侵襲的人工呼吸器管理のALS患者における ベッドアップに伴う気道内圧変化

*Changes in Airway Pressure due to Increase of Bed-backrest Angles in ALS Patients
undergoing Tracheostomy Positive Pressure Ventilation (TPPV) Management*

芝崎 伸彦¹⁾ 望月 久²⁾ 今井 哲也¹⁾ 沼山 貴也³⁾

NOBUHIKO SHIBASAKI¹⁾, HISASHI MOCHIZUKI²⁾, TETSUYA IMAI¹⁾, TAKAYA NUMAYAMA³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Sayama Neurology Hospital: 65 Kasashi, Sayama-shi, Saitama 350-1314, Japan.
TEL+81 4-2950-0500 E-mail: oiskaa@yahoo.co.jp

²⁾ Department of Medical Care Scientific Inquiry, Bunkyo Gakuin University

³⁾ Department of Neurology, Sayama Neurology Hospital

Rigakuryoho Kagaku 29(6): 961-963, 2014. Submitted Jun. 24, 2014. Accepted Aug. 2, 2014.

ABSTRACT: [Purpose] The purpose of this study was to measure the airway pressure of amyotrophic lateral sclerosis (ALS) patients at different bed-backrest angles. [Subjects] The subjects were 10 ALS patients under tracheostomy positive pressure ventilation (TPPV) management. [Methods] We measured the maximum airway pressure of ALS patient at 3 different bed-backrest angles (0°, 30°, 60°), using the airway pressure meter of the respirator. [Results] There were significant differences in maximum airway pressures, between 0° and 60°, and between 30° and 60°. [Conclusion] Maximum airway pressure of ALS patients under positive pressure ventilation increased as the bed-backrest angle was increased. It is necessary to pay attention to changes in airway pressure when elevating the head.

Key words: amyotrophic lateral sclerosis, mechanical ventilator, bed-backrest angles

要旨:〔目的〕筋萎縮性側索硬化症患者（ALS）のベッドアップ角度の姿勢の違いによる気道内圧変化を明らかにすることである。〔対象〕侵襲的人工呼吸器管理のALS患者10名とした。〔方法〕ベッドアップ角度0°（0°群）、30°（30°群）、60°（60°群）における、最高気道内圧を群間で比較した。〔結果〕60°群では、0°群および30°群と比較して最高気道内圧が有意に高かった。〔結語〕筋萎縮性側索硬化症患者の陽圧換気においてベッドアップ座位により気道内圧が増加することから、ベッドアップの際には気道内圧の変動に留意する必要がある。

キーワード: 筋萎縮性側索硬化症, 人工呼吸, ベッドアップ

¹⁾ 狭山神経内科病院 リハビリテーション科: 埼玉県狭山市加佐志65番地 (〒350-1314) TEL 04-2950-0500

²⁾ 文京学院大学大学院 保健医療科学研究科

³⁾ 狭山神経内科病院 神経内科

I. はじめに

気管切開をともなう侵襲的人工呼吸器管理（以下TPPV管理）となった後の筋萎縮性側索硬化症（以下ALS）の直接死因の1位は肺炎である¹ことから、排痰ケアは重要なケアの1つと位置付けられる。排痰の生理学を考えると、critical opening pressureと呼ばれる、気管支を閉塞した痰を吸気圧で突き破り排痰を促す閾値がある²ことは、気道内圧が排痰にとって重要であることを意味する。一方で高い気道内圧は圧損傷（barotrauma）と呼ばれる air leak や水または蛋白の透過性亢進などの病理変化も引き起こすため³、気道内圧の変動には留意する必要がある。

近年、人工呼吸器の装着中も積極的に離床が促され、特にTPPV管理後のALSにおいても立位や歩行だけでなくベッドアップや車椅子乗車などの離床を行うことが多くなっている⁴。ベッドアップは重力の影響を考慮した体位排痰法の1つとして知られているものの、ベッドアップ角度が気道内圧に与える影響は調査されていない。本研究の目的はTPPV管理のALS患者におけるベッドアップ角度による気道内圧の変化を検証することである。

II. 対象と方法

対象は自発呼吸のないTPPV管理のALS患者10名とした。その全員が人工呼吸器としてACOMA社のARF-900Eを使用し、volume controlled ventilationで呼吸管理を行っていた。対象の平均（標準偏差）年齢は67.8 ± 5.0歳、ALS発症からの期間の中央値（範囲）は78ヵ月（37～240ヵ月）、気管切開後期間は中央値39ヵ月（22～170ヵ月）、人工呼吸器装着期間の中央値は39ヵ月（22～170ヵ月）、厚生労働省におけるALSの臨床調査個人票重症度分類では10人全員が最重症の5度であった。対象にベッド上背臥位（ベッドアップ角度0°）およびベッドアップ座位（30°、60°）をそれぞれ5分間とらせ、先行文献⁵を参考に4分から5分までの間で測定を行い、姿勢保持が安定する時間を考慮した。またデータの信頼性を向上するため3回の換気における最高気道内圧と1回換気量を測定し、3回の測定の平均値を代表値とした。最高気道内圧および一回換気

量は人工呼吸器の表示を読み取ることで測定した。ベッドアップ角度は0度、30度、60度の順に段階的に変化させた⁵。ベッドアップ前には気管内吸引を行い、気管内分泌物の影響を除去できるよう留意した。ベッドアップに際して、膝関節は伸展位とし、ベッドアップして背もたれとなるベッド部分と殿部がずれないようにした。また、枕は通常使用しているものを用い、頸部が過度に屈曲しないよう留意した。上肢は体側に位置させた。ベッドアップ直後には背抜きを行うよう考慮した。評価者はTPPV管理のALS患者に対する理学療法の経験年数が4年以上のPT7名とした。

解析には、FreeJSTATを使用し、反復測定一元配置分散分析およびBonferroniの多重比較を用い、ベッドアップ角度0°（0°群）、30°（30°群）、60°（60°群）の水準間に有意差があるかどうかを検討した。

なお、この研究は当院の倫理委員会により承認された。本研究では研究依頼に際して、本研究の目的や方法、倫理的配慮について、意思表出可能な患者では本人より、意思表出不可能な患者では家族に十分な説明を行いその家族より、事前に同意を得た。

III. 結果

一回換気量の設定値は440.0 ± 82.2 mlであった。一回換気量は気道内圧を変動させる可能性が考えられたため、両者の相関を求めたところ、 $r=0.16$ ($p=0.64$)と有意な相関を認めなかった。各ベッドアップ角度での最高気道内圧を表に示す（表1）。ベッドアップ角度0°からベッドアップ角度60°に変化させることで最高気道内圧が平均値で4.5 cmH₂O、ベッドアップ角度30°からベッドアップ角度60°に変化させることで最高気道内圧が平均値で3.6 cmH₂O上昇していた。反復測定一元配置分散分析の結果、ベッドアップ角度に主効果が認められた。また多重比較の結果、0°群と60°群、および30°群と60°群の間に最高気道内圧の有意な差が認められた ($p<0.01$)。

IV. 考察

Scott P. Albertらの100%の含気を目指して行われた研究では、肺の含気は圧と時間に依存し、実に40秒40 cmH₂Oの気道内圧を必要としたとされる⁶。一方で気道内圧は高い場合に圧損傷（barotrauma）と呼ばれる気胸や水または蛋白の透過性亢進などの病理変化も引き起こし³、さらに25 cmH₂Oを超えると1 cmH₂O上昇するごとに3%ずつ死亡率を増加させる⁷リスクをもたらす。故に気道内圧は人工呼吸器管理において測定することが必要な指標であるといえる。本研究の結果からは自発呼吸のないALS患者にとってベッドアップ角度を

表1 ベッドアップ角度と最高気道内圧

	0°	30°	60°
最高気道内圧 (cmH ₂ O)	16.3 ± 1.7	17.2 ± 1.6	20.8 ± 2.0

* $p<0.01$.

60°にすることで、4 cmH₂O 程度の最高気道内圧上昇が確認された。私たちの研究においていえることは人工呼吸器の設定にもよるが、体位を調節することで気道内圧を操作できるという点までである。

次に気道内圧上昇の要因について考察する。一般的に座位や立位から臥位になると、横隔膜は4 cmほど挙上する⁸⁾といわれ、腹部臓器の圧迫にて横隔膜が押し上げられ肺胸郭コンプライアンスが低下する⁹⁾。これに当てはめるとベッドアップに伴い気道内圧は低下すると予測されるが、今回の検討では逆の結果が得られた。最高気道内圧変化の要因には肺胸郭コンプライアンスの他に、気流、呼吸器回路などがある。今回の検討では呼吸器回路に問題がみられた患者はおらず設定等の変更をしているものもない。気流は気管内径の変化や気管内分泌物の影響を受け、気管内径の変化は不明であるが、気管内分泌物はベッドアップ前には気管内吸引を行うことでその出現を極力取り除いた中で測定を実施するよう配慮している。以上より、最高気道内圧が変化した主たる要因は肺胸郭コンプライアンスと考えられる。肺胸郭コンプライアンスは胸郭の変化の影響も受ける。例えば脊柱後彎姿勢は胸郭の体積を減少させるとされ¹⁰⁾、本研究においては姿勢を考慮しているものの、ベッドアップに伴う脊柱後彎¹¹⁾が、影響を与えた可能性は否めない。一方、陽圧換気下では上側の含気が促されやすいことが知られており¹²⁾、それらは肺自体およびその他の臓器の「重量」による圧較差が生じることで説明される⁹⁾。つまり含気には肺胸郭コンプライアンスに加えて組織の「重量」を持ち上げる力が必要となり、ベッドアップにおいて肺が縦になるため「重量」の影響により気道内圧の上昇は必然である。また肺胸郭コンプライアンスの肺に関する要因として、下側には含気が促されにくく、気道内分泌物の貯留や無気肺などの下側肺障害が知られる。末梢気道領域は気道抵抗にほとんど関与せず、silent zoneと呼ばれる¹³⁾。しかし、障害の分布によりsilent zoneとはいい難い抵抗変化が生ずる可能性もある¹⁴⁾。背臥位では下側を背側面、座位では下側を下方面と捉えると、通常ベッドアップ角度0～30°の臥床症例では背上方側面の含気が促されにくく、60°で初めて気道内圧上昇に至った可能性があると考えられる。

本研究ではALS患者の陽圧換気においてベッドアップ座位により気道内圧が増加することが示され、したがってベッドアップによる気道内圧の上昇は背上方側の

含気を促す戦略となりうるだろう。特に排痰にとっては気道内圧を上昇することは望ましく、含気を促す手段だけでなく、呼気流量の確保にもつながると考える。ベッドアップにより同量の一回換気量で4 cmH₂Oの気道内圧変化が、排痰に必要なcritical opening pressureをつくりだせるか否か、また圧損傷などのリスクに係るかは否かについては不明であり、今後検討していかなければならない。

引用文献

- 1) 信國圭吾, 渡邊康之: ALS医療 TPPV施行のALS患者の直接死因と予後. 難病と在宅ケア, 2010, 16(1): 55-57.
- 2) 宮川哲夫, 一場友実: 排痰手技の再考. 理学療法科学, 2012, 39(4): 278-283.
- 3) 武田純三: 肺圧損傷と急性呼吸窮迫症候群 (ARDS). 日本集中治療学会誌, 2000, 7(4): 333-340.
- 4) 寄本恵輔: 筋萎縮性側索硬化症における呼吸理学療法への適応と有効性に関する研究. 医療, 2005, 59(11): 598-603.
- 5) 横井郁子: 段階的座位時の血圧と心拍変動に関する研究. 東京保健科学学会誌, 2003, 5(4): 225-229.
- 6) Albert SP, DiRocco J, Allen GB, et al.: The role of time and pressure on alveolar recruitment. J Appl Physiol. 2009, 106(3): 757-765.
- 7) Checkley W, Brower R, Korpak A, et al.: Effects of a clinical trial on mechanical ventilation practices in patients with acute lung injury. Am J Respir Crit Care Med, 2008, 177(11): 1215-1222.
- 8) Agostoni E, Mognoni P, Giorgio T, et al.: Relation between changes of rib cage circumference and lung volume. J Appl Physiol, 1965, 20(6): 1179-1186.
- 9) 諏訪邦夫: 肺・他臓器の「重量」とコンプライアンスとの関係. 日本臨床麻酔学会誌, 1985, 5(1): 24-31.
- 10) 正保哲, 山本澄子: 脊柱後彎姿勢が呼吸時の胸壁運動に及ぼす影響: 呼吸時体積変化の分析から. 理学療法科学, 2011, 26(6): 753-757.
- 11) 鈴木 哲, 植田一輝, 渡邊 進・他: ギャッジアップ角度の増加に伴うベッド上臥床時の脊柱カーブの変化: 2種類の座位姿勢との比較. 理学療法科学, 2011, 26(5): 699-702.
- 12) Froese AB, Bryan AC: Effects of anesthesia and paralysis on diaphragmatic mechanics in man. Anesthesiology, 1974, 41(3): 245-255.
- 13) Macklem PT, Mead J: Resistance of central and peripheral airway measured by a retrograde catheter. J Appl Physiol, 1967, 22(3): 395-401.
- 14) 三上智久: 肺におけるシステム理論. 日胸疾会誌, 1976, 14(10): 565-772.