

令和元年6月5日現在

機関番号：35303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01403

研究課題名(和文) 脊髄損傷患者の呼吸運動評価と強制吸気・呼気の有効性

研究課題名(英文) Chest motion analysis of patients with spinal cord injury and the effect of insufflation and 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) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：三次元動作解析システムを用いて、頸髄損傷者の胸郭運動および機械による強制吸気・呼気の影響を解析した。その結果、頸髄損傷者では安静吸気時に上部胸郭体積が減少する奇異性運動がみられること、頭部挙上位で仰臥位より体積変化が減少し換気に不利であること、これは主に腹部の体積変化が関与していること、強制吸気により胸腹部体積は増加したが、胸郭においてはある一定の圧以上で頭打ちになる可能性があることなどの知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

頸髄損傷者で急性期に特徴的とされる奇異性呼吸は慢性期にも残存していること、頸髄損傷者においては仰臥位の方が頭部挙上位の方が換気量が多いことなど興味深い知見が得られた。高齢社会において、高齢の頸髄損傷者も増加しているが、その呼吸障害の一端が明らかになったことにより、呼吸器合併症の予防などに今回の研究成果や今後得られる知見が生かされることが期待される。

研究成果の概要(英文)：We analyzed chest wall motion of patients with cervical spinal cord injury and the effect of mechanical insufflation and exsufflation using a three-dimensional motion analysis system. As a result, in patients with cervical spinal cord injury, paradoxical movement was observed in which the upper thorax volume decreases during inhalation of quiet breathing, and the change in chest wall volume is reduced at head-up position compared with supine position which was mainly caused by the difference of abdominal volume change. Regarding mechanical insufflation, we found that increase in rib cage volume according to insufflation plateaued at certain insufflation pressure or higher.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：脊髄損傷 呼吸リハビリテーション 四肢麻痺 排痰補助装置 拘束性換気障害

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

頸髄損傷者は麻痺性の呼吸障害を呈するが、急性期を脱した後は一部の高位頸髄損傷者を除いて、換気や排痰について特に問題なく経過することが一般的である。しかし実際は、健常者より肺活量や咳嗽能力が低いままであることが少なくない。肺活量は19歳をピークに年間1%の割合で減少するとされ、加齢により健常者より早く呼吸障害が顕在化してくる可能性がある。

研究開始時点では、頸髄損傷者の OEP による呼吸運動解析の報告は渉猟しえた範囲ではなされておらず、慢性期頸髄損傷者の胸腹部の分画に着目した呼吸運動パターンの詳細な解析はなされていなかった。さらに、麻痺性疾患の呼吸リハビリテーションにおいて胸郭の可動域の維持は重要であるが、そのためには強制吸気・呼気が必要とされる。我々は、過去に健常者における強制吸気・呼気の影響について三次元動作解析システムによる Optoelectronic plethysmography (以下、OEP) を用い解析し報告したが、頸髄損傷者における呼吸運動パターンや強制吸気・呼気時の胸郭の動きを知ることがこれらの患者の呼吸リハビリテーションを行う際に有用な知見をもたらすと考えた。

2. 研究の目的

- (1) 慢性期の頸髄損傷者の呼吸の際の胸腹部運動のパターンおよびそれへの姿勢の影響を OEP により分析すること
- (2) 強制吸気・呼気が肺活量、咳のピークフロー、呼吸筋力や胸腹部体積変化にどのような影響を与えるかを明らかにすること

3. 研究の方法

以下の研究は吉備高原医療リハビリテーションセンター倫理委員会の承認を得て行った。また、実験開始にあたりすべての被験者から書面で同意を得た。

(1) OEP

OEP の測定には、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。被験者に説明を行い、同意を得たのちに、上半身脱衣の上、胸腹部体表前側面に胸腹部前側面への 45 個の反射マーカーを貼付し、6 台の赤外線カメラにて画像を経時的に撮影、記録した。ベッドに 4 個の反射性マーカーを置き、背面の平面を設定した。反射マーカーの位置データを 120Hz 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。得られたデータはオフラインで、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。なお、マーカーが貼付されていない背面についてはベッド上のマーカーから規定された面に胸腹壁の前面・側面のマーカーから垂線を下ろし、その交点を仮想の背面マーカーとした。

(2) 頸髄損傷者の呼吸運動の解析

発症から半年以上経過した自発呼吸が可能で 4 週間にわたり急性の呼吸器疾患歴のない成人男性の頸髄完全損傷者 (ASIA impairment scale A) を対象とした。認知機能などが原因で指示に従えない者は除外した。

反射マーカーの貼付後、仰臥位にて安静時呼吸、深呼吸を被験者に行わせ、そのマーカーの位置データを記録した。続いて頭部 30° 挙上位、60° 挙上位にても同様に行った。前述の方法でそれぞれの胸腹部体積変化について解析した。

(3) 頸髄損傷者に対する強制吸気・呼気の影響

頸髄損傷患者の自発呼吸パターンの解析に加え、排痰補助装置 (mechanical insufflation-exsufflation ; 以下 MI-E) を頸髄損傷患者に応用した際の胸腹壁の体積変化ならびに MI-E 応用時の各種呼吸パラメータについての即時効果を検討した。対象は ASIA A、B、C、D の受傷後 180 日以上経過した頸髄損傷者で、仰臥位の姿勢にて、深呼吸時と MI-E 使用時の胸腹壁体積変化を OEP で、MI-E 施行前後の咳のピークフロー (CPF) 努力肺活量、1 秒量、最大吸気圧 (P_Imax) 最大呼気圧 (P_Emax) をスパイロメトリーで評価した。なお、MI-E の設定圧は陰圧と陽圧を ±30 cmH₂O、 ±40 cmH₂O、 ±50 cmH₂O とし、それぞれの圧について計測した。

4 . 研究成果

(1) 頸髄損傷者の呼吸運動の解析

安静時呼吸での胸腹部体積と各区画体積の変化

頸髄損傷者群 5 例 (全例男性、年齢 42.0 ± 14.1 歳、全例 ASIA A で神経学的レベル C4 2 例、C5 2 例、C8 1 例) と対照群 5 名 (全例男性、年齢、身長でマッチさせた) との各姿勢での安静時呼吸での胸腹部とその各区画体積の変化について比較したところ、頸髄損傷者群では、腹部と胸腹部全体の体積変化が、30 ° より 60 ° で有意に減少した。また、頸髄損傷者群ではすべての姿勢で上部胸郭体積の変化が負の値をとり、吸気時に胸部が縮小するいわゆる奇異性呼吸を呈していた。胸腹部全体に占める上部胸郭の割合は、0 °、30 °、60 ° それぞれで、-8.0%、-9.5%、-10.7% であった。

深呼吸での胸腹部体積と各区画体積の変化

頸髄損傷者群と対照群の各姿勢での深呼吸での胸腹部とその各区画体積の変化を検討したところ、頸髄損傷者群に安静時呼吸で見られた奇異性呼吸は認められなかった。胸腹部全体の体積については、スパイロメトリーでの肺活量に相当する値は、0 °、30 °、60 °、それぞれ約 2.4 L、約 1.9 L、約 1.5 L あった。また、区画ごとの比較では、頸髄損傷者群における胸腹部全体に占める腹部の割合は、0 °、30 °、60 ° それぞれ、80.7%、91.3%、82.4% であった。

呼気予備量

呼気予備量の姿勢による影響について検討した。各姿勢で胸腹部体積全体に占める呼気予備量の割合は、頸髄損傷者群で低い傾向がみられるも有意差を認めなかった。また、頭位挙上により、換気に占める呼気予備量の割合は、両群とも増加する傾向がみられたが有意差を認めなかった。

(2) 頸髄損傷者に対する強制吸気・呼気の影響

対象となったのは慢性期頸髄損傷者 14 例 (全例男性、年齢 56.2 ± 13.6 歳、ASIA impairment scale B4 例、C1 例、D9 例) であり、MI-E にて強制吸気・呼気を行ったところ、1) 胸腹部全体の体積変化は深呼吸に比べ、±40 cmH₂O 以上の圧で有意に増加した。2) 上部胸郭、下部胸郭の体積変化は ±30 cmH₂O 以上の圧で有意に増加したが、±50 cmH₂O まで圧を上げて ±30 cmH₂O と差を認めなかった。3) 腹部の体積変化は、圧の増加に伴い増加する傾向は認めるも、深呼吸と比べいずれの圧でも有意な差を認めなかった。また、MI-E 施行前後の CPF、努力肺活量、1 秒量、PE max には有意な差を認めなかったが、PI max は有意に増加した。

今回の研究を通じて、頸髄損傷者の急性期に特徴的な奇異性呼吸は、慢性期においてもみられることがわかった。また、姿勢による換気の変化は仰臥位で換気量が減少する神経筋疾患と異なり頭部挙上位で肺活量が減少し、その要因は腹部の体積変化が大きく寄与していることが明らかとなったことは、今後の呼吸リハビリテーション手技について参考となると思われる。

さらに、強制吸気・呼気においては設定圧を上げることにより換気量は増大するが、胸郭においては $\pm 30\text{cmH}_2\text{O}$ でプラトーとなり、胸郭コンプライアンスの著しい低下が疑われた。胸郭の柔軟性改善については、今後さらに検討が必要と考えられた。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

1. Sugiyama T, Hanayama K, Metani H, Seki S, Tsubahara A, Furusawa K, Hyodo M: Assessment of chest movements in tetraplegic patients using a three-dimensional motion analysis system. *Kawasaki Med J* 43(2): 95-105, 2017、査読有

〔学会発表〕(計9件)

1. Hanayama K, Sugiyama T, Hyodo M, Metani H, Seki S, Abe H, Hiraoka T: Thoraco-abdominal asynchrony analysis using optoelectronic plethysmography in patients. 12th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, 2018
2. 杉山岳史、花山耕三、椿原彰夫、古澤一成、兵頭昌樹: Orto-electronic plethysmographyを用いたMechanical Insufflation-Exsufflation時の換気量と胸腹部体積～慢性期頸髄損傷者での検討. 第2回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会 . 2018
3. Hanayama K, Sugiyama T, Tsubahara A, Hyodo M, Shimizu S, Hiraoka T, Abe H: Three-dimensional motion analysis of chest wall in patients with chronic cervical spinal cord injuries. 11th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, 2017
4. Sugiyama T, Hiraoka T, Hanayama K, Tsubahara A, Furusawa K, Rokumyo Y, Nanba K: Effects of posture on chest wall kinematics in patients with cervical spinal cord injury. 10th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. 2016
5. 杉山岳史、花山耕三、椿原彰夫、古澤一成、兵頭昌樹: 3次元動作解析装置を用いた頸髄損傷者の深呼吸時の呼吸動作解析. 第53回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2016
6. 杉山岳史、平岡崇、花山耕三、古澤一成、六名泰彦、難波邦治、兵頭昌樹: 頸髄損傷患者における安静呼吸時、深呼吸時の胸腹壁運動評価. 第52回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2015
7. Sugiyama T, Hiraoka T, Hanayama K, Furusawa K, Rokumyo Y, Nanba K: Measurements of chest wall volume during quiet breathing and deep breathing in supine position in patients with cervical spinal cord injury. 9th World Congress of the International Society of Physical and Rehabilitation Medicine. 2015
8. 杉山岳史、平岡崇、花山耕三、古澤一成、六名泰彦、難波邦治、兵頭昌樹: 頸髄損傷患者における座位姿勢での安静時、深呼吸時の胸壁運動評価, 第25回日本呼吸ケア・リハビリテーション学会学術集会, 2015.
9. 杉山岳史、花山耕三、古澤一成、兵頭昌樹: 頸髄損傷患者の姿勢による胸腹壁運動の変化. 第36回日本リハビリテーション医学会中国・四国地方会, 2015

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：平岡 崇

ローマ字氏名：HIRAOKA Takashi

所属研究機関名：川崎医科大学

部局名：医学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 20351926

研究分担者氏名：関 聡介

ローマ字氏名：SEKI Sosuke

所属研究機関名：川崎医科大学

部局名：医学部

職名：講師

研究者番号(8桁): 10341124

研究分担者氏名：目谷 浩通

ローマ字氏名：METANI Hiromichi

所属研究機関名：川崎医科大学

部局名：医学部

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30330583

(2)研究協力者

研究協力者氏名：杉山 岳史

ローマ字氏名：SUGIYAMA Takefumi

研究協力者氏名：兵頭 昌樹

ローマ字氏名：HYODO Masaki

研究協力者氏名：古澤 一成

ローマ字氏名：FURUSAWA Kazunari

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。