

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1日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22390392

研究課題名(和文) 流体シミュレーション技法による3次元管腔気道形態の通気機能と顎咬合状態の関連評価

研究課題名(英文) A ventilation function of the three-dimensional lumen airway form by the fluid simulation technique and allied evaluation of the jaw occlusion state

研究代表者

山崎 要一(YAMASAKI YOICHI)

鹿児島大学・大学院医歯学総合研究科・教授

研究者番号：30200645

研究成果の概要(和文)：

流体シミュレーション技法は、3次元管腔気道の通気機能を詳細に評価できた。具体的には、上気道の通気障害部位の検出に効果的であることが示された。さらに、本方法は上気道の部分的な通気状態の評価も可能で、上顎骨急速拡大による鼻腔通気状態の改善状況も確認できた。また、本方法でClass IIのdolichofacial typeとbrachyfaical typeの通気状態を評価し、上気道通気障害が顎顔面の垂直的成長と関連が深いことを示すことができた。

研究成果の概要(英文)：

The fluid simulation technique was able to evaluate a ventilation condition of the three-dimensional lumen airway. Specifically, we were shown to be effective in the detection of the ventilation obstruction site of the upper airway. Furthermore, the evaluation of the partial ventilation condition of the upper airway was possible, and this method was able to confirm the improvement situation of the nasal cavity ventilation condition by the maxillary rapid expansion. Also, we evaluated a ventilation condition of dolichofacial type and brachyfaical type of Class II by this method, and upper respiratory tract aeration disorder was able to show that maxillofacial vertical growth and association were deep. We were able to show that a ventilation disorder of the upper airway was associated with maxillofacial vertical growth.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2011年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2012年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	15,000,000	4,500,000	19,500,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児歯科学

キーワード：小児、流体シミュレーション技法、顎咬合状態、上顎骨急速拡大、鼻腔通気状態、

1. 研究開始当初の背景

小児の気道通気状態と顎咬合状態との関連性を示唆した報告があるものの、通気状態の評価は困難なため、明確な関連は示されていない。さらに、通気障害は鼻腔、鼻咽頭、口腔咽頭、下咽頭と様々な部位で、複数認められる場合があり、それぞれの部位での通気障害改善の方法が異なるため、障害部位の特定は通気状態改善のために重要となるものの、通気障害部位の特定方法は確立されていない。

我々は気道形態および上気道の通気状態の研究を行い、2008年以降、医科も含めて管腔気道の流体解析による通気状態の評価が有効であることを明らかにしてきた。

今回、流体解析の更なる精度向上のために、流体の影響で生じる気道形態の変形と呼吸運動による流体の変化を反映した、非定常の流体-構造連成解析による通気障害部位の特定方法を確立し、小児の顎咬合状態との関連を明確にし、臨床に役立つものにしたと考えた。

2. 研究の目的

小児の流体シミュレーション技法による3次元管腔気道形態の通気機能と障害部位の特定方法を確立するため、検査のため撮影されたCTデータより得られた3次元上気道管腔モデルに対してシミュレーションによる呼吸運動を再現させ、それに伴う空気圧と気道形態の変形を想定した、流体-構造連成解析を用いた通気障害部位の特定方法を確立したい。さらに、上顎急速拡大、下顎前方誘導、下顎骨延長術等の治療前後の形態データをもとに、歯科治療後の上気道形態変化の予測モデルを作製して、流体-構造連成解析による通気障害の改善予測を行う。

その結果、流体シミュレーション技法による3次元管腔気道形態の通気機能と顎咬合状態の関連を明らかにするだけでなく、咬合治療による歯列咬合の改善だけでなく、通気状態の改善を示すことを目的とした。

3. 研究の方法

本研究は3年間の研究期間で、咬合治療を目的に撮影された小児のコーンビームエックス線CTデータ（CTデータ）を用いて、① 3次元上気道管腔モデルの流体-構造連成解析を行い、小児の通気障害部位の特定方法としての有効性を確立する。② 上顎側方急速拡大、下顎前方誘導を行った治療前後の気道形態を解析し、治療後の予測モデルを作製し、気道の通気障害改善効果の予測の有効性を上気道の流体-構造連成解析を用いて検討する。

これらの研究結果から、小児の通気障害部

位の特定と、上顎側方急速拡大、下顎前方誘導による治療が通気状態改善のデータを得る。

2010年

【資料】

資料は、連携研究者が開設している施設において、歯列不正の診断目的で撮影された6歳から12歳までの小児で、上顎側方急速拡大を行ったもの30名と下顎前方誘導を行ったもの30名に対して、それぞれの治療前後、延べ120名分のCTデータである。

【方法】

1. 上気道の3次元形態評価

CTデータは、64 bit ワークステーションにて、医用画像構築ソフトで上気道管腔モデルの3次元構築を行い、気道断面積、気道長径、幅径および形態の計測を行う。

2. 上気道管腔モデルの流体-構造連成解析の有効性の検討

構築された上気道管腔モデルをSTL (StereoLithography) 化し、FEM メッシュモーフイングソフトウェアにてメッシュ処理を行う。流体-構造連成解析ソフトにて流体-構造連成解析を行い、上気道の圧力分布、速度分布の状況から通気状態を評価する。その後、通気障害部位の特定方法の有効性を検討するため、従来の形態的検査方法である上気道断面画像や、3次元構築画像、上気道流体シミュレーションの結果、さらに睡眠ポリグラフの結果と流体-構造連成解析の結果を比較し、その有効性を検討する。

2011年以降

1. 上顎側方急速拡大と下顎前方誘導による上気道形態および通気状態の変化の解析上顎側方拡大量や下顎前方誘導量と上気道形態の計測データ、ならびに流体-構造連成解析による通気状態のデータとの関連を調べ、各治療による気道形態と通気状態の変化の予測値を得る。

2. 治療後の予測モデルと実際の治療後との通気状態の比較検討治療前の3次元気道データから、各治療による形態変化の予測値を参考に、FEM メッシュモーフイングソフトウェアを用いてメッシュモーフイングを行い、上気道の治療後の予測モデルを作製する。その後、実際の治療後のモデルを使用した形態との流体-構造連成解析の結果を比較検討し、治療後の予測モデルの有効性を向上させる。

4. 研究成果

流体シミュレーション技法は、3次元管腔気道の通気機能を評価できた。その結果、上気道の通気障害部位の検出に効果的である

ことが示された (図1)。

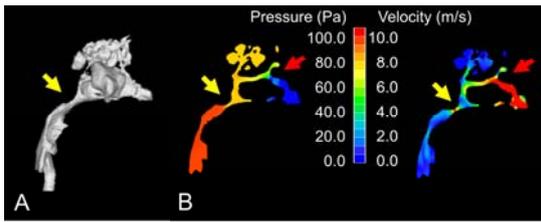


図1 上気道通気状態の評価

A. 上気道3次元管腔モデル、B. 流体シミュレーションによる通気状態 (圧力、速度) の評価と通気障害部位の特定 (矢印) (文献3より、一部改編)

さらに、本方法は上気道の部分的な通気状態の評価も可能で、上顎骨急速拡大による鼻腔通気状態の改善状況も確認できた (図2)。

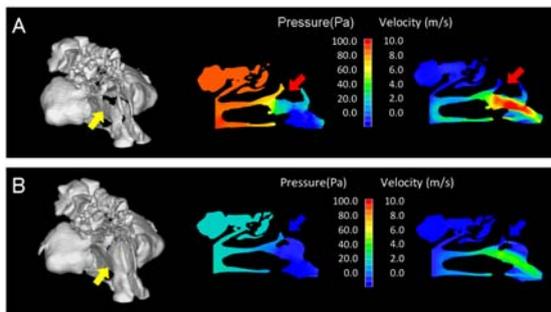


図2 流体シミュレーションを用いた上顎骨急速拡大治療による鼻腔の通気状態の変化 (A: 拡大前, B: 拡大後) (文献2より、一部改変)

また、本方法で Class II の dolichofacial type と brachyfacial type の通気状態を評価し、上気道通気障害が顎顔面の垂直的成長と関連が深いことを示すことができた。

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3件)

1) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kakuno E, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y, Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: A cone-beam computed tomography study, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol.143, pp.235-245 (2013). (査読有) doi: 10.1016/j.ajodo.2012.09.014.

2) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y,

Evaluation of improvement of nasal airway ventilation following rapid maxillary expansion using computational fluid dynamics, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol.141, No.3, pp.269-278 (2012). (査読有) doi: 10.1016/j.ajodo.2011.08.025.

3) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y, Evaluation of upper airway obstruction in Class II children using fluid-mechanical simulation, Am J Orthod Dentofacial Orthop, Vol.139, No.2, pp.e135-e145 (2011). (査読有) doi: 10.1016/j.ajodo.2010.08.014.

[学会発表] (計9件)

1) Iwasaki T, Saitoh I, Harada M, Miyashita K, Matsune S, Takemoto Y, Fukami A, Sato H, Inada E, Hasegawa H, Kakuno E, Kanomi R, Hayasaki H, Kurono Y, Yamasaki Y, Detection of specific obstruction sites using fluid-structure interaction analysis in children with upper airway obstruction, THE 7TH ASIAN SLEEP RESEARCH SOCIETY CONGRESS, 2012, 2012年11月30日 Taipei

2) 岩崎智憲, 嘉ノ海龍三, 武元嘉彦, 齊藤一誠, 覚野恵梨子, 早崎治明, 山崎要一, CBCTを用いた上顎骨側方急速拡大による舌位改善と咽頭気道拡大の評価, 第71回日本矯正歯科学会, 2012年9月28日 盛岡市

3) 岩崎智憲, 齊藤一誠, 原田みずえ, 宮下圭一, 松根彰志, 武元嘉彦, 深水篤, 佐藤秀夫, 稲田絵美, 長谷川大子, 覚野恵梨子, 嘉ノ海龍三, 早崎治明, 黒野祐一, 山崎要二, 上気道流体シミュレーションを用いた上顎骨急速拡大による歯科治療前後の吸気時咽頭気道圧の評価, 第37回日本睡眠学会, 2012年6月29日 横浜市.

4) Yamasaki Y, Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kakuno E, Kanomi R, Hayasaki H: Analysis of upper airway obstruction in Class II children using fluid-mechanical simulation, the 8th Biennial Conference of the Pediatric Dentistry Association of Asia (PDAA), Sanur Paradisw Plaza Hotel, Bali in Indonesia, 24-26 May, 2012. The 5 finalists of Scientific competition in Research Poster Session.

5) Iwasaki T, Saitoh I, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y, Improving tongue posture

and pharynx airway as a side effect of rapid maxillary expansion in children: A cone-beam computed tomography study, American Association of Orthodontists (AAO) 112th Annual Session, 2012年5月3日 Honolulu

6) Iwasaki T, Saitoh I, Harada M, Miyashita K, Matsune S, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H, Kurono Y, Yamasaki Y, Detection of specific obstruction sites using fluid-structure interaction analysis in children with obstructive sleep apnea syndrome, World Sleep 2011, Kyoto, Japan, ICC Kyoto, 2011.10.16-20.

7) 岩崎智憲, 齊藤一誠, 早崎治明, 山崎要一. 閉塞性睡眠時無呼吸症候群への上気道流体シミュレーションの臨床応用, 第27回「歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い」, 東京都千代田区・日本歯科医師会館 2011, 1, 8.

8) 岩崎智憲, 早崎治明, 嘉ノ海龍三, 武元嘉彦, 齊藤一誠, 松根彰志, 黒野祐一, 山崎要一. 上気道流体シミュレーションを用いた小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群の通気障害部位の特定方法について, 第48回日本小児歯科学会大会, 名古屋市 2010.5.19-20

9) Iwasaki T, Kanomi R, Hayasaki H, Yamasaki Y, Evaluation of upper airway obstruction in Class II children using fluid-mechanical simulation, American Association of Orthodontists (AAO) 110th Annual Session, 2010.5(Washington DC).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 要一 (YAMASAKI YOUICHI)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号: 30200645

(2) 研究分担者

岩崎 智憲 (IWASAKI TOMONORI)
鹿児島大学・医学部・歯学部附属病院・講師
研究者番号: 10264433

早崎 治明 (HAYASAKI HARUAKI)
新潟大学・医歯学総合研究科・教授
研究者番号: 60238095

齊藤 一誠 (SAITOH ISSEI)
新潟大学・医歯学総合研究科・准教授

研究者番号: 90404540

(3) 連携研究者

嘉ノ海龍三 (KANOMI RYUZO)
鹿児島大学・医歯学総合研究科・
研究員
研究者番号: 70411444