

努力性吸気時における脊柱可動量の抑制の有無が呼吸機能に及ぼす影響

富田 健一^{1) 2)}, 木村 篤史^{1) 2)}, 永山 智貴¹⁾, 小西倫太郎¹⁾,
林 愛子¹⁾, 松本 渉¹⁾, 神田 佳明¹⁾, 垣村 将典¹⁾, 松本 和久^{1) 2)}

¹⁾ 明治国際医療大学 医学教育研究センター リハビリテーション科学ユニット

²⁾ 明治国際医療大学附属病院 総合リハビリテーションセンター

要旨：

【はじめに】

今回我々は努力性吸気時の脊柱の可動量の抑制が、呼吸機能に及ぼす影響を検証したので報告する。

【方法】

対象は呼吸器疾患および胸・腰椎疾患のない健康成人男性8名(年齢 22.8 ± 2.6 歳)とした。

呼吸機能検査は膝関節屈曲 90° 、足底全面接地した安楽端坐位を開始肢位として検査することとし、最大流速、努力性肺活量、%努力性肺活量、一秒率を開始肢位より吸気時の脊柱の可動量を抑制した状態での努力性呼吸(以下抑制吸気)と、吸気時の脊柱の可動量を抑制することなく努力性呼吸(以下無抑制吸気)を行った際の呼吸機能を測定した。

脊柱の可動量の解析は、第7頸椎、第3胸椎、第7胸椎、第10胸椎、第2腰椎、第4腰椎の各棘突起及び、左右の上後腸骨棘にマーカーを貼付し3次元ビデオ動作解析装置を用いて第7頸椎から第4腰椎の棘突起間の距離(以下脊柱可動量)を解析すると共に脊椎の角度変化量を評価した。

統計処理はWilcoxonの符号付順位和検定を用い有意水準は5%とした。

【結果】

無抑制吸気は抑制吸気と比較して脊柱可動量及び第3胸椎の伸展角度変化量(以下、Th3角)で有意に高値を示した。また呼吸機能では無抑制吸気は抑制吸気と比較して最大流速、努力性肺活量、%努力性肺活量において有意に高値を示した。

【考察】

抑制吸気と比較し無抑制吸気において努力性肺活量、%努力性肺活量で有意に高値を示した理由は、無抑制吸気では、脊柱可動量の増加により横隔膜へ加わる腹部臓器からの圧を減少させ、肺を拡張させる範囲を拡大させると共に、呼吸補助筋を有効に活動させた吸気を行ったためと考えられた。また、最大流速が増加した理由は、脊柱可動量の増加により、努力性呼吸筋である腹直筋が伸長され、収縮効率が向上したことにより増加したものと考えられた。

以上のことから、努力性吸気における脊椎可動量の増加は、呼吸機能を向上させる重要な要素であり、脊椎可動量の増加にはTh3角を向上させる必要があるものと考えられた。

【はじめに】

平成21年における厚生労働省の統計調査によると、日本人の死亡率第4位は肺炎であり¹⁾、70歳以上の高齢者に生じる肺炎の原因は、70%が誤嚥性肺炎であるとの報告もある事から²⁾、呼吸機能を維持・向上するための呼吸リハビリテーションは高齢者の健康維持に重要である。一般的な呼吸リハビリテーションには腹式呼吸や口すぼめ呼吸などの呼吸訓練や、呼吸筋力増強による運動耐用能の向上を目的とした呼吸筋トレーニング、胸郭の柔軟性や呼吸筋疲労の改善を目的とした呼吸筋ストレッチ体操などがあるが^{3), 4)}、呼吸時の脊柱の可動量に着目した呼吸訓練は少ない。

今回我々は、努力性吸気時の脊柱の可動量の抑制の有無が、呼吸機能に及ぼす影響を検証したので報告する。

【方法】

対象は呼吸器疾患および胸・腰椎に疾患のない健康成人男性8名(年齢 22.8 ± 2.6 歳、身長 169.3 ± 2.3 cm、体重 59.8 ± 4.5 kg)とした。

本研究は明治国際医療大学研究倫理委員会にて承認を得た後(認証番号22-11)、対象に対して本研究について十分説明し、同意を得た上で実施した。

呼吸機能検査は膝関節屈曲 90° 、足底全面接地

した安楽端坐位を開始肢位（図1）として、スパイロメーター（CHEST社製microspiro HI-298）を用い、最大流速、努力性肺活量、%努力性肺活量、一秒率を、脊柱の運動を抑制した呼吸様式と脊柱の運動を抑制しない呼吸様式の、2種類の呼



図1. 呼吸機能検査の開始肢位

呼吸機能検査の開始肢位は膝関節屈曲90°、足底全面接地した安楽端坐位で検査した。



図2. 呼吸機能検査の環境設定

安楽端坐位をとった被験者の正面に姿勢鏡を配置し、姿勢鏡に写った被験者の両肩峰を結んだ線を姿勢鏡上に標示した。

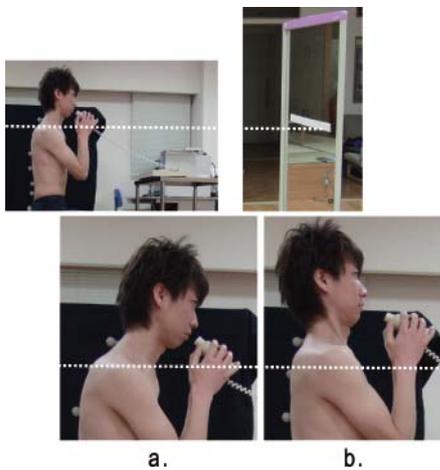


図3. 抑制吸気

抑制吸気は最大吸気時の両肩峰の高さが、姿勢鏡に標示した安楽端坐位時の両肩峰の線を超えないように施行した。a.を可とし、b.を不可とする。

吸様式で測定した。

脊柱の運動を抑制した呼吸様式：吸気時の脊柱の運動を抑制する為に、安楽端坐位をとった被験者の正面に姿勢鏡を配置し、姿勢鏡に写った被験者の両肩峰を結んだ線を姿勢鏡上に標示し（図2）、最大吸気時に標示より上方に肩峰が移動しない様に、脊柱の運動を調整しながら努力性呼吸（以下、抑制吸気）を行った際の呼吸機能を測定した（図3）。

脊柱の運動を抑制しない呼吸様式：吸気時の脊柱の運動を抑制することなく努力性呼吸（以下、無抑制吸気）を行った際の呼吸機能を測定した（図4）。

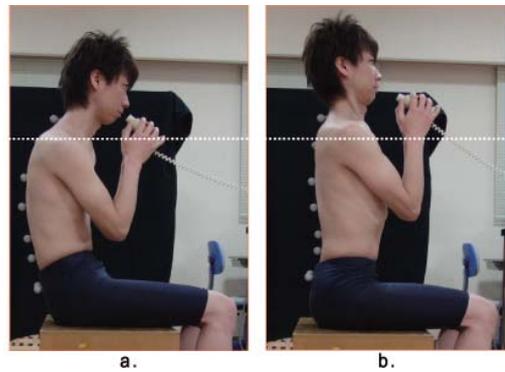


図4. 無抑制吸気

無抑制吸気は、最大吸気時に脊柱の可動量を抑制することなく、各被験者が自由に努力性呼吸を行った際の呼吸機能を測定した。a. は抑制吸気、b. は無抑制吸気を示す。

脊柱の可動量の解析は、第7頸椎、第3胸椎、第7胸椎、第10胸椎、第2腰椎、第4腰椎の各棘突起及び、左右の上後腸骨棘の計8カ所にマーカーを貼付し（図5）、4台のデジタルビデオカメラにて呼吸機能検査中のマーカー位置を撮影（図6）し、DKH社製3次元ビデオ動作解析装置「フレームディアスII」を用いて第7頸椎棘突起と第4腰椎棘突起の直線距離（以下、脊柱可動量）と脊柱の角度変化量を解析した。



図5. マーカー貼付位置



図6. 実験風景

呼吸機能検査中のマーカー位置を、4台のデジタルカメラにて撮影した。



図7. 脊柱可動量

脊柱可動量は、呼吸機能検査中の最大吸気時における第7頸椎棘突起と第4腰椎棘突起の直線距離を算出した(図7)。

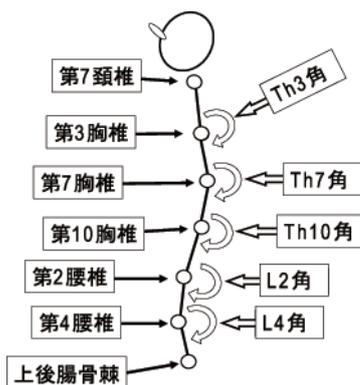


図8. 脊椎の角度変化量の測定部位

脊椎の角度変化量は、Th3角、Th7角、Th10角、L2角、L4角の5カ所を計測した。

脊椎の角度変化量の測定は、矢状面における第3胸椎を頂点として第7頸椎と第7胸椎で織り成す角度(以下、Th3角)、第7胸椎を頂点として第3胸椎と第10胸椎で織り成す角度(以下、Th7角)、第10胸椎を頂点として第7胸椎と第2腰椎で織り成す

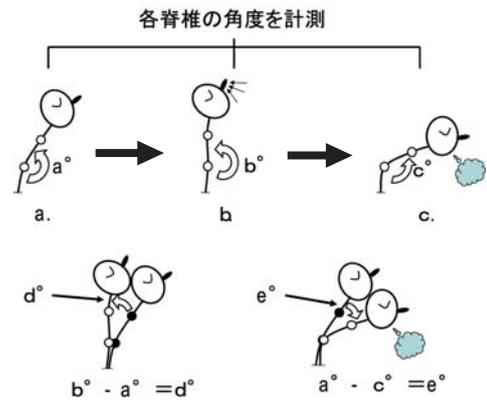


図9. 各脊椎の角度変化量算出方法

脊椎の角度変化量は、呼吸機能検査開始肢位(a)、最大吸気時(b)及び最大呼気時(c)それぞれの屈曲と伸展の角度(開始肢位の角度： a° 、最大吸気時の角度： b° 、最大呼気時の角度： c°)を計測し、 b° と a° の差より脊椎の伸展角度変化量(d°)を、また a° と c° の差より脊椎の屈曲角度変化量(e°)を算出した。

角度(以下、Th10角)、第2腰椎を頂点として第10胸椎と第4腰椎で織り成す角度(以下、L2角)、第4腰椎を頂点として第2腰椎と上後腸骨棘で織り成す角度(以下、L4角)(図8)を、呼吸機能検査開始肢位、最大吸気時、及び最大呼気時の屈曲と伸展の角度を計測し、最大吸気時と呼吸機能検査開始肢位の角度の差より脊椎の伸展角度変化量を、また呼吸機能検査開始肢位と最大呼気時の角度の差より脊椎の屈曲角度変化量を算出した(図9)。

統計処理は統計処理ソフトSPSS Ver. 11を用い、抑制吸気と無抑制吸気における脊柱可動量、脊椎の伸展及び屈曲角度変化量、呼吸機能をwilcoxonの順位和検定を用いて比較した。有意水準は5%とした。

【結果】

脊柱可動量は抑制吸気が 27.6 ± 14.0 mm、無抑制吸気が 53.2 ± 31.5 mmであり、無抑制吸気で有意な高値を示した(図10)。

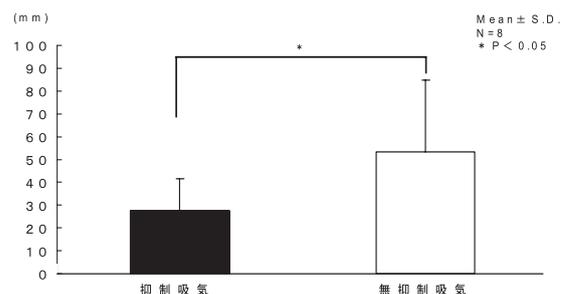


図10. 脊柱可動量

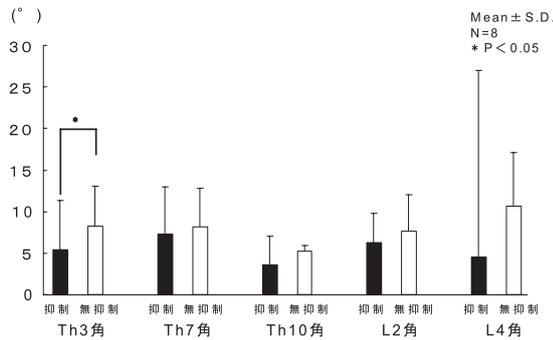


図11. 各脊椎の伸展角度変化量

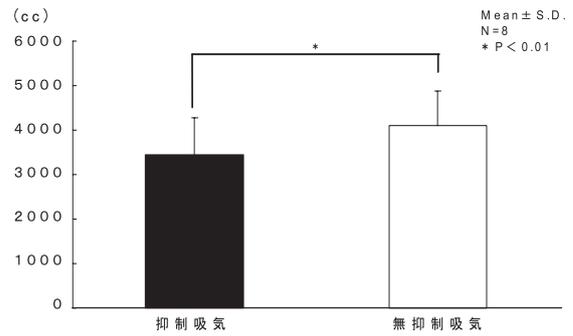


図14. 努力性肺活量

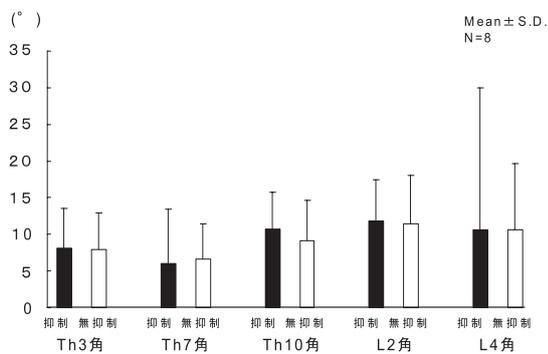


図12. 各脊椎の屈曲角度変化量

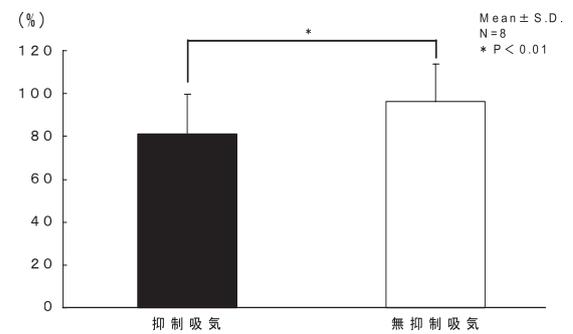


図15. %努力性肺活量

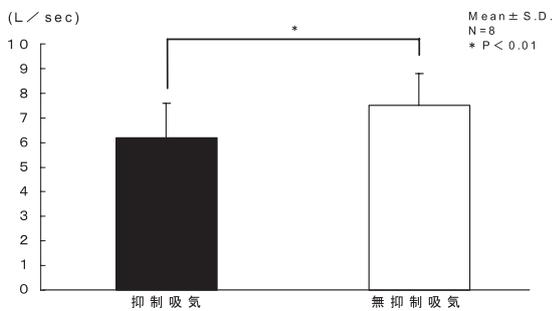


図13. 最大流速

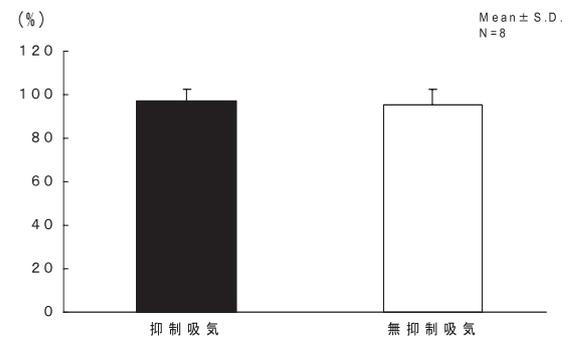


図16. 1秒率

脊椎の伸展角度変化量は、抑制吸気ではTh3角は $5.4 \pm 6.0^\circ$ 、Th7角は $7.3 \pm 5.6^\circ$ 、Th10角は $3.6 \pm 3.4^\circ$ 、L2角は $6.3 \pm 3.5^\circ$ 、L4角は $4.6 \pm 22.4^\circ$ であった。無抑制吸気では、Th3角は $8.2 \pm 4.8^\circ$ 、Th7角は $8.2 \pm 4.6^\circ$ 、Th10角は $5.2 \pm 0.7^\circ$ 、L2角は $7.6 \pm 4.4^\circ$ 、L4角は $10.6 \pm 6.5^\circ$ であり、Th3角において抑制吸気と比較し無抑制吸気で有意な高値を示した(図11)。

脊椎の屈曲角度変化量は、抑制吸気ではTh3角は $8.1 \pm 5.4^\circ$ 、Th7角は $6.0 \pm 7.4^\circ$ 、Th10角は $10.7 \pm 5.0^\circ$ 、L2角は $11.9 \pm 5.6^\circ$ 、L4角は $10.6 \pm 19.3^\circ$ であった。無抑制吸気では、Th3角は $7.9 \pm 5.0^\circ$ 、Th7角は $6.6 \pm 4.8^\circ$ 、Th10角は $9.1 \pm 5.6^\circ$ 、L2角は $11.4 \pm 6.6^\circ$ 、L4角は $10.6 \pm 9.0^\circ$ であり有意差は認めなかった(図12)。

呼吸機能の結果は、最大流速は抑制吸気 6.2 ± 1.4 L/sec、無抑制吸気 7.5 ± 1.3 L/secであり無抑制吸気で有意な高値を示した(図13)。

努力性肺活量では抑制吸気 3441.3 ± 832.7 cc、無抑制吸気 4095.8 ± 783.2 ccであり無抑制吸気で有意な高値を示した(図14)。

%努力性肺活量では抑制吸気 $81.0 \pm 18.7\%$ 、無抑制吸気 $96.4 \pm 17.4\%$ であり無抑制吸気で有意な高値を示した(図15)。

1秒率は抑制吸気 $97.1 \pm 5.5\%$ 、無抑制吸気 $95.3 \pm 7.2\%$ であり有意差はなかった(図16)。

【考 察】

本研究の結果より、抑制吸気と比較し無抑制吸気は脊柱可動量において有意に高値を示し、脊椎の伸展角度変化量では、Th3角において有意に高値を示したことから、抑制吸気では脊柱の運動を抑制した吸気が行なわれたものと考えられた。また呼吸機能において、抑制吸気と比較し無抑制吸気は最大流速、努力性肺活量、%努力性肺活量で有意に高値を示したことから、脊柱可動量及びTh3角の伸展角度変化量がこれらの呼吸機能に影響を与えることが考えられた。

姿勢の変化が呼吸に及ぼす影響を調査した先行研究としてSharpら⁵⁾は、4つの姿勢(仰臥位、立位、直立坐位、前傾坐位)で食道と胃の呼気終末と吸気終末時の内圧差と胸鎖乳突筋、斜角筋などの表面筋電記録値を計測し、立位と直立坐位では胃の内圧が減少し、仰臥位と前傾坐位では胃の内圧が増加していた。表面筋電記録値では立位と直立坐位で胸鎖乳突筋と斜角筋の活動が仰臥位と前傾坐位と比較し、有意に高値を示したと報告している。このことから、本研究において抑制吸気と比較し脊柱の可動量とTh3角の伸展角度変化量が有意に増加していた無抑制吸気において努力性肺活量、%努力性肺活量で有意に高値を示した理由は、無抑制吸気では、抑制吸気より体幹を伸展させ、直立坐位に近い姿勢で努力性吸気を行うことで、横隔膜へ加わる腹部臓器からの圧を減少させ、肺を拡張させる範囲を拡大させると共に、胸鎖乳突筋や斜角筋などの呼吸補助筋を有効に活動させた吸気を行ったためと考えられた。また、最大流速が増加した要因としては、体幹が伸展されることにより、努力性呼気筋である腹直筋の起始(胸骨剣状突起)と停止(恥骨)が離れ、腹直筋が伸長されるため収縮効率が向上したためと考えられた。一方で、脊椎の屈曲角度変化量及び一秒率において有意差を認めなかった理由は、今回設定した運動課題が、努力性吸気を行う際の脊椎運動のみを抑制したものであり、抑制吸気、無抑制吸気双方の努力性呼気時には制限因子は無かった為、脊椎の屈曲角度変化量及び一秒率に有意差が出現しなかったものと考えられる。

誤嚥性肺炎を高率で罹患する高齢者は、加齢に伴う筋力低下や骨粗鬆症等による脊椎の形態変化(特に脊柱後彎変形)により⁶⁾、胸郭を構成する脊椎の運動を、十分に参加させた呼吸を行う事が出来ない症例も多いと考える。近年、脊柱の後彎

が呼吸機能や胸郭運動に及ぼす影響を調査した先行研究は散見されるが^{7) 8)}、呼吸中の脊柱の運動を詳細に解析した研究は少ないため、これらの先行研究を発展させ、呼吸中の脊柱の運動を詳細に分析することで、より具体的な吸気訓練に繋がるものと考え本研究を実施した。結果より、努力性吸気における脊柱可動量の増加は、最大流速・努力性肺活量、%努力性肺活量を向上させる重要な要素であることが証明されたことから、高齢者に対する吸気訓練では、努力性吸気時に脊柱可動量を最大限活用させる為に必要な、最低限の筋力を維持すると共に、Th3角の伸展運動、すなわち第3胸椎を頂点として第7頸椎と第7胸椎で形成される角度を増加させる吸気様式を、意識的に行うように指導することが重要であると考えられた。

【参考文献】

- 1) <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/geppo/m2009/02.html>
- 2) 落合慈之監修, 石原照夫編, 鹿毛秀宣: 呼吸器疾患ビジュアルブック, 学研メディカル秀潤社, pp115-118, 2011.
- 3) 落合慈之監修, 石原照夫編, 植木純: 呼吸器疾患ビジュアルブック, 学研メディカル秀潤社, pp 372-381, 2011.
- 4) 谷本普一: 呼吸不全のリハビリテーション 改訂第2版, 南江堂, pp114-117, 1987.
- 5) Sharp JT et al: Postural relief of dyspnea in severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis* 122:201-211. 1980.
- 6) 池田亀夫, 西尾篤人, 津山直一: 図説臨床整形外科講座第1巻, 脊椎・脊髄, メジカルビュー社, 東京, pp128-151, 1984.
- 7) 仲保 徹, 山本澄子: 脊柱後彎位が胸郭運動に与える影響—Slump SittingとStraight Sittingの比較から—, *理学療法科学*, 24(5): 697-701, 2009.
- 8) 伊藤弥生, 山田拓実, 武田円: 円背姿勢高齢者の呼吸機能及び呼吸パターンの検討, *理学療法科学*, 22(3): 353-358, 2007.