

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：17701
 研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22592262
 研究課題名（和文） 気管チューブの位置決定における呼吸音変化の信頼性に関する研究
 研究課題名（英文） Reliability of Chest Auscultation in Determining Proper Position of Tracheal Tubes
 研究代表者
 梶山 加綱(SUGIYAMA KAZUNA)
 鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・教授
 研究者番号：50124772

研究成果の概要（和文）：

気管チューブの適正な固定位置決定における呼吸音変化の信頼性は、気管チューブ先端のMurphy eye、ベベルの形状、カフの有無により影響されることが判明した。本研究結果に基づいて、気管挿管後には呼吸音を聴きながら気管チューブを進めて、呼吸音が変わった時点から、Murphy eye の位置とサイズ、ベベルの形状等を考慮に入れて、気管チューブを引き抜くことにより聴診法により発見できない片肺挿管を防ぐことができることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：

Unreliability of breath sounds auscultation after intubation is reportedly mainly related to the presence of the Murphy eye. This study was performed to ascertain whether cuffed and uncuffed tracheal tubes with the Murphy eyes increases the risk of unrecognized bronchial intubation, compared to tubes without eyes.

The present study demonstrates that a stethoscope can recognize the change in breath sounds only when gas flow to the left lung remarkably decreases, indicating that a stethoscope is unable to detect the slight decrease in gas flow resulting from advancement of the tube tip beyond the carina. With use of a cuffed tube, the inflated cuff can seal the space between the tube and the bronchus, with consequent complete interruption of gas flow. However, uncuffed tubes do not have the inflatable cuff that can seal the space between the tube and the bronchus, so the tube tip can be deeply inserted until the gap between the tube and the bronchus is lost.

Therefore, the reliability of chest auscultation in determining the proper position of the tracheal tubes is influenced by the Murphy eye, bevel, and cuff. When breath sounds change or disappear during tube advancement, it is necessary to appropriately withdraw the tube, considering the location and size of the Murphy eye, the shape of the bevel, and the presence of the cuff. These maneuvers can prevent inadvertent and unrecognized bronchial intubation during oral and maxillofacial surgery.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学：外科系歯学

キーワード：気管チューブ、呼吸音、片肺挿管、マーフィーアイ、カフ、低酸素血症

1. 研究開始当初の背景

一般に、口腔顎顔面領域の手術時には気道の安全性を確保するために気管挿管が行われる。しかし、手術中の頭位の変換、開口器の装着、舌圧子の挿入などにより気管チューブが移動して、逆に気道の安全性が損なわれる危険性がある。全顎部郭清術、下顎骨連続離断術、顎下腺摘出術などの手術では頸部を伸展させて頭部を回旋する。咽頭弁移植術、口蓋形成術では頸部を後屈させて垂頭位にする。このような頸部の伸展や頭部の後屈、回旋により気管チューブは引き抜かれて浅くなり、カフによる声帯の圧迫や偶発的な脱管などが起こりやすくなる。術中に気管チューブが逸脱すると、換気不能に陥り低酸素血症になる。口腔顎顔面外科手術では、術野と気道が一致しているので、術中の偶発的脱管により口腔内の血液は容易に気管内に誤嚥されるし、手術創からの出血や縫合糸などにより視野が遮られて、ただちに再挿管することは難しい。特に乳幼児は成人に比べて機能的残気量が少ないので、短時間の低酸素血症でチアノーゼ、さらには心停止に至る危険性が高い。術野と気道が一致していることにより生ずる気道確保の困難性は歯科麻酔特有の問題であり、歯科麻酔科医は術中常時気道確保に注意していなければならない。

しかし、このような気管チューブの逸脱や脱管を危惧して気管チューブを深く挿入しすぎると、偶発的な片肺挿管が起こりやすくなるし、頭部を前屈すると気管チューブ先端は気管分岐部方向に押し込まれ片肺挿管が起こりやすくなる。口腔外科手術では頭部を前屈した状態で長時間手術を行うことはあまりないが、口蓋形成術や咽頭弁移植術では、ディングマンの開口器を装着して舌圧子で気管チューブを圧迫する。気管チューブを圧迫するとチューブが深く押し込まれて片肺挿管になりやすくなる。また口唇形成術では、術野の血液が気管に流れ込まないように口腔内にガーゼパックを挿入するが、このガーゼパックの挿入により気管チューブが深く押し込まれて、片肺挿管になることがある。挿管直後の水平位状態において、気管チューブの先端が気管分岐部より上方に位置していても、術中には気管チューブの先端が容易に下方に移動して気管分岐部を超えて気管支に挿入される。成人において経鼻挿管で頭部を前屈すると、気管チューブの先端は平均 21 mm 気管分岐部方向へ移動し、経口挿管では平均 18mm 移動する。また経口挿管で開口

すると、気管チューブの先端は平均 9mm 下方へ移動し、舌圧子を挿入するとさらに平均 24 mm 深くなり、合計 33 mm も気管分岐部方向へ移動する。特に乳幼児は成人に比較して気管長が短いので片肺挿管が起こりやすい。口蓋形成術患者を対象とした研究において、頭部を前屈すると気管チューブの先端は平均 9 mm 下方へ移動し、舌圧子を挿入してチューブを圧迫すると、平均 12 mm 気管分岐部方向へ移動すると報告されている。乳幼児や小児において、気管チューブの先端が気管分岐部を超えて片肺挿管になると、容易に低酸素血症に陥りチアノーゼをきたす。気管チューブの先端が右主気管支に挿入されていることに気付かないで陽圧換気を続けると、右肺が過膨張状態となり気胸を合併する危険性があり、左肺は低換気により無気胸を合併する危険性がある。このように医療安全管理の面から、術中の偶発的な片肺挿管は必ず回避しなければならない。

気管チューブが片肺になっていないかどうかを見極める方法としては、胸部X線写真撮影がある。しかし、全ての手術において術中に頭位を変換するたびに胸部X線写真を撮影することは、被爆の問題、経済的な問題、設備の問題、マンパワーの問題等により実際にはできない。この胸部X線写真撮影に替わる方法として、気管支ファイバースコープを使用する方法がある。気管支ファイバースコープを用いて気管チューブ先端と気管分岐部との距離を測定することができる。しかし、この方法も全ての患者に対して、手術中に術者が頭位を変換する度に毎に気管支ファイバースコープを気管チューブに挿入してチューブ先端気管分岐部間距離を測定することは、術野と気道が一致している口腔外科手術においては手術の進行を妨げることになる。

したがって、現在のところ口腔外科手術において片肺挿管の有無を知るために用いられている最も一般的な方法は、呼吸音の聴取である。すなわち、両肺野の呼吸音が等しく聴取されれば、気管チューブの先端は気管分岐部上に存在し、左側肺野からの呼吸音が聴取できなければ気管チューブ先端は気管分岐部を超えて深く挿入され右主気管支内に存在すると判断される。しかし、呼吸音を用いて片肺挿管を診断する方法は必ずしも正確ではないとの意見がある。宮田ら⁴⁾は、全身麻酔中に気管チューブの先端が気管分岐部を超えて右主気管支内に 5mm 入り込んでも、左側の呼吸音は良好であった症例を報

告しているし、Mattila らはチューブ先端が主気管支内に入っても呼吸音は左右対称に聴こえることがあると述べている。Owen らも呼吸音は反対側へ伝わることもあるので、聴診法が確実に信頼できるとは限らないといっている。久保田らは気管チューブが右主気管支内へ深く挿入されて、左側の主気管支へのガス流入が途絶したときに呼吸音が消失することを示唆している。このように、片肺挿管の有無を知る最も簡便で最も一般的な方法である聴診法の信頼性には疑問の余地が残されている。さらに、聴診法の信頼性は気管チューブ先端の形態学的特徴、つまり、マーフィーアイなどの側孔やカフの有無や位置によっても左右される可能性が示唆されている。しかし、このような呼吸音の変化と気管チューブ先端との位置関係については、ほとんど明らかになっていないのが現状である。気管チューブ先端の構造や成人と小児の違いを考慮に入れた研究に至っては全く行われていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、成人用のカフ付きの気管チューブと小児用のカフなしの気管チューブ、およびマーフィーアイの付いている気管チューブとマーフィーアイの付いていない気管チューブを用いて、呼吸音が変化したときと呼吸音が消失したときに気管チューブの先端と気管分岐部との位置関係について検討し、さらに、得られたデータから片肺挿管も偶発的脱管も起こらないような気管チューブの固定位置を決定することである。

今回の研究は全く新しい発想のもとに行われるものであり、本研究の成果を臨床麻酔の場に応用することにより、片肺挿管による重篤な合併症を予防することが可能となり、口腔外科手術を受ける患者の安全性を高めることができる。

3. 研究の方法

(1) 研究1：成人における気管チューブ先端の位置に関する研究

口腔外科手術予定の健康な成人女性患者を対象として、通法により急速導入法により麻酔を導入したのち、Murphy eye の設置されていないカフ付きの気管チューブ (Portex Blue Line Tracheal Tube[®], ID 7.5 mm, OD 10.3 mm, Smith Medical 社製: Magill 群)、Murphy eye が片側に設置されているカフ付きの気管チューブ (Portex Clear Tracheal Tube Murphy Eye[®], ID 7.5 mm, OD 10.3 mm, Smith Medical 社製: Murphy 群)、Murphy eye が両側に付いているカフ付きの気管チューブ (Parker Flex-Tip[®] Tube, ID 7.5 mm, OD 10.0 mm, Parker Medical 社製: Parker 群)のいずれかを経鼻的に気管挿管し

た。気管チューブにはマーキングを容易にするために細長いテープを貼付した。

挿管後、気管チューブ内に気管支ファイバースコープを挿入し、気管支ファイバースコープの先端が気管チューブの先端に一致するまで進めた。気管支ファイバースコープの先端が気管チューブの先端に一致したら、気管支ファイバースコープで気管チューブの先端を確認しながら気管チューブを進めて、気管チューブの先端が気管分岐部に達した時に外鼻孔の位置で気管チューブのテープに印を付けた。

次に、気管チューブを約 3cm 引き抜いたのちに気管チューブから気管支ファイバースコープを抜き取り、左側胸部に聴診器を当てて左肺の呼吸音を聴取しながら気管チューブを進め、呼吸音に変化した時点で外鼻孔の位置で気管チューブのテープに第 2 番目の印を付けた。さらに、気管チューブを深く挿入して、呼吸音が完全に聞こえなくなった時点で外鼻孔の位置で気管チューブのテープに第 3 番目の印を付けた。

これらの操作により、外鼻孔-気管分岐部間距離、呼吸音変化時における外鼻孔-気管チューブ先端間距離、呼吸音消失時における外鼻孔-気管チューブ先端間距離を測定し、呼吸音変化時における外鼻孔-気管チューブ先端間距離と外鼻孔-気管分岐部間距離の差から呼吸音変化時における気管チューブ先端-気管分岐部間距離、呼吸音消失時における外鼻孔-気管チューブ先端間距離と外鼻孔-気管分岐部間距離の差から呼吸音消失時における気管チューブ先端-気管分岐部間距離を算出した。

(2) 研究2：小児における気管チューブ先端の位置に関する研究

口蓋形成術予定の小児を対象として、通法により緩徐導入法により麻酔導入を行ったのち、Murphy eye の設置されていないカフなしの小児用気管チューブ (Portex[®] Tracheal Tube, ID 4.5 mm, OD 6.2 mm, Smith Medical 社製: no eyes 群) Murphy eye が両側に設置されているカフなしの小児用気管チューブ (RAE[®] Preformed Tracheal Tube, ID 4.5 mm, OD 6.2 mm, Mallinckrodt Medical 社製: double eyes 群)のいずれかを経口的に気管挿管した。気管チューブにはマーキングを容易にするために細長いテープを貼付した。

挿管後、気管チューブ内に気管支ファイバースコープを挿入し、気管支ファイバースコープで気管チューブの先端を確認しながら気管チューブを進めて、気管チューブの先端が気管分岐部に達した時に下顎前歯の位置で気管チューブのテープに印を付けた。

次に、気管チューブを約 2cm 引き抜いたの

ちに気管チューブから気管支ファイバースコープを抜き取り、左側胸部に聴診器を当てて左肺の呼吸音を聴取しながら気管チューブを進め、呼吸音に変化した時点で下顎前歯の位置で気管チューブのテープに第2番目の印を付けた。さらに、気管チューブを深く挿入して、呼吸音が完全に聞こえなくなった時点で下顎前歯の位置で気管チューブのテープに第3番目の印を付けた。

この操作により、下顎前歯－気管分岐部間距離、呼吸音変化時における下顎前歯－気管チューブ先端間距離、呼吸音消失時における下顎前歯－気管チューブ先端間距離を測定し、呼吸音変化時における下顎前歯－気管チューブ先端間距離と下顎前歯－気管分岐部間距離の差から呼吸音変化時における気管チューブ先端－気管分岐部間距離、呼吸音消失時における下顎前歯－気管チューブ先端間距離と下顎前歯－気管分岐部間距離の差から呼吸音消失時における気管チューブ先端－気管分岐部間距離を算出した。

(3) 統計学的処理

統計学的処理には STATVIEW (version 5.0; SAS Institute, Cary, NC, USA) を使用して、平均値±標準偏差で表示した。気管チューブ先端－気管分岐部間距離における最大値、最小値、中央値、25%、75%も算出した。患者背景は unpaired Student t-test あるいは Fisher's exact test を用いた。各群における距離の比較には unpaired Student t-test を使用し、危険率 5%未満を有意差ありと判定した。

4. 研究成果

(1) 研究1：成人における気管チューブ先端の位置に関する研究

気管チューブ先端に Murphy eye の設置されていないカフ付きの気管チューブを使用した Magill 群では、チューブ先端が気管分岐部を越えて右側主気管支に 1.5 ± 0.4 cm 挿入されたときに呼吸音に変化し、 3.2 ± 0.3 cm 挿入されたときに呼吸音が完全に消失した。

Murphy eye が片側に設置されているカフ付きの気管チューブを使用した Murphy 群では、チューブ先端が右側主気管支に 2.0 ± 0.4 cm 挿入されたときに呼吸音に変化して、 3.2 ± 0.3 cm 挿入されたときに呼吸音が完全に消失した。

Murphy eye が両側に付いているカフ付きの気管チューブを使用した Parker 群では、チューブ先端が右側主気管支に 1.7 ± 0.4 cm 挿入されたときに呼吸音に変化し、 3.6 ± 0.5 cm 挿入されたときに呼吸音が消失した。

このことから Murphy eye が設置されていない気管チューブではチューブ先端のベベルの近心端が気管分岐部を越えたときに呼

吸音に変化し、左側に Murphy eye が設置されている気管チューブでは Murphy eye の近心端が気管分岐部を越えた時点で呼吸音に変化する。両側に Murphy eye が設置されている気管チューブでは Murphy eye が半分近く右主気管支内に挿入されたときに呼吸音に変化することが明らかとなった。

呼吸音の消失は、いずれの気管チューブにおいても気管チューブが右主気管支内にさらに深く挿入されたときに認められた。このことから呼吸音は膨張したカフが気管支内に深く楔入され、左肺へのガス流入が完全に途絶したときに消失することが判明した。

(2) 研究2：小児における気管チューブ先端の位置に関する研究

気管チューブ先端に Murphy eye の設置されていないカフなし気管チューブを使用した no eyes 群では、チューブ先端が気管分岐部を越えて右側主気管支に 8 ± 2 mm 挿入されたときに呼吸音に変化し、 17 ± 4 mm 挿入されたときに呼吸音が消失した。

Murphy eye が両側に設置されているカフなしの小児用気管チューブを使用した double eyes 群では、チューブ先端が右側主気管支に 14 ± 4 mm 挿入されたときに呼吸音に変化し、 50 ± 7 mm 挿入されたときに呼吸音が消失した。

このことから、Murphy eye の設置されていないカフなし気管チューブではチューブ先端のベベルの近心端が気管分岐部を越えた直後に呼吸音に変化し、両側に Murphy eye が設置されている気管チューブでは左側の Murphy eye の近心端が気管分岐部を越えた直後に呼吸音に変化することが明らかとなった。

呼吸音の消失に関しては、両群とも気管チューブが右気管支内により深く挿入され、Murphy eye の設置されていないカフなし気管チューブでは気管支壁によりベベルが閉塞したときに左肺へのガス流入が途絶したときに呼吸音が消失し、両側に Murphy eye の設置されているカフなし気管チューブではさらに挿入されて、両側の eye が気管支壁に密着したときに呼吸音が消失したと推測された。

(3) 結語

本研究結果により、気管チューブの適正な固定位置決定における呼吸音変化の信頼性は、気管チューブ先端の Murphy eye、ベベルの形状、カフの有無により影響されることが判明した。

これらの知見に基づいて、気管挿管後には呼吸音を聴きながら気管チューブを進めて、呼吸音に変化した時点から、Murphy eye の位置とサイズ、ベベルの形状等を考慮に入れ

て、気管チューブを引き抜くことにより聴診法により発見できない片肺挿管を防ぐことができることが明らかとなった。

また呼吸音が消失するのは気管チューブ先端が気管支内にかなり深く挿入されたときであり、特に小児において両側に **Murphy eye** が設置されたカフなし気管チューブを使用するときは十分な注意が必要と思われた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

(1)Unrecognized bronchial intubation associated with the uncuffed pediatric tracheal tube with bilateral Murphy eyes, Kazuna Sugiyama, Yozo Manabe, Atsushi Kohjitani. *Pediatric Anesthesia* 査読有、22 巻、2012、1191-1196

(2)The Parker Flex-Tip tube prevents subglottic impingement on the tracheal wall during nasotracheal intubation, Kazuna Sugiyama, Yozo Manabe, Atsushi Kohjitani. *Anesthesia Analgesia* 査読有、115 巻、2012、212-213

〔学会発表〕(計2件)

(1)両側マーフィーアイ付き小児用気管チューブの呼吸音変化に関する研究、梶山加綱、真鍋庸三、大内謙太郎、遠矢明菜、大野 幸、糀谷 淳、第 40 回日本歯科麻酔学会総会・学術集会、平成 24 年 10 月 6 日、福岡市

(2)小児の経鼻挿管チューブサイズに関する検討、真鍋庸三、遠矢明菜、大野 幸、大内謙太郎、糀谷 淳、梶山加綱、第 40 回日本歯科麻酔学会総会・学術集会、平成 24 年 10 月 6 日、福岡市

6. 研究組織

(1)研究代表者

梶山加綱(SUGIYAMA KAZUNA)
鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・教授
研究者番号：50124772

(2)研究分担者

真鍋庸三(MANABE YOZO)
鹿児島大学・医学部・歯学部附属病院・講師
研究者番号：90248550