

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 6 月 17 日現在

機関番号：82643

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010 年 ～ 2011 年

課題番号：22890247

研究課題名（和文） 内視鏡下鼻内手術最適化のための 3 次元気流解析を用いた鼻副鼻腔機能の検討

研究課題名（英文） Study of nasal airway function using three-dimensional airflow analysis for for standardization of endoscopic surgery

研究代表者 野村 務（NOMURA TSUTOMU）

独立行政法人国立病院機構（東京医療センター臨床研究センター） 研究者番号：20228365

研究成果の概要（和文）：アレルギー性鼻炎や慢性副鼻腔炎などの炎症性鼻副鼻腔疾患に対して内視鏡下鼻内手術が数多く施行されているが、気道の形成、嗅覚、air conditioning 作用、共鳴作用という基本的な機能を術後に最適化するためにどのような手術手技を採用すればよいのかという点についてはエビデンスが蓄積されていない。この点に鑑み、本研究では CT を基にした鼻副鼻腔の 3 次元再構築と気流解析を行い、これまでの手術手技を気流という観点から再検討して内視鏡下鼻内手術の手技の最適化のためのエビデンスを確立することを目的とする。正常人および、鼻中隔彎曲症患者の術前術後の気流を解析し、手術により劇的な改善をみた。今後はこの方法を他の副鼻腔疾患に応用し、内視鏡治療の標準化を目指す予定である。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to evaluation the nasal airflow and determine standardization of endoscopic nasal surgery.

A realistic three dimensional (3D) model of the nose with a septal perforation was reconstructed using a computed tomography (CT) scan from a normal volunteer and patient with nasal septal defect. The numerical simulation was carried out using ANSYS CFX V13.0. The effects of surgery to correct nasal septal perforation were evaluated using a three-dimensional airflow evaluation. Following the surgery, cross flows disappeared, and PG and the SSR rate were decreased. A high PG and SSR were suspected as causes of nasal perforation symptoms.

We are planning to study other nasal/paranasal disease for standardization of endoscopic nasal surgery.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,230,000	399,000	1,629,000
2011 年度	750,000	225,000	975,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,980,000	624,000	2,604,000

研究分野：

科研費の分科・細目：7309

キーワード：3 次元気流解析、鼻副鼻腔機能

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

1. 研究開始当初の背景

アレルギー性鼻炎、慢性副鼻腔炎に代表される炎症性鼻副鼻腔疾患は耳鼻咽喉科臨床の中でも非常に頻度の高い疾患群である。保存的治療で効果がない場合、内視鏡下鼻内手術が行われているが、現在までに標準化された術式はない。

この解決策として、海外では鼻腔・副鼻腔の3次元構築を行って気流解析を行う試みが近年報告されてきている。しかし、その応用は鼻中隔彎曲症等に限られたものであり、より臨床に即したモデルの作成、解析の必要性が認められる。

2. 研究の目的

アレルギー性鼻炎、慢性副鼻腔炎に代表される炎症性鼻副鼻腔疾患は耳鼻咽喉科臨床の中でも非常に頻度の高い疾患群である。通常これらの疾患に対してはまず抗生物質、抗アレルギー薬、点鼻ステロイド薬などによる保存的治療が行われるが、これで十分な効果が得られない場合は内視鏡下鼻内手術による炎症粘膜の切除や鼻腔形態の矯正、副鼻腔の開放が施行される。内視鏡下鼻内手術は1985年頃にその基礎技術が確立してから急速に普及し、現在では耳鼻咽喉科手術の中でも最も数多く行われている手術の1つであり、1年間に数万件の手術が全国の医療機関で行われていると推定される。

鼻副鼻腔には気道の形成、嗅覚、加温加湿・除塵などの air conditioning 作用、共鳴作用という基本的な機能があり、鼻疾患患者においてはこれらの機能の障害が自覚症状と非常に密接に関連している。とくに上記機能はいずれも鼻腔を通過する気流の動態に最も影響を受けるが、気流は当然のことながら粘膜を含めた鼻副鼻腔の解剖形態に非常に影響を受けるため、手術操作は鼻内の気流動態を術後に最適化できる形態に鼻副鼻腔形態を整えることが目標であるともいえる。しかしながら、鼻副鼻腔の形態が非常に複雑であることから、術後の鼻内気流を直感的に予測することは困難である。またこれほど全国で数多く施行されている手術でありながら、鼻副鼻腔形態を最適化するためにどのような手術手技を行えばよいのかという点に関して客観的な指標は意外なほど少なく、現時点で行われている手術手技は熟練者の主観的な意見をもとに各術者の経験を加味して行っているのが現状である。同じく感覚器の手術である白内障の手術や中耳手術が術後の視力改善度、聴力改善度という確立した客観的指標に基づいて評価されていることを考えると、手術手技の評価という点で内視鏡下鼻内手術はエビデンスレベルの低い段階に

とどまっている。

この解決策として、海外では鼻腔・副鼻腔の3次元構築を行って気流解析を行う試みが近年報告されてきている。

以上の点に鑑み、本研究では①正常CT画像から鼻副鼻腔の3次元構造の再構築と鼻内気流解析を行うことにより正常の鼻内気流を分析する、②現在標準的に行われている内視鏡下鼻内手術の手技に即した切除範囲をモデル上で作成し、術後の気流の変化を分析する、③実際に術前術後にCTを撮っている患者の鼻副鼻腔の再構築を行って気流のシミュレーションを行い、これが術前後の嗅覚検査の改善や鼻閉に関する自覚症状の改善度と相関があるかどうか検討する、④上記で得られた情報をもとに、気流解析にて最適化された手術方法と過去の手術方法を術後の自覚症状の改善度、嗅覚検査結果等のパラメータで前向きに比較検討する、ことを目的とする。これらの解析を通じて、これまでの手術手技を気流という観点から再検討して内視鏡下副鼻腔手術の手技の最適化のためのエビデンスを確立し、最終的には個々の患者の病態に合わせて術後の気流を最適化するための手術操作のシミュレーションを術前に行うという内視鏡下鼻内手術のオーダーメイド化を確立することが究極の目標である。

3. 研究の方法

正常の鼻副鼻腔の3次元ボリュームデータを作成、メッシュ化し、モデルを作成する。ANSYS FLUENTを用いて、気流と乱流の解析、せん断応力の測定、鼻腔内の温度分布を測定する。次に、現在行われている手術手技に即した切除範囲をモデル上で作成し、機能改善をめざした、最適な手術法の検討を行う。さらに、実際の患者の術前後のデータの比較を行い、モデルの有用性を検討する。

1. 正常CT画像を基にした鼻副鼻腔の3次元再構築と気流解析

鼻副鼻腔精査のためにCTを撮影し、画像上鼻副鼻腔に異常が見られなかった症例を正常CT画像として使用した。数名分の正常CT画像をDICOMデータに書き出す。次に3次元ボリュームデータ処理ソフトである、INTAGE Volume Editorにて、鼻腔・副鼻腔のみを再構築し、ボリュームデータを作成し、STLフォーマットで出力する。出力されたデータをANSYS FLUENTを用いて、ボリュームデータをメッシュ化し、モデルを作成し気流解析を行う。メッシュ操作等の詳細については、申請者の報告した有限要素法の操作1)に準じて行う。

気流解析において、気流と乱流の解析、せん

断応力の測定、さらに鼻腔内の温度分布を測定する。気流については、嗅球への気流の速度、乱流の発生度合いを検討し、粘膜の損傷の推定のため乱流とせん断応力の解析、吸気の熱交換の効率の検討のために、温度分布を測定する。これらのデータを集約し、正常鼻副鼻腔のデータの標準化を行う。

全体のデータ処理の手順を示すために、岩崎らの論文2)より図を一部改変して引用した。岩崎らは通気障害部位の特定のために、気流解析を用いたが、今回の研究では、乱流の発生、せん断応力、温度分布と多方面からの解析を行い、機能評価を行なう。

2. 標準的な内視鏡下鼻内手術の手技に即した切除範囲のモデル作成と術後の気流の変化の分析

内視鏡下鼻内手術で標準術式として行われている手技に即した鼻副鼻腔の切除範囲をモデル上で作成し、気流、乱流、せん断応力、温度分布のデータを採取する。

目標としては、

1. 嗅裂に確実に気流が到達すること、
2. 強い乱流が発生しないこと、
3. 粘膜損傷の可能性のあるせん断応力が最小であること、
4. 吸気と鼻粘膜の熱交換が確実に行われることである。

各手術手技による、データの違いを検討し、手術法の最適化に関するエビデンスを確立する。

3. 標準的な内視鏡下鼻内手術の手技に即した切除範囲のモデル作成と術後の気流の変化の分析の継続

各手術手技による、モデルの作製を引き続き行いデータを蓄積し、手術法の最適化に関する検討を行なう。

4. 患者の術前術後のデータの比較

実際に術前術後にCTを撮っている患者の鼻副鼻腔の再構築を行って気流のシミュレーションを行い、これが術前後の嗅覚検査の改善や鼻閉に関する自覚症状の改善度との相関を検討する。また、客観データとして、同一患者に音響鼻腔計測を施行し、そのデータと比較し、モデルの有用性を検討する。

5. 前向き研究による手術の最適化の検討

ここで得られた情報をもとに前向き研究として、いままでの手術方法で行った群と、気流解析にて算出されて最適とされた手術方法とを比較検討する。最終的には個々の患者の病態に合わせて術後の気流を最適化するための手術操作のシミュレーションを術前に行うという内視鏡下鼻内手術のオーダーメイド化を確立する。

また、すべての研究において、患者の臨床データ使用について、倫理委員会に申請予定である。

4. 研究成果

正常人のモデルを作成し、鼻内気流モデルの標準状態の確立を行った。

次に鼻中隔穿孔患者の術前CTを元に、3次元気流解析の方法はDICOMデータで出力されたCT画像からボリュームデータを作成し、気流解析を行った。術後モデルは、術後のCTを参考とし、術前CT上でモデルの加工を行った。

鼻中隔穿孔患者の閉鎖術前後の3次元気流解析を行い、正常人と比較検討した。閉鎖後は気流が改善し、上鼻道方向にも気流が出現していた。穿孔縁周囲に、圧勾配、せん断ひずみ速度の上昇がみられ、また、前縁には乱流の出現がみられた。これらが鼻出血、痂皮脱落に関連している可能性が考えられた。術後にはこれらの所見は軽減していた。

今回の結果は実際の臨床効果と一致しており、術前に術後の機能を評価する上で3次元気流解析が非常に有効な方法であると思われる。以上を学会で報告し、現在論文を執筆中である。

ここで得られた情報をもとに前向き研究として、いままでの手術方法で行った群と、気流解析にて算出されて最適とされた手術方法とを比較検討する予定である。

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 0件)

〔学会発表〕(計 1件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者
()

研究者番号：

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：