量および胸腹部運動の三次元動作分析。第 49 回日本理学療法学術大会、2014.5.30、パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)

市川毅、兵頭昌樹、花山耕三、正門由久他：MI-E 施行時の換気量および胸腹部運動の 3 次元動作分析。第 23 回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会、2013.10.11、東京ドームホテル(東京都文京区)

兵頭昌樹、花山耕三、正門由久他：Mechanical Insufflation-Exsufflation 時の胸腹部体積変化。第 50 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2013.6.15、東京国際フォーラム(東京都千代田区)

6. 研究組織

花山 耕三(HANAYAMA, Kozo)

川崎医科大学・医学部・教授

研究者番号 80189598

(2) 研究分担者

正門 由久(MASAKADO Yoshihisa)

東海大学・医学部・教授

研究者番号 10173733

児玉 三彦(KODAMA, Mitsuhiko)

東海大学・医学部・講師

研究者番号 90317777

笠原 隆(KASAHARA, Takashi)

東海大学・医学部・講師

研究者番号 00366014

青野 宏治(AONO, Koji)

東海大学・医学部・助教

研究者番号 30459416

(3) 研究協力者

兵頭 昌樹(HYODO, Masaki)

杉山 岳史(SUGIYAMA, Takefumi)