

## 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(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22592292

研究課題名(和文) 流体シミュレーションによる小児 OSAS の通気障害部位の特定と治療予測モデルの構築

研究課題名(英文) Identification of ventilation obstruction site of OSAS of children by the fluid simulation and construction of the treatment predictive model

研究代表者

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

研究成果の概要(和文)：

流体シミュレーション(FMS)は、上気道閉塞の位置を検出するために効果的であることが示された。OSAS治療を予定する場合、上気道通気障害を診断するためにFMSとCBCTの併用の有効性を証明した。そして、上顎骨急速拡大(RME)の鼻腔通気状態、舌位、咽頭気道体積への効果を評価した。RMEは、鼻腔通気状態の改善の有無にかかわらず、咽頭気道を増大した。この効果は小児OSASに有効である。以上の結果は今後の治療予測モデルの構築に役立つと考える。

研究成果の概要(英文)：

The fluid mechanical simulation (FMS) was shown to be effective to detect a site of the upper airway obstruction. When we planned OSAS treatment, we proved efficacy of the combination of FMS and CBCT to diagnose the obstruction of the upper airway. And we evaluated the effect to nasal cavity ventilation, tongue posture, the pharynx airway volume of the maxillary rapid expansion (RME). RME enlarged pharynx airway with or without the improvement of the nasal cavity aeration state. This effect is effective for OSAS of children. We consider that the above-mentioned results help the construction of the future treatment predictive model.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

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 OSAS、上気道流体シミュレーション、上顎骨急速拡大、鼻腔通気状態、舌位、咽頭気道体積

## 1. 研究開始当初の背景

小児 OSAS の発現頻度は 0.7% から 2.9% といわれ、重症例では成長障害、高血圧、呼吸不全、心不全、知的障害、昏睡が生じるとい

われている。しかし、第一選択とされるアデノイド口蓋扁桃除去での治療率は 70% 前後で、改善をみない場合、持続陽圧呼吸療法が選択されることが多く、良好な患者協力を継

続して得る必要がある。

小児OSASの原因部位は鼻腔、上咽頭、中咽頭、下咽頭と広範囲にあり、しかも症例の半数は複数箇所原因部位があるといわれている。

しかし、現在の検査方法では、複雑な形態の上気道から障害部位を特定することは困難なため、適切な治療方法が選択されず、良好な治療成績が得られていない。

このように、小児OSASでは通気障害部位の特定が、良好な治療成績を納めるために最も重要な事項であると考えられるが、その方法は、未だ確立されていない。

我々は顎顔面形態と歯列咬合状態の異常に対し、基盤研究(C) (一般)「コーンビームX線CTによる小児の気道と顎顔面形態の流体力学的研究」(H19~H21)を行い、上気道流体シミュレーションが通気状態の評価に有効であることを明らかにしてきた。

この方法は上気道の空気の流れをシミュレーションし、通気状態を動的に評価するもので、形態的に複雑な鼻腔の評価や、外鼻孔から下咽頭までをひとつの管腔として総合的に評価するため、障害の程度だけでなく、複数の障害部位の検出も可能である。

## 2. 研究の目的

小児の閉塞性睡眠時無呼吸症候群(OSAS)の治療には、現在、アデノイド口蓋扁桃除去が第一選択とされるが、その治療結果は必ずしも良好なものでない。一方、上顎骨側方急速拡大の有効性を示唆する報告があるものの、十分なエビデンスが得られているとは言えない。これらの理由として、気道の閉塞部位にはばらつきがあり、その閉塞の原因が、必ずしもアデノイドや口蓋扁桃肥大だけではないことが考えられる。そこで、小児OSASについて、未だ確立されていない気道の通気障害部位の特定方法、ならびに歯科の対応による通気障害の治療予測モデルの作製方法の確立を目的とした。

## 3. 研究の方法

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、上顎骨側方急速拡大を行ったもの30名と下顎前方誘導の治療を受けたもの30名に対して、それぞれの治療前後、延べ120名分のCTデータとした。

### 1) 3次元上気道の形態評価

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の3次元画像構築を行い、上気道について気道断面積、気道長径、幅径および形態の計測を行った。

2) 上気道流体シミュレーションの有効性の検討

3次元構築された上気道モデルをSTL (Stereo Lithography) 化し、メッシュモーフティングソフトウェアにてメッシュ処理を行い、熱流体解析ソフトにて上気道流体シミュレーションを行い、上気道の圧力分布、速度分布の状況から通気状態を評価した。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、従来行われてきた形態的検査方法である上気道の断面画像や、3次元構築された画像と上気道流体シミュレーションの結果を比較検討した。

平成23年度以降

1) 上顎骨側方急速拡大、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

上顎骨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、ならびに上気道流体シミュレーション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た。

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次元形態データから、各治療による形態変化の予測値を参考に、メッシュモーフティングソフトウェアを用いてメッシュモーフティングを行い、上気道の治療後の予測モデルを作製した。その後、実際の治療後のモデルを使用した形態との上気道流体シミュレーション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た。

## 4. 研究成果

流体シミュレーション(FMS)は、上気道閉塞の位置を検出するために効果的であることが示された。OSAS治療を予定する場合、上気道の妨害を診断するためにFMSとCBCTの併用の有効性を証明した。そして、上顎骨急速拡大(RME)の鼻腔通気状態、舌位、咽頭気道体積への効果を評価した(図1)。RMEは、鼻腔通気状態の改善の有無にかかわらず、咽頭気道を増大した(図2)。この効果は小児OSASに有効である。以上の結果は今後の治療予測モデルの構築に役立つと考える。

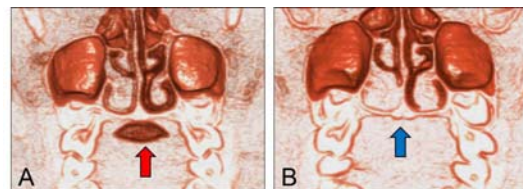


図1 上顎骨急速拡大による鼻腔通気状態改善に伴う、低位舌の改善(口呼吸から鼻呼吸に改善)(文献2より、一部改編)

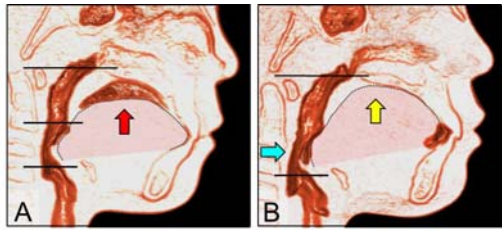


図2 上顎急速拡大による舌位の改善と咽頭気道の拡大(青矢印)(文献1より、一部改編)

## 5. 主な発表論文等

[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).

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

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).

[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 RESEAR 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, 山崎要一, 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年5月 (Washington DC).

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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

### (2) 研究分担者

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

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

なし