

## 閉鎖式吸引カテーテルを用いた垂れ込みの比較検討

土居二人\*

### Comparative Study of the Dropping Using Closed Suction Catheter

by  
Kazuto DOI

(Received: October 31, 2019, Accepted: )

#### Abstract

The intratracheal aspiration to a patient wearing a ventilator is generally performed using a catheter. In recent years, the closed suction system is used frequently compared with the open system. Recently, 14 types of complications which may be caused by tracheal aspiration have been reported. However, no research has been conducted to investigate the cause of dropping on flushing. In this study, we simulated the patient's clinical condition and checked to see whether the dew drop from the closed suction catheter is caused by inappropriate catheter treatment or structural defects of catheter etc.

The respiratory state of the patient connected to the ventilator LTV1000 was simulated using the artificial lung. For adults, we flushed water to verify the state of the dropping using the closed type suction catheter Eco-Cath and Tye-care on the same conditions. For children, we verified as for two types of the closed suction catheters. The intubation tube angle was set at 0°, 20°, 40°, 60° and 90° against to the connection port of the test lung.

As a result, the dropping on flushing in adult case was observed only on Eco-Cath, and not observed on Tye-care. For child case, the dropping was frequently observed in elbow type, not in Y connector type. Increase of the dropping was observed as the angle increases. The angle and the type of suction catheter are clearly related with the dropping. The influence of flow, clogging of suction tube and problem of manipulation will be considered in the future.

Key Words : Tracheal aspiration, closed suction system, adult catheter, child catheter

#### 1. はじめに

##### 1.1 研究の背景

現在、気管吸引は急性期病院から慢性期病院、在宅ケアに至るまで広く実施されており、多くの医療職や、それ以外の方でも実施が可能となった<sup>1) 2)</sup>。手技や方法は比較的単純で、使用する物品も少なく複雑な構造の装置もない。しかし、実際の臨床場面では、この気管吸引の手技によって患者の生命に関わるような事象を生じさせている事実が指摘されている<sup>3)</sup>。それを裏付けるように、2007年に気管吸引のガイドラインが作成され、成人の人工気道(気管挿管、気管切開)に対し限定ながら、気管吸引の適応が示された<sup>2)</sup>。近年では、閉鎖式吸引システムを使う頻度が増加している<sup>4)</sup>。その背景として、開放式吸引と比較して閉鎖式吸引にメリットがあることがガイドラインで示されている。道又<sup>5)</sup>も、閉鎖式吸引について以下の6つのメリットを挙げている。1) 呼吸器回路の接続を外すことによる低酸素状態の回避、2) PEEP解除の回避、3) 分泌物の飛散回避、4) 吸引操作の度のスタンダードプリコーションの回避、5) 時間の短縮、

\* 基盤工学部医療福祉工学科講師

6) 物品数の減少である。また、閉鎖式吸引システムは開放式と比較して酸素化と肺容量の維持という点で優れていると報告されている<sup>6) 7)</sup>。一方海外において、American Association for Respiratory Care (AARC) は在宅患者における吸引方法に関してガイドラインを作成し報告している<sup>8)</sup>。またCDCガイドライン肺炎の予防目的には、複数回使用の閉鎖式吸引カテーテルと1回使用の開放式カテーテルのいずれを優先使用すべきかについて勧告はない<sup>9)</sup>。CDCガイドラインを採用する施設や在宅患者は、国内・海外でも多く存在するとも考えられる。

その他にも、気管吸引を行う前のアセスメントや体位ドレナージなど気管吸引における注意喚起等の報告は頻繁にみかけるようになった。さらに、気管吸引によって起こり得る合併症には、患者の苦痛を始め頭蓋内圧上昇、冠動脈攣縮など14種類あまりが報告されている<sup>10)</sup>。しかし、垂れ込みに関する換気の影響やカテーテルの構造などについての研究は行われていない。気管吸引後、チューブ内に残った残滓は、シリンジを使い生理食塩水で洗い流す必要がある。しかし、カテーテルの構造・手技など様々な要因により患者側へ垂れ込みが起こる。それらは、重篤な肺炎等を引き起こすリスクにも繋がる。

そこで本研究では、患者の臨床状態を模擬し、閉鎖式

吸引カテーテルの垂れ込み原因が手技によるものなのか、カテーテルの構造などによるものなのかを臨床現場で使用されている2種類の吸引カテーテルを用いて比較検討した。

## 2. 材料および方法

### 2.1 材料

成人用エコキヤス 12 Fr (4 mm) (挿管用、コヴィディエン、日本)、成人用タイケア 12 Fr (4 mm) (挿管用、コヴィディエン、日本)、成人用エコキヤス 12 Fr (4 mm) (気切用、コヴィディエン、日本)、成人用タイケア 12 Fr (4 mm) (気切用、コヴィディエン、日本) 小児用エコキヤスエルボー型 6Fr (2.0mm) (挿管用、コヴィディエン、日本)、小児用エコキヤスYコネクタ型 6Fr (2.0mm) (挿管用、コヴィディエン、日本)、小児用エコキヤスエルボー型 6Fr (2.0mm) (気切用、コヴィディエン、日本)、小児用エコキヤスYコネクタ型 6Fr (2.0mm) (気切用、コヴィディエン、日本)、吸引器ミニック W-II (新鋭工業株式会社、日本)、人工呼吸器 LTV-1000 (パシフィックメディコ、America)、フローアナライザーPF-300 (imtメディカル社製、スイス)、シリンジSS-10ESZ10 10 mL (テルモ)、DAR™ Saline Vial 0.9% Sodium Chloride Solution for irrigation 15ml (COVIDIEN、ドイツ)、成人用テスト肺 (IMI, Japan)、小児用テスト肺テストバッグ R5 (IMI, Japan) を使用した。

### 2.2 実験手順

テスト肺を垂直にし、人工呼吸器 LTV-1000 を接続して人工呼吸器装着状態を再現した (図 1)。閉鎖式吸引カテーテルのエコキヤス、タイケアに吸引後、フラッシュ操作を行い垂れ込みの状況を検証した。検証条件は、テスト肺を支点として挿管チューブの曲がった角度をそれぞれ 0°、20°、40°、60°、90° とし、気管挿管患者として比較検討した。気管切開患者においては、人工呼吸器設定条件; VCV; A/C、FiO<sub>2</sub>; 21%、呼吸回数; 15 回/min、吸気時間; 1.4sec、1 回換気量は 100ml、200ml、300ml、400ml、500ml でそれぞれ測定を行った。PCV においては各換気量を目標に PS 値を 13-38cmH<sub>2</sub>O の間で変更した。

### 2.3 統計解析

統計解析には R (The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を用いた。垂れ込みの関連因子を検出するために多重ロジスティック回帰分析を用いた。目的変数を垂れ込み有無、共変量には制御法、挿管/気切、カテーテルの種類、角度、換気量の情報を用い

た。P<0.05 を統計的に有意であると考えた。

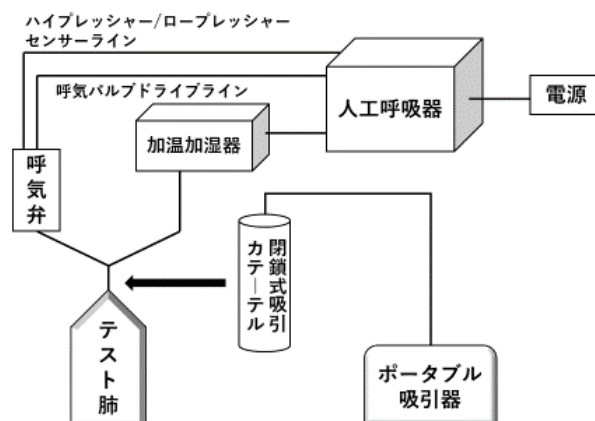


図1 人工呼吸器装着状態の再現

## 3. 結果

### 3.1 成人

表1に多重ロジスティック回帰分析の結果を示す。成人において、垂れ込み回数の増加に関連する要因は、「角度の上昇」、「エルボー型のエコキヤスを用いること」であった。データから垂れ込み回数と角度に関連があることがわかる (表2)。

表1 各因子とオッズ比

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-24.2103	663.8554	-0.036	0.970908
量制御	-0.1255	0.2242	-0.560	0.575616
気管挿管	-0.3476	0.2956	-1.176	0.239665
エルボー型	19.2948	663.8545	0.029	0.976813
2 0°	1.4221	1.1287	1.260	0.207682
4 0°	2.6210	1.0527	2.490	0.012785 *
6 0°	3.5907	1.0325	3.478	0.000505 ***
9 0°	4.0780	1.0286	3.965	7.35e-05 ***
Vti100	0.8227	0.3786	2.173	0.029788 *
Vti200	0.6429	0.3834	1.677	0.093613
Vti300	1.2602	0.3716	3.391	0.000696 ***
Vti400	0.5158	0.3876	1.331	0.183267

	(Intercept)	量制御	気管挿管	エルボー型
Odds ratio	3.06 e-11	0.88	0.706	2.40 e+08
	2 0°	4 0°	6 0°	9 0°
Odds ratio	4.15	13.7	36.3	59.0
	Vti100	Vti200	Vti300	Vti400
Odds ratio	2.28	1.90	3.53	1.67

表2 角度別垂れ込み回数 (成人)

	角度	垂れ込み(回)		
		あり	なし	計
挿管	0°	1	199	200
	20°	4	196	200
	40°	12	188	200
	60°	26	174	200
	90°	36	164	200
気切	90°	44	156	200

表4 角度別垂れ込み回数 (小児)

	角度	垂れ込み(回)		
		あり	なし	計
挿管	0°	0	200	200
	20°	1	199	200
	40°	4	196	200
	60°	13	187	200
	90°	38	162	200
気切	90°	53	147	200

### 3.2 小児

表3に多重ロジスティック回帰分析の結果を示す。小児において、垂れ込み回数の増加に関連する要因は、「角度の上昇」、「エルボー型のエコキヤスを用いること」であった。成人と同様に、データから垂れ込みの有無と角度に関連があることがわかる(表4)。20°～90°の全角度で、エルボー型の方がYコネクタ型よりも垂れ込み回数が多かった。

表3 各因子とオッズ比(小児)

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	-20.4166	732.3202	-0.028	0.9778
量制御	-0.1663	0.2240	-0.742	0.4579
気管挿管	-0.4727	0.2530	-1.868	0.0617
エルボー型	1.4621	0.2478	5.900	3.65e-09 ***
20°	14.1999	732.3207	0.019	0.9845
40°	15.6895	732.3202	0.021	0.9829
60°	16.8572	732.3201	0.023	0.9816
90°	18.1405	732.3201	0.025	0.9802
Vti100	0.7963	0.3695	2.155	0.0312 *
Vti200	0.6695	0.3724	1.798	0.0722
Vti300	0.4933	0.3792	1.301	0.1933
Vti400	0.3661	0.3849	0.951	0.3414

	(Intercept)	量制御	気管挿管	エルボー型
Odds ratio	1.36 e-09	0.847	0.62	4.32
	20°	40°	60°	90°
Odds ratio	1.49 e+06	6.51 e+06	2.09 e+07	7.56 e+07
	Vti100	Vti200	Vti300	Vti400
Odds ratio	2.22	1.95	1.64	1.44

### 4. 考察

日本の気管吸引ガイドライン(初版)が2007年に完成して約10年が過ぎたが、その間にも気管吸引を取り巻く医療情勢のニーズに乗じて、2013年には気管吸引のガイドラインが改訂されている<sup>2)</sup>。また、全体的なエビデンスレベルを再検討し、推奨度をGRADE分類で表すようになった<sup>1)</sup>。ガイドラインに従った気管吸引手技によって、吸引後の血圧上昇、心拍数増加、酸素飽和度低下、二酸化炭素貯留などの合併症発生が抑制されたという報告もあり<sup>12)</sup>、このような基本手技を標準化することの意義は大きいと周知されている。本研究の手技はこれらのガイドラインに沿って行われ、手技者を統一し、1回1回の吸引手技が常に同条件で実施できるようにした。

成人の結果として、多重ロジスティック回帰分析では、角度が上昇すると垂れ込みのリスクを高めるという結果が得られた(表1:40°、60°、90°で有意)。0°ではフラッシュ時の生食水は吸引圧に引っ張られるため垂れ込みにくく、90°ではフラッシュ時、重力により吸引圧で引っ張っても一部は側溝に吸収されることなく患者側へ落下すると考えられる。このことは、2012年に発表された内容<sup>13)</sup>と比較しても本研究結果と近似しており研究結果としても有意義であると考えられる。構造の比較において、タイケアは1200回中0回であったのに対し、エコキヤスでは1200回中123回の垂れ込みが見られその差は明らかである。タイケアは、フラッシュ時に気流の影響を受けないように構造的に分離されている。しかし、決して垂れ込む可能性がないわけではない。タイケアの構造の欠点として、フラッシュ時にカテーテルで吸引しきれなかった生理食塩水が回転バルブの下に溜まり、バルブ回転時に溜まった生理食塩水が患者側に垂れ込むリスクがあげられる。今回の研究では実験者がタイケアの欠点を熟知しており、細心の注意を払って行ったため垂れ込みが見られなかった。

小児の結果として、角度に注目すると、角度の上昇に

伴って垂れ込み回数が増える結果となった。構造の比較として、Yコネクタ型は600回中25回、エルボー型では、600回中84回の垂れ込みがみられ有意差がみられた(表3:エルボー型 有意)。エルボー型とYコネクタ型の構造を比較すると、Yコネクタ型はフラッシュ時にカテーテルが円筒に収まっており、生食水は側溝で吸引される。一方、エルボー型はカテーテル先端が成人用で約5mm、小児用では約3mm出ているため、フローに曝される構造になっており、フローの影響を受けやすいといえる。

その他の問題として3点があげられる。1点目が「フローの問題」である。フラッシュ時に生理食塩水が換気に暴露され患者側へ垂れ込むという現象がみられた(図2)。これについての海外の先行研究はない。国内では以前著者<sup>13)</sup>がフローの問題について報告している。近年、閉鎖式カテーテルの改良が進んでおり、タイケアのようなフローの影響を受けにくい次世代構造のカテーテルを使用することで解決できると考えられる。

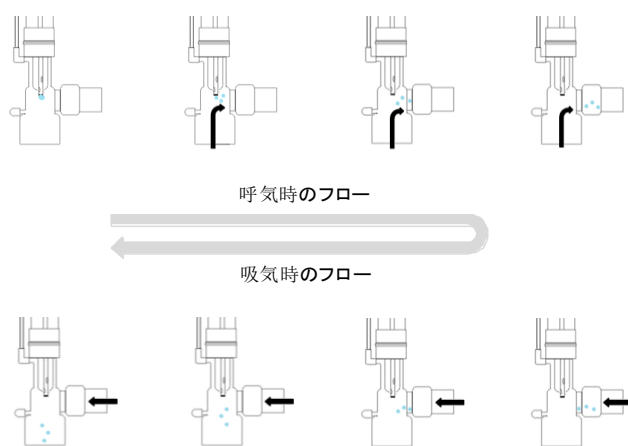


図2 フローの影響<sup>14)</sup>

2点目が「吸引チューブの詰まりの問題」である。AARCのガイドラインにもあるように吸引は通常、20Kpa(150mmHg)にて10秒以内に行われる。しかし、カテーテル内に痰が残っていたり、吸引瓶が満杯になったりすることにより吸引力が落ちフラッシュ操作が正常に行われず患者側に垂れ込むことがある。このことは、医療事故情報収集等事業第24回報告書にも掲載されており<sup>3)</sup>、吸引力の低下が引き起こすフラッシュ時のリスクとして示唆されている。

3点目に「手技の問題」である。カテーテル内腔を洗浄する時、陰圧をかけながら洗浄液注入ポートより生理食塩水を5~10ml注入するとガイドラインでは示されているが、生理食塩水の注入速度については触れられていない。経験的に1秒あたり1ml程度で注入すると垂れ込

みが少ない実感がある。1秒あたりの生理食塩水の量が増えることにより垂れ込みのリスクが増加することが予想される。

本研究で起こった垂れ込みの一部は、フローの影響、吸引チューブの詰まりの問題、手技の問題から起こったと考えられた。これらについては、Japan Council for Quality Health Care 医療事故情報収集事業の中でも同じように報告されている<sup>3)</sup>。手技者の未熟度や知識不足、ヒヤリハットなどは人の手を介して行われる限り発生をゼロにすることは困難であり、医療従事者の努力以外に解決の手段はない。しかし、カテーテルの構造を変更し、不可逆的に事象が起こらないようにすることは可能である。本研究で使用したコヴィディエン社製のタイケアは角度、フローの影響、吸引チューブの詰まり、手技による垂れ込みを予防した。

今回の研究は、国内の臨床現場で実施されている気管吸引業務に重要な知見を与えるものであるが、一方で、いくつかの限界を有する。第1に、吸引器が備え付けのものでなく、ポータブル吸引器が使用されたことである。病院施設で使用される配管の圧とは異なり吸引圧が不安定となり垂れ込みの回数を増加させたことが考えられる。病院施設で安定した配管を使用すれば吸引圧に関するリスクは減少すると考えられる。第2に、垂れ込みの評価が主観的である。今後は動画などを用いて垂れ込みを客観的に評価することが好ましいといえる。第3に、患者ではなく、模擬で使用した気管吸引時のフラッシュ時の垂れ込みは、その他の垂れ込み原因の存在を捉え切れなかったことが否定できない。今後は、実際の臨床現場での使用も含め、再検討していくことが垂れ込み防止の知見を広めることに繋がると考えられる。

## 5. 結語

本研究によってフラッシュ時の垂れ込みの危険因子に関する知見が得られた。具体的な要因として、フラッシュ時の角度、カテーテルの構造の違い、人工呼吸器によるフローの影響、吸引チューブの詰まりの問題、手技の問題によることが示唆された。これらの結果は、今後の臨床現場での気管吸引指導やリスク要因の周知、カテーテルの構造を知る上でも貴重な科学的根拠を提供するものである。

## 6. 文献

- 1) 厚生労働省. 医師法第17条, 歯科医師法第17条及び保健師助産師看護師法第31条. 2017-10-30, <http://www.mhlw.go.jp/stf2/shingi2/2r9852000000g3ig-att/2r9852000000iut.pdf>

- 2) 日本呼吸療法医学会気管吸引ガイドライン改訂ワーキンググループ.  
気管吸引のガイドライン 2013 (成人で人工気道を有する患者のための).  
Jpn J Respir Care, 30, 75-91, 2013.
- 3) 日本医療機能評価機構, 平成 22 年医療事故情報収集等事業 第 24  
回報告書, 2011.
- 4) 静岡県病院協会. 2017-10-30,  
<http://shizuoka-bk.jp/advice/detail.php?N=68>.
- 5) 道又元裕. “新人工呼吸ケアのすべてがわかる本”, 照林社, 東京,  
2014.
- 6) Cereda M, Villa F, Colombo E, Greco G, Nacoti M, Pesenti A. : Closed  
system endotracheal suctioning maintains lung volume during  
volume-controlled mechanical ventilation. Intensive care medicine,  
27(4), 648-654, 2001.
- 7) Corley A, Sharpe N, Caruana LR, Spooner AJ, Fraser JF. : Lung volume  
changes during cleaning of closed endotracheal suction catheters:  
a randomized crossover study using electrical impedance tomography.  
Respir Care, 59(4), 497-503, 2014.
- 8) Guideline ACP: Suctioning of the patient in the home. Respir Care,  
44, 99-104, 1999.
- 9) Tablan OC, Anderson LJ, Besser R, Bridges C, Hajjeh R, CDC,  
Healthcare Infection Control Practices Advisory: Guidelines for  
preventing health-care--associated pneumonia, 2003:  
recommendations of CDC and the Healthcare Infection Control  
Practices Advisory Committee. MMWR Recommendations and reports :  
Morbidity and mortality weekly report Recommendations and reports,  
53(RR-3), 1-36, 2004.
- 10) 道又元裕, 神津 玲, 小谷 透. “人工呼吸管理実践ガイド”, 照林  
社, 東京, 2009.
- 11) Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y,  
Alonso-Coello P, Schunemann HJ, Group GW: GRADE: an emerging  
consensus on rating quality of evidence and strength of  
recommendations. Bmj, 336(7650), 924-926, 2008.
- 12) Celik SS, Elbas NO. : The standard of suction for patients  
undergoing endotracheal intubation. Intensive & critical care  
nursing, 16(3), 191-198, 2000.
- 13) 土居二人, 閉鎖式吸引システムのエコキヤスとフラッシュ時にお  
ける垂れ込みの検討, 第13回中部臨床工学技士会連絡協議会学術大会,  
名古屋, 2012.
- 14) Doi, K, Doi, M, Yaegashi, Y, Imoto, K, Ando, M, Kadota, J. : Angle  
Effect to Dropping of Dew in Closed Suction Catheters, Health  
Vol. 10, No6, 719-729, 2018.