

氏 名 : 平野 昭彦  
学位の種類 : 博士 (看護学)  
学位記番号 : 甲第 9 号  
学位授与年月日 : 平成 25 年 3 月 21 日  
学位授与の要件 : 学位規則第 4 条第 1 項  
論文題目 : 安全で効果的な気管内吸引圧の実証的研究  
**An experimental study to determine safe  
and effective endotracheal suction pressure**  
  
論文審査委員 : 主査 教授 武田 利明  
副査 教授 白畑 範子  
副査 教授 土屋 陽子

## 論文内容の要旨

### 1. 研究の背景

米国呼吸療法医学会では、150mmHg 以下を気管内吸引圧として推奨しているが、その根拠は動物実験のデータに基づくものでありエビデンスは不十分であると考えられている。

現在、臨床で使用されているカテーテルは主に 3 孔式である。3 孔式のカテーテルでは 3 孔の全てが塞がらないと設定圧 (3 孔を全て塞いだ時の吸引圧) に達しない。3 孔式カテーテルで吸引を開始すると吸引器の表示圧 (以下、吸引器圧) はすぐに低下を始める。このことは 3 孔が全て塞がっていないことを示唆している。この時に孔に加わっている吸引圧 (以下、孔圧) は設定圧ではないと考えられる。粘膜損傷の直接的な原因は、カテーテル孔での物理的な吸引圧であるので孔圧が問題である。これまで気管内吸引圧の安全性は設定圧から検討されてきたが、この設定圧では安全な吸引圧を求めることはできないことから孔圧で検討する必要があると考えた。そこで本研究では、粘膜損傷に直

接に影響を及ぼす孔圧に着目して安全で効果的な吸引圧を求めることとした。

## 2. 研究目的

臨床データに基づいた安全で効果的な吸引ができる吸引圧を明らかにすることが本研究の目的である。

## 3. 研究方法

1) 3孔式カテーテルの孔に加わる吸引圧を推定するモデル式の開発に関する研究(研究Ⅰ)

現状ではそれぞれの孔に加わる圧力を確認できない状況にある。そこで設定圧と吸引器圧から孔圧を推定することはできないか検討した。

臨床でよく使用されている3孔式カテーテルのそれぞれ異なる位置にある1孔にチューブと陰圧測定器を接続し、設定圧を100~400mmHgの間で50mmHgの間隔で設定し、1孔と2孔が塞がった場合の孔圧を測定した。実験で得られた設定圧と吸引器圧の測定データを一般線形モデルに当てはめ、孔圧値を推測するモデル式の開発を試みた。さらに孔圧を測定する実験に閉鎖していない孔から模擬痰を吸引する実験を加えて吸引器圧と孔圧を測定してモデル式を補正する係数を算出した。模擬痰にはトロミアップを使用して濃度1.5%、2.0%、量0.5ml、1ml、2mlを作製した。

2) 吸引痰中の組織片の分析による気管粘膜損傷の推定方法の基礎的研究(研究Ⅱ)

臨床で得られた吸引痰からヒト気管より剥離した組織片を検索し粘膜損傷の有無とその程度を推測する方法を確立するために、ウサギの気管を吸引した内容物の塗抹標本作製し、パパニコロウ(Pap)染色やサイトケラチン14(CK14)免疫染色、エラスチカ・ワンギーソン(EVG)染色、アザン染色などの染色方法の有用性について検討した。

3) 吸引痰中の組織片の分析に基づく吸引圧の安全性に関する臨床研究(研究Ⅲ)

研究Ⅱで確立した手法を用いて、気管内吸引を受けている成人の患者から得られた吸引痰について各種染色を検討し損傷した粘膜組織片を検索した。また、

臨床の場で吸引している時の設定圧と吸引器圧をビデオ撮影し、それぞれの圧力を研究 I で確立したモデル式に当てはめて孔圧を推定し、安全な吸引圧について検討した。さらに、1 場面での吸引回数、吸引に要した時間、吸引施行者の評価から効果的な吸引圧について検討した。

#### 4. 結果

研究 I では、1 孔または 2 孔が塞がった場合の吸引器圧は設定圧から低下し、孔圧は吸引器圧からさらに低下した値を示した。実験データから、3 孔式カテーテルの 3 つの孔についてのモデル式を考案した。下記に最も高い値となる孔圧（カテーテル先端から遠い側孔）についてのモデル式を示した。

孔圧 =  $-0.002 \times (\text{設定圧}) + 0.497 \times (\text{吸引器圧}) + (\text{長さの定数}) + (\text{塞いだ孔の定数})$

カテーテルの長さの定数は、60 cm を基準にして 40 cm のカテーテルでは 0.602、50 cm では 0.644、55 cm では 1.011 であった。塞がった孔による定数は、遠い側孔の 1 孔のみでは  $-0.474$ 、先端孔と遠い側孔の 2 孔では 0.076、近い側孔と遠い側孔の 2 孔では  $-0.438$  であった。この回帰式の  $R^2$  乗は 0.99 であった。さらに孔圧の実測値とモデル式による推定値との相関を分析したところ Pearson の相関係数は 0.905 であった ( $P < .001$ )

模擬痰を吸引したところ、吸引器圧と孔圧は、模擬痰なしで吸引した場合より上昇していた。モデル式に模擬痰を吸引した場合の設定圧と吸引器圧を投入して孔圧の推定値を求めたところ実測値と一致していなかった。そこで孔圧の補正比（実測値 ÷ 推定値）を求めた。補正比は、設定圧や模擬痰の量と濃度に関わらず閉鎖孔の組み合わせが同一であると近似していた。最も高い孔圧となる閉鎖孔の補正比は 0.7 であった。従って、補正した孔圧の一般線形モデル式は

孔圧 =  $\{-0.002 \times (\text{設定圧}) + 0.497 \times (\text{吸引器圧}) + (\text{長さの定数}) + (\text{塞いだ孔の定数})\} \times 0.7$

と示すことができた。

研究 II では、ウサギ気管を吸引して作製した塗沫標本に Pap 染色、CK14 免疫染色、EVG 染色、アザン染色を施して、円柱上皮細胞や、基底細胞、弾性線維、

膠原線維を検出した。

研究Ⅲでは、対象者 35 人から、延べ 51 場面の設定圧や吸引器圧に関する吸引状況のデータが得られていた。詳細に分析した結果、臨床の場での吸引時の設定圧は、135～400mmHg で実施された。吸引を開始すると直後から吸引器圧はほとんどの場合、設定圧から急激に低下していることが明らかとなった。このことは、カテーテルの孔が全て塞がっていないことを示している。そこで、考案した一般線形モデル式に設定圧と最高の吸引器圧の値を当てはめて孔圧を算出し補正した結果、孔圧は、28～400mmHg であった。さらに臨床で得られた吸引痰について、塗沫標本を作製し検索した結果、孔圧 183mmHg と 400mmHg で基底細胞が検出された。推定した孔圧 127mmHg 以下では、基底細胞は検出されなかった。

臨床において、この設定圧で吸引した場合は、再度吸引することはなく、吸引に時間を要することもなかった。吸引を実施した医療職者からは適切な吸引圧であるとの評価結果も得た。

## 5. 考察

研究Ⅰでは、3 孔が全て塞がっていない状態では孔に加わっている陰圧は設定圧でも吸引器圧でもなくそれよりも低いことが明らかになった。臨床での吸引では 3 孔が全て塞がっていないと示唆されることから、安全な吸引圧は孔圧でも検討すべきであると考えられた。孔圧を推定する一般線形モデル式は、 $R^2$  乗値が 0.99 であることから回帰直線がよく当てはまっていることを示し、モデル式から算出した孔圧の推定値と実験での実測値とは相関していることから妥当性があると考えられた。痰が吸引された場合には、モデル式で求められた推定孔圧に補正比を乗ずることによって補正できると考えられた。

研究Ⅱでは、気管粘膜の上皮細胞、基底細胞、粘膜固有層に損傷が生じた場合、剥離した組織片はカテーテル腔内に吸引されて、吸引痰から粘膜組織を検出できることが明らかになった。円柱上皮細胞の検出には、Pap 染色が、基底細胞の検出には CK14 免疫染色が、弾性線維と膠原線維の検出には EVG 染色がそれぞれ有用であると考えられた。

研究Ⅲでは、孔圧 183mmHg と 400mmHg で基底細胞が検出されたことから

180mmHg 以上は重篤な粘膜損傷になる危険な孔圧であると判断した。孔圧 127mmHg 以下では、基底細胞は検出されなかった。Jung (1976) の研究と筆者らの研究 (2009) から、孔圧 100mmHg は、重篤な粘膜損傷を回避できる孔圧であると考えられた。孔圧 100mmHg 以下の設定圧は 135~400mmHg の範囲にあり、その代表値である中央値は 225mmHg であった。気管内吸引を実施する際は、本研究で得られた孔圧 100mmHg 以下とするために、設定圧を 225mmHg とし、吸引器圧 200mmHg を超えないように吸引することが望ましいと考えられた。臨床において、この設定圧で吸引した場合は、場面での吸引回数と要した時間の状況、吸引実施者からの評価から、設定圧 225mmHg は効果的な吸引圧であると考えられた。

このように、安全な気管内吸引を検討するためには、従来の吸引圧を設定圧と孔圧とに分けて考える必要があり、粘膜損傷の直接的な原因は孔圧であることを明らかにするとともに、この孔圧を設定圧と吸引器圧から算出できるモデル式を考案し、得られたデータに基づいて安全で効果的な吸引圧を求めた。

## 6. まとめ

気管内吸引時において、粘膜損傷が発生する直接の原因としてカテーテルの孔にかかる吸引圧であることを示すとともに、この圧力を『孔圧』と呼ぶことを提唱した。しかし、臨床の場でこの孔圧を測定することができないことより、設定圧と吸引器圧から孔圧を算出できる一般線形モデル式を新規に考案し、臨床への応用を可能にした。また、吸引痰内にある細胞を特定の染色で識別することにより粘膜の損傷の程度を推測することができることを明らかにした。この手法により吸引痰を詳細に検索した結果、粘膜損傷を回避するための孔圧は 100mmHg であった。そして、この孔圧については実験動物を用いた基礎研究と Jung (1976) の臨床研究により粘膜損傷は認められなかったことが確認された。したがって、吸引器圧が 200mmHg を超えない圧力で吸引することにより粘膜損傷を回避できると考えられた。

## 論文審査結果の要旨

本論文は、推奨されている気管内吸引圧(150mmHg 以下)の根拠が動物実験に基づくものであることを問題視し、確かなエビデンスによる安全で効果的な吸引圧を求めた実証的な研究である。

主査・副査による論文審査時は、予備審査の過程で検討課題となった痰を実際に吸引した時の孔圧を求める一般線形モデル式に関する追加実験の内容について説明を求められた。追加実験は、痰が吸引された状況でも測定可能な実験装置を用いるとともに、臨床の場面を想定した各種模擬痰を用いて基礎研究を行った。この一連の研究によって、痰を吸引した場合の補正係数は、「0.7」であることを明らかにした。最初に開発提案したモデル式にこの値を乗ずることで、安全な孔圧を設定圧と吸引器圧から求めることが可能となった内容について説明し理解が得られた。また、臨床研究の対象者で吸引中のビデオ撮影が出来なかった症例の必要性も疑問視され、データに加えないでまとめることで信頼性が一層高まった。さらに、新たに模擬痰を用いた吸引実験での回数の妥当性や模擬痰の濃度などについて質問があり、これらについては報告されている研究内容や今回の実験方法等について丁寧に説明することで理解が得られた。

審査発表会(修了試験)では、本研究は臨床データに基づく安全で効果的な吸引圧を求めた研究であることの説明があった。そして、臨床データは、粘膜損傷の直接原因となる『孔圧』を吸引器圧と設定圧から算出するモデル式と、臨床の場で吸引された痰を染色することにより気管粘膜の細胞を特定できる方法を確立したことの二つの基礎研究を応用することで得られたことが紹介された。係数の意味と長さの定数に関する質問への対応については、発表の場での回答では不十分であったが、文章での説明で理解が得られた。効果的な吸引圧については、安全な孔圧として算出した 100mmHg 以下では多くの場合再度吸引していないこと、長い時間を要していなかったことなどに基づいて判断した。いずれにしても 51 場面の吸引状況を分析して得られた結論であり、発表者は研究の限界も感じている。しかし本研究では、粘膜損傷を回避するために、これまで気づかなかった『孔圧』に着目し、これを求める一般線形モデル式を新たに考案したことは高く評価された。また、そのモデル式を臨床の場に応用し、そこ

から得られたデータに基づいて安全な吸引器圧と設定圧を提示した。このように研究内容は新規性と独創性を有しており、臨床データに基づく安全で効果的な気管内吸引圧の確立に大きく寄与する看護研究であると判断された。

総括すれば、本研究で行った実験動物を用いた基礎研究と臨床での吸引状況の観察と吸引痰の分析から以下の新たな知見が得られた。

1. 気管内吸引時において、粘膜損傷が発生する直接の原因としてカテーテルの孔にかかる吸引圧であることを示すとともに、この圧力を『孔圧』と呼ぶことを提唱した。
2. 臨床の場でこの孔圧を測定することができないことより、設定圧と吸引器圧から孔圧を算出できる一般線形モデル式を新規に考案し、臨床への応用を可能にした。
3. 吸引痰内にある細胞を特定の染色で識別することにより粘膜の損傷の程度を推測することができることを明らかにした。
4. この手法により吸引痰を詳細に検索した結果、粘膜損傷を回避するための孔圧は100mmHgであると考えられた。
5. 以上より、設定圧を225mmHgとして、吸引器圧が200mmHgを超えない圧力で吸引することにより粘膜損傷を回避できると考えられた。

気管内吸引については、日常的に行われており盲目的に実施している高度な医療技術である。本研究では、カテーテルは粘膜と直接接触する際に発生する物理的な力を『孔圧』と新たに命名し、この孔圧を求めることにより安全で効果的な気管内吸引圧を提示した内容である。孔圧に着目し、設定圧と吸引器圧から安全な孔圧を検討する発想は新規性を有していることが高く評価された。また、基礎研究で得られた研究手法を臨床研究に応用した研究の進め方も独創的である。

本研究で得られた一般線形モデル式を応用することにより、多様な疾患を有する患者での検討も可能である。

以上のことから、本論文には独創性が含まれており、研究の発展性や看護学への寄与が十分考えられ、博士（看護学）に値するものとして判定された。