

人工呼吸器を装着した患者の呼吸と嚥下の協調性に関する研究

植田 友貴¹・東嶋美佐子²

要 旨 気管切開をして人工呼吸器装着下での呼吸と嚥下の協調性について胸郭拡張のタイミングと嚥下音を分析し検討した。

対象は人工呼吸器を装着している筋強直性ジストロフィー患者2名, 筋萎縮性側索硬化症患者1名であった。方法はゼリー4ccを患者の良いタイミングで嚥下させ, その際の波形データを記録し, 得られたデータを, 吸気中嚥下, 呼気中嚥下, 休止期嚥下の3つに分類した。

結果は3症例ともに休止期嚥下が最も多く68～88%を占めていた。このことから人工呼吸器を装着した患者においても呼吸と嚥下の関連性の存在は示唆された。

さらに, 吸気中及び呼気中の嚥下が14%～31%確認された。吸気中及び呼気中の嚥下は人工呼吸器装着患者に特徴的な嚥下パターンと考えられ, 嚥下パターンの乱れによる誤嚥の可能性なども危惧された。

保健学研究 24(2): 25-29, 2012

Key Words : 嚥下・人工呼吸器

(2012年5月9日受付)
(2012年7月26日受理)

I. はじめに

正常な摂食・嚥下運動は, 先行期, 準備期, 口腔期, 咽頭期, 食道期の順に行われる。嚥下時に誤嚥などを起こさないように, 咽頭期の嚥下反射の開始とともに, 多くの呼吸ニューロンは, その活動を停止するか嚥下反射終了直後より活動を始めると言われている¹⁾。すなわち健常者の嚥下では, 呼吸と嚥下の協調が図られることにより安全な嚥下を可能にしており, そのコントロールには大脳皮質が関与している²⁾。

健常者における呼吸と嚥下の協調性を呼吸パターンから見ると, そのほとんど(80～90%)が吸気から呼気に変った時点で嚥下性無呼吸を呈し, その間に嚥下を行っている^{3,4)}。これは声門閉鎖に伴う声門下圧の上昇による誤嚥防止や嚥下後に呼気から開始することで, 喉頭への侵入物や咽頭の残留物を喀出し嚥下後の誤嚥を減少させるという, 気道防御の重要な運動である⁵⁾。

一方で, 気管切開をして人工呼吸器を装着している患者は, 換気は気管切開部に挿入されたカフ付の気管カニューレを通して行われるため⁵⁾, 呼吸と嚥下の経路は完全に分断され別々の経路となる。さらに, 吸気は人工呼吸器からの陽圧換気であり, 胸郭を拡張させて行う正常の自発呼吸とは異なる。

そのため, 人工呼吸器を装着した状態での呼吸と嚥下の協調性については健常者と異なる呼吸・嚥下パターンが存在する可能性があるが, 先行研究が見当たらないた

め調査の必要性がある。

本研究では, 人工呼吸器を装着した神経・筋疾患患者の嚥下メカニズムについて呼吸と嚥下の協調性の観点から調査することが目的である。

II. 対 象

気管切開をして人工呼吸器を装着し, 人工呼吸器の設定が吸気タイミングを意図的にコントロール可能な同期式間欠的強制換気(Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation: 以下, SIMVと略す)及び, 圧支持換気(Pressure Support Ventilation. 以下: PSVと略す)^{6,7)}で, 尚且つ食事摂取可能な神経・筋疾患患者3名を対象とした。

症例1は50歳代の女性で, 人工呼吸器を装着して9年が経過した筋強直性ジストロフィーの患者である。食事は主食が軟飯, 副食は軟菜を, ベッドアップ80°で自力摂取している。本人及びスタッフの聞き取りによると稀にむせ症状があるが, 明らかな誤嚥性肺炎の所見はない。気管切開カニューレ(アスパーエース, 日本コヴィディエン株式会社), カフ圧6ml。人工呼吸器(E100, ニューポート メディカル インストゥルメンツ社製), 換気モード: SIMV + PSV, 呼吸回数は14回/分に設定されている。

症例2は, 60歳代の女性で, 人工呼吸器を装着して5年が経過した筋萎縮性側索硬化症の患者である。食事は

1 国立病院機構長崎川棚医療センターリハビリテーション科

2 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科保健学専攻理学・作業療法学講座

主食が軟飯、副食は軟菜を、ベッドアップ80°で背部に枕を入れて自力摂取している。本人及びスタッフの聞き取りによると稀にむせ症状があるが、明らかな誤嚥性肺炎の所見はない。気管切開カニューレ（アスパーエース、日本コヴィディエン株式会社）、カフ圧7ml。人工呼吸器（LTV950、ケアフュージョン社製）、換気モード：SIMV+PSV、呼吸回数は11回／分に設定されている。

症例3は50歳代の男性で人工呼吸器を装着して5年が経過した筋強直性ジストロフィーの患者である。食事は主食が常食、副食は軟菜をベッドアップ90°で自力摂取している。本人及びスタッフの聞き取りによるとむせ症状や誤嚥性肺炎の所見はない。気管切開カニューレ（アスパーエース、日本コヴィディエン株式会社）、カフ圧4ml。人工呼吸器（LP10、Puritan Bennett社製）、換気モード：SIMV、呼吸回数は12回／分に設定されている。

Ⅲ. 方法

人工呼吸器装着患者が人工呼吸器の換気パターンの、どのタイミングにおいて嚥下を行っているかについて、非侵襲的な方法⁸⁾により呼吸運動と嚥下音を捉えて分析した。

まず、人工呼吸器による吸気・呼気の指標とするために、胸郭運動を検出するピエゾ呼吸ピックアップセンサー（MLT1132/D、AD Instruments社製）を用いた。さらに嚥下音を検出するために、心音マイク（MLT201、AD Instruments社製）とアンプ（ML142AD、AD Instruments社製）を用いた。センサーの取り付け位置

や目的については表1及び図1に示した。

データ収集は、各症例のベッドサイドにて、食間に実施した。2つのセンサーを取り付け、患者の日常の食事姿勢にて、嚥下訓練用ゼリー（エンゲリド、一カップ78g、大塚製薬製）を、一口量4ccをスプーンにとり、介助にて摂食させた際の、胸郭運動と嚥下音の波形データをA/D変換装置（PowerLab8、AD Instruments社製）を介して取り込み、専用解析ソフトウェア（Chart5.0、AD Instruments社製）を用いて解析した。

実際の波形では人工呼吸器による加圧（吸気）が行われると呼吸ピックアップセンサーの波形は上昇し、呼気に転じると波形は下降する。また嚥下音が発生すると、心音マイクの波形は上昇し、嚥下が終了すると速やかに波形は下降する。実際に捉えた症例3の呼吸運動と嚥下音の波形データを図2に示した。

心音マイクと呼吸ピックアップセンサーから得られたデータから、呼吸パターンによる嚥下タイミングを分析し、人工呼吸器が加圧している時（吸気中）に嚥下を行っている場合を吸気中嚥下、人工呼吸器の加圧後（呼気中）に嚥下を行っている場合を呼気中嚥下、呼気終了後の換気が行われていな時に嚥下を行っている場合を休止期嚥下とそれぞれ定義し、嚥下回数に対する割合を算出した。

波形データ上での、吸気中嚥下、呼気中嚥下、休止期嚥下の例を図3に示した。

倫理的配慮として、本研究は国立病院機構長崎川棚医療センター倫理委員会の承認を得て行った。

表1. 測定装置の取り付け位置とその目的

測定装置名	取り付け部位	目的
ピエゾ呼吸ピックアップセンサー (MLT1132/D, AD Instruments社製)	胸郭の動きを視診及び触診で確認し、拡張差の最も大きい部分に呼吸ピックアップセンサーを巻く。	胸郭運動を検出し、人工呼吸器による吸気・呼気の指標とする。
心音マイク+アンプ (マイク: MLT201, AD Instruments社製) (アンプ: ML142, AD Instruments社製)	事前に水分嚥下時の嚥下音を聴診器(3M社製リットマンステスコープカーディオロジーⅢ)で確認した後に、最も嚥下音の聴取が容易な頸部側面の咽頭部に心音マイクを設置してバンドで固定した。	嚥下音を採取し、嚥下タイミングの指標とする。

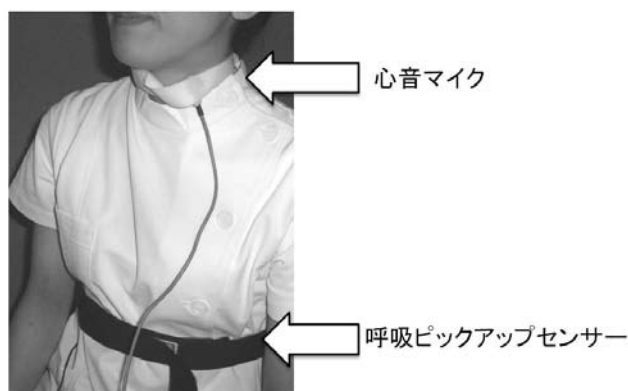


図1. センサーの取り付け位置

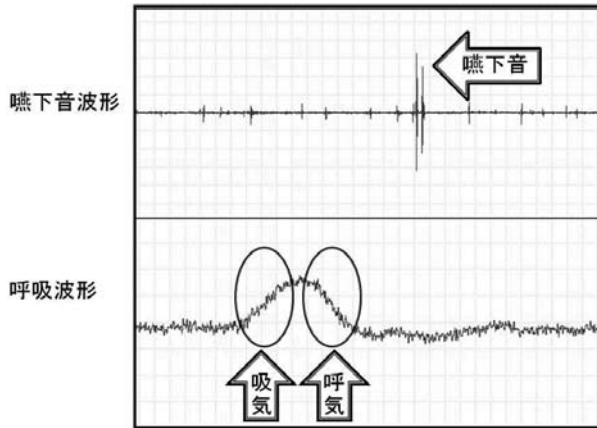


図2. 症例3の嚔下時波形

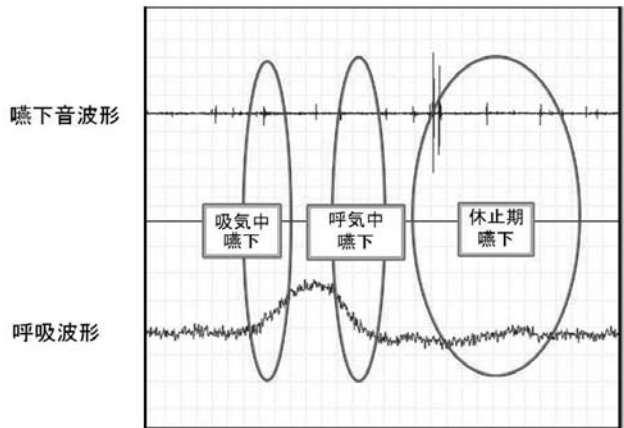


図3. 波形による呼吸と嚔下のタイミング分析

IV. 結果

症例1は嚔下回数が15回であった。15回の嚔下のうち、吸気中嚔下が1回(6.66%)、呼気中嚔下が2回(13.33%)、休止期嚔下が12回(80.00%)であった。

症例2は嚔下回数が13回であった。13回の嚔下のうち吸気中嚔下が1回(7.69%)、呼気中嚔下が3回(23.07%)、休止期嚔下が9回(69.23%)であった。

症例3は嚔下回数が15回であった。15回の嚔下のうち、吸気中嚔下が0回(0%)、呼気中嚔下が2回(13.33%)、休止期嚔下が13回(86.66%)であった(図4)。

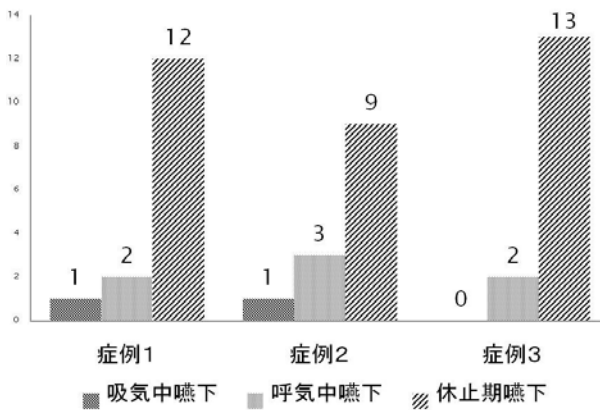


図4. 呼吸と嚔下のタイミング分析結果

V. 考察

1. 呼吸と嚔下の協調性について

各症例の人工呼吸器は、3例共に異なった機種であったが、換気モードはSIMVで統一されていた。この条件ですべての症例において休止期嚔下が最も多く、全嚔下回数の69%~86%を占めていた。一方で、吸気中及び呼気中の嚔下が14%~31%確認された。

健常者の嚔下タイミングは、一時的に呼吸を停止した嚔下性無呼吸の間に嚔下が行われる^{3,4)}。一方で、人工呼吸器装着患者は、換気を気管カニューレを通して行っているため、健常者のように喉頭閉鎖と声帯閉鎖を行っ

ても呼気を止めることができず⁵⁾、嚔下性無呼吸状態を呈すことができない。このことは図2が示すように吸気後すぐに呼気に移行していることから推測される。そのため、実際の嚔下タイミングとしては呼吸運動が停止し無呼吸状態となる休止期嚔下(呼気終了後の嚔下)が大半を占めたものとする。

人工呼吸器装着患者でSIMVモードの場合は、休止期嚔下の割合が非常に高かったという結果から、呼吸と嚔下の関連性の存在は示唆されたが、健常者で認められる呼吸と嚔下の協調性に相当するものかについては、症例数や先行研究の乏しさなどから、更なる検証が必要と思われる。

2. 吸気中・呼気中嚔下に関して

本研究では吸気中及び呼気中の嚔下が14%~31%確認された。健常者においては、呼吸運動中の嚔下は通常起こりえず、人工呼吸器装着患者に特徴的な嚔下パターンと考えられる。前述のように呼吸筋群と嚔下筋群が協調性を保ち運動することで、スムーズな嚔下運動が行われており^{1,5)}。吸気中や呼気中の嚔下では誤嚔の危険性は高まると考えられる。

神経・筋疾患患者では、嚔下障害は高頻度に見られるうえに⁹⁾、気管カニューレの挿入による嚔下時の喉頭挙上の制限、声門下圧の低下、喉頭及び気管の咳嗽反射閾値上昇、カフによる食道圧迫などがあるため嚔下がより障害されやすい^{10,11)}。さらに本研究の症例は呼吸器装着後5年以上経過しているため、呼吸器装着当初よりもさらに嚔下障害が進行している可能性が高い⁵⁾。そのため、嚔下反射惹起の遅れや、口腔での食塊保持が不十分なために意図せぬタイミングでの咽頭への食塊送り込みなどで、吸気中や呼気中の嚔下になったのではないかと推察される。

3. 今後の課題

本研究においては、飲み込みやすい嚔下訓練用ゼリーを用いて行ったため、検査中の誤嚔は確認されなかった

が、実際の食事場面においては、吸気中や呼気中の嚥下では誤嚥の危険性が高いと考えられるため、食事中にも同様の方法を用いて検討を行う必要がある。

また、本研究の対象者である神経・筋疾患患者では、疾患や治療によっても病状の進行が異なるため、追跡調査によっては結果に相違がでる可能性がある。また我々の経験では、気管切開直後においては、嚥下障害を訴える患者も多いため気管切開直後の調査も今後必要と考えられる。

VI. 引用文献

- 1) 古我知成：摂食・嚥下の解剖整理。東嶋美佐子編，摂食・嚥下障害への作業療法アプローチ，第1版，医歯薬出版，東京，2010，pp11-23.
- 2) 藤谷順子：摂食・嚥下リハビリテーションマニュアル。JJNスペシャル52，才藤栄一，向井美恵，半田幸代，藤島一郎編，医学書院，東京，p29，1996.
- 3) 小宮山荘太郎：気道食道の内圧検査とその意義。日本食道会報37：108-111，1986.
- 4) Martin-Harris B, Brodsky MB, Michel Y, Ford CL, Walters B, Heffner J：Breathing and swallowing dynamics across the adult lifespan. Arch Otolaryngol Head Neck Surg131(9): 762-70, 2005.
- 5) 津田豪太：気管カニューレ管理と嚥下障害。日本嚥下障害臨床研究会（監修），嚥下障害の臨床リハビリテーションの考え方と実際，第2版，医歯薬出版株式会社，東京，2007，pp.173-180.
- 6) 丸太恵理：人工呼吸器の換気様式とアラーム。道又元裕，木下佳子，杉澤 栄，米山多美子・監修，やっつてはいけない人工呼吸管理50，第1版，日本看護協会出版会，東京，2002，pp48-51.
- 7) 渡邊仁美：ウィーニングとNIPPV。道又元裕・編，人工呼吸器ケアのすべてがわかる本，第1版，照林社，東京，2001，pp72-108.
- 8) 東嶋美佐子，古我知成：嚥下量および頸部位置の違いが嚥下時の喉頭運動・嚥下音・嚥下無呼吸に及ぼす影響。作業療法21：320-329，2002.
- 9) 湯浅龍彦，野崎園子・編：神経・筋疾患摂食・嚥下障害とのおつきあい～患者とケアスタッフのために～，第1版，全日本病院出版会，東京，2007.
- 10) 鈴木康司，堀口利之：気管切開患者の嚥下リハビリテーション。JOURNAL OF CLINICAL REHABILITATION 12 (9)：785-790，2003.
- 11) 河崎寛考：摂食・嚥下障害に直結している症候。日本嚥下障害臨床研究会（監修），嚥下障害の臨床リハビリテーションの考え方と実際－，第2版，医歯薬出版株式会社，東京，2008，pp94-104.

Breathing-swallowing coordination in patients on ventilators

Tomotaka UEDA¹, Misako HIGASHIJIMA²

1 National Hospital Organization Nagasaki Kawatana Medical Center

2 Nagasaki University, Graduate School of Biomedical Sciences

Received 9 May 2012

Accepted 26 July 2012

Abstract The aim of this study was to examine the state of coordination between breathing and swallowing in the patients who underwent tracheostomy and mechanically ventilated. We analyzed results of both the respiratory chest expansion timing and the swallowing sound recorded.

This study enrolled two patients with myotonic dystrophy and one with amyotrophic lateral sclerosis, who were on ventilators.

We achieved wave patterns of the subjects swallowed 4cc of jelly at their spontaneous timing. Subsequently, the data obtained was classified into three categories; inspiratory phase swallowing, expiratory phase swallowing, and swallowing at pauses.

The result demonstrated that highest onset of the swallowing at pauses appeared in all subjects, which ranged from 68 to 88%.

In conclusion, the subjects with mechanical ventilation, there may be a certain pattern of characteristic in timing between the breathing and the swallowing.

Furthermore, it was confirmed 14% to 31% during out of inspiratory phase swallowing and expiratory phase swallowing.

It was thought with a swallowing pattern to be characteristic of the respirator insertion patient at the time of inspiratory phase swallowing and expiratory phase swallowing, and possibility of aspiration by aberration of a swallowing pattern was felt uneasy about.

Health Science Research 24(2): 25-29, 2012

Key Words : swallowing, mechanical ventilator