

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 8 月 19 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25670878

研究課題名(和文)小児期気道通気障害による吸気時過大陰圧の漏斗胸原因・増悪因子としての機序解明

研究課題名(英文)Relationship of pharyngeal airway respiration pressure on anteroposterior skeletal patterns of children: A CFD study of expiration and inspiration

研究代表者

岩崎 智恵 (Tomonori, Iwasaki)

鹿児島大学・医歯(薬)学総合研究科・准教授

研究者番号：10264433

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：小児の呼吸と顎顔面形態について、上気道通気障害がある場合、口呼吸になり長顔傾向を示すことが報告されている。本研究は上気道流体シミュレーションを用いて、上気道通気状態が小児の前後の顎顔面形態に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。その結果、Class II 小児は鼻腔通気障害のために、咽頭気道部の吸気時の陰圧と呼気時の陽圧が大きだけでなく、相対的に陰圧が大きいため、吸気と呼気の呼吸周期を通して、咽頭気道部には下顎後退方向へ力が働くことが考えられた。このことは呼吸に伴う咽頭気道部陰圧がClass II の要因になりうることを示唆しており、咬合管理上の重要な項目を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：Introduction: The pharyngeal airway inspiration pressure may influence maxillofacial form. This study tested the null hypothesis that pharyngeal airway respiration pressures in children with malocclusion due to different anterior-posterior skeletal patterns do not differ. Methods: Sixty-two average-FMA-angle children were divided into Class I, Class II, and Class III malocclusion groups. Cone-beam computed tomography data was used to reconstruct 3-dimensional shapes of the nasal and pharyngeal airways. Airflow pressure was simulated using computational fluid dynamics to calculate the pharyngeal airway pressure during inspiration. Results: The pharyngeal airway inspiration pressure in the Class II (-247.64 Pa) group was larger than that in the Class I (-43.51 Pa) and Class III (-31.81 Pa) groups. Conclusion: The large negative inspiratory pharyngeal airway pressure due to nasal obstruction in Class II children is related to their retrognathia.

研究分野：小児歯科

キーワード：airway pressure Class II 漏斗胸

1. 研究開始当初の背景

漏斗胸は肋軟骨が変形し、胸骨が陥凹し、前胸部の中心と腹部との境界あたりでロート状に凹んでいる状態を示し、0.1%の頻度で認められる。一般的には無症状と報告されているものの、胸郭の変形による審美的な面からの心理的影響は非常に大きい(図1)。



図1 漏斗胸(5歳男児) 胸部中央の顕著な陥凹を認める。

しかし、その原因については未だ不明であり、医科での治療は胸骨翻転法、胸骨挙上法、NUSS 法などの小児患者に負担の大きい外科手術による対処療法があるものの、その術後経過は必ずしも満足できるものとはとは言えない。そのため漏斗胸の原因を解明し、その予防と有効な治療方法の確立が待ち望まれている。

2. 研究の目的

これまで、漏斗胸小児には扁桃肥大を伴ったいびき等、OSASを疑う所見を示す場合が多いことが示唆されている。また、小児OSASの重症例では陥没呼吸を認め、漏斗胸の原因のひとつとして上気道通気障害が強く疑われる。しかし、これまで小児OSASと漏斗胸との関連について詳細に検討をした報告は見当たらない。その理由として上気道通気状態の評価が難しかったことが考えられる。我々は気道形態および上気道の通気状態の研究を進めており、2008年以降、医科領域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、我々が確立した流体シミュレーションを用いて上気道通気状態と胸郭形態との関連を検討し、小児OSASによる上気道通気障害が漏斗胸の原因のひとつであることを歯科領域から証明したい。

本研究から、これまで原因不明とされてきた漏斗胸の原因のひとつとして小児OSASの関与が明らかにされれば、漏斗胸の新しい予防ならびに外科的治療の安定した術後経過に貢献できると考える。

3. 研究の方法

1) 対象

鹿児島大学病院にOSASを主訴に来院し、漏斗胸、上顎歯列の狭窄もしくは下顎後退による歯列不正を認め、胸郭ならびに上気道形態精査のためにCT撮影と胸郭の呼吸状態を3Dスキャナーの撮影ができ、さらに、OSASの治療のためにアデノイド切除口蓋扁桃摘出術もしくは歯科的対応を図って、治療前後のデータが取得できる3歳から15

歳までの小児30名とする。

2) 上気道形態および通気状態の評価

64 bit ワークステーションにて、上気道のCTデータを医用画像構築ソフトで上気道形態計測および上気道モデルを3次元構築して、流体解析ソフトにて流体解析を行い、上気道の圧力分布等から通気状態を評価する(図2, 3)。

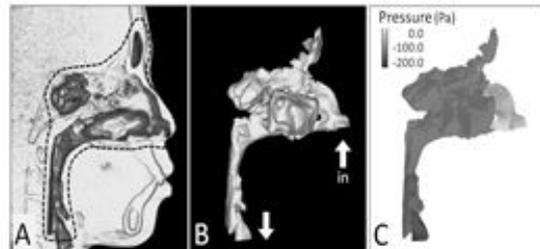


図2 上気道流体シミュレーション(吸気)の流れ

A: CTデータから上気道部分の抽出。  
B: 抽出した3次元上気道モデルの吸気の流体シミュレーション。  
C: 上気道の圧力状態から上気道通気状態を評価する。

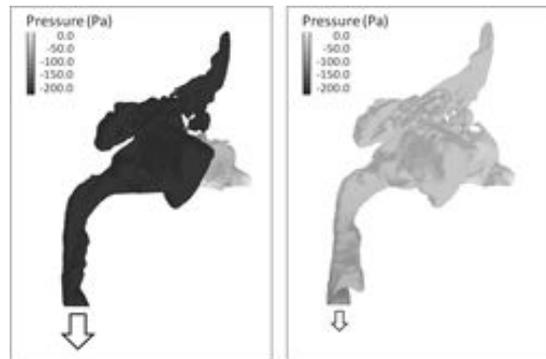


図3 上気道流体シミュレーションを用いた上顎骨急速拡大による鼻腔通気障害改善前後の吸気時の咽頭気道陰圧の変化

A: 鼻腔に通気障害のあるため、吸気のシミュレーションでは咽頭気道に非常に大きな陰圧(約 -200 Pa)が生じることが示されている(大矢印)。そのため、胸腔にもそれに相当する非常に強い陰圧が生じることが推察される。

B: 鼻腔通気障害が改善された吸気のシミュレーションでは咽頭気道陰圧は約 -30 Pa と非常に軽減し(小矢印)、胸腔の陰圧も軽減することが推察される。

(1) 上気道通気障害改善治療後の上気道形態および通気状態の評価

アデノイド切除口蓋扁桃摘出術、上顎側方拡大(図4)や下顎前方誘導(図5)の歯科的治療を通した上気道通気障害改善状況について上気道の3次元形態ならびに流体解析による通気状態を評価して、各治療による

気道形態と通気状態の変化を検討する(図6, 7)

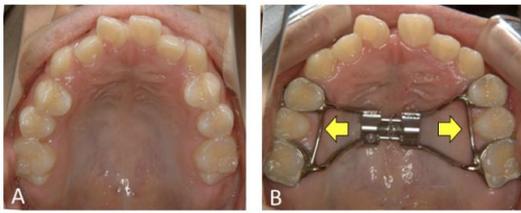


図4 上顎骨急速拡大装置と歯列の変化  
A: 拡大前、B: 拡大後。約5mmの歯列の側方への拡大(黄矢印)とともに、上顎骨が正中部で離開していることを示す。

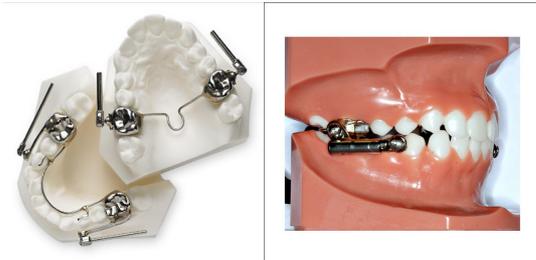


図5 下顎前方誘導装置

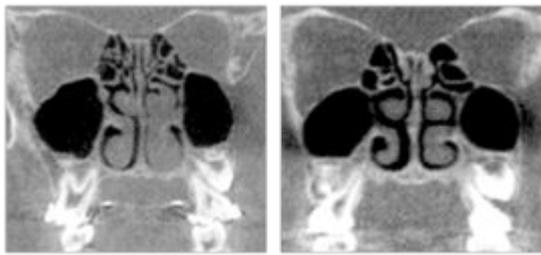


図6 上顎側方拡大による鼻腔の変化(前頭断面)

拡大前: 両側鼻腔が狭窄している。  
拡大後: 両側鼻腔の狭窄が改善している。

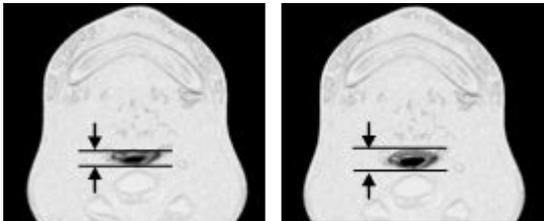


図7 下顎前方誘導による咽頭気道断面の形態変化(水平面)

前方誘導前: 前後的な圧平を認める(A)。  
前方誘導後: 前後的に拡大している(B)。

3) 3D スキャナーによる吸気時および呼気時の胸郭形態の評価

3D スキャナーを胸郭周囲を移動させながら撮影することで、胸部の陥凹部分は正確に形態採取され、呼吸周期中の吸気時と呼気時のそれぞれの胸郭形態の変形も3次元計測して、呼吸に伴う胸郭の変形量(陥没呼吸の

程度)を評価する(図6)。

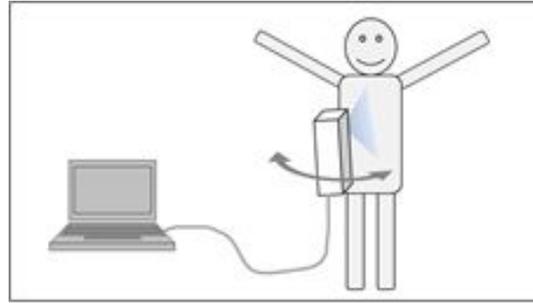


図8 3Dスキャナーによる胸郭の撮影

3Dスキャナーを移動させながら撮影することで陥凹した胸郭の3次元形態計測が可能になる。

#### 4. 研究成果

上顎側方拡大により、鼻腔抵抗値は0.50 Pa/cm<sup>3</sup>/sec から0.14 Pa/cm<sup>3</sup>/sec に有意に減少し、気道最大陰圧は上咽頭部で-112.1 Pa から-35.2 Pa、中咽頭部で-125.0 Pa から-48.7 Pa、下咽頭部で-130.1 Pa から-54.2 Pa にそれぞれ有意に軽減した(表1、図9)。

表1 上顎側方拡大による鼻腔抵抗値と咽頭気道最大陰圧の変化

	拡大前		拡大後		Wilcoxon rank test P
	mean	S.D.	mean	S.D.	
鼻腔抵抗値 (Pa/cm <sup>3</sup> /sec)	0.5	0.4	0.1	0.1	< 0.001**
上咽頭最大陰圧 (Pa)	-112.1	105.6	-35.2	24.3	< 0.001**
中咽頭最大陰圧 (Pa)	-125.0	116.8	-48.7	30.0	0.001**
下咽頭最大陰圧 (Pa)	-130.1	117.6	-54.2	32.8	0.001**

\*\* statistically significant at P < 0.01

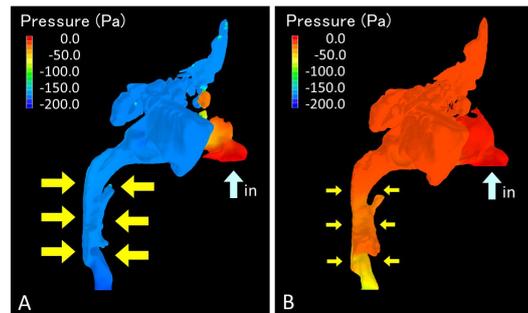


図9 上顎側方拡大により、鼻腔通気状態が改善し、吸気時に生じる咽頭気道部の強い陰圧(A)が軽減(B)することを示す。このことは、漏斗胸の原因のひとつと考えられる胸郭を陥没させる陥没呼吸の改善が予想され、漏斗胸の予防に貢献する可能性がある。

#### 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 6件)

Iwasaki T, Takemoto Y, Inada E, Sato H, Saitoh I, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y: Three-dimensional cone-beam computed tomography analysis of enlargement of the

pharyngeal airway by the Herbst appliance. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 146:776-785, 2014. (査読有)  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.08.017>

Iwasaki T, Takemoto Y, Inada E, Sato H, Suga H, Saitoh I, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y: The effect of rapid maxillary expansion on pharyngeal airway pressure during inspiration evaluated by computational fluid dynamics. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 78:1258-1264, 2014. (査読有)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.05.004> (日本睡眠学会ベストプレゼンテーション賞)

Iwasaki T, Yamasaki Y: Relation between maxillofacial form and respiratory disorders in children, Sleep and Biological Rhythms, 12(1):2-11, 2014. (査読有)  
doi:10.1111/sbr.12041 (日本睡眠学会 Highlight article)

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. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 143:235-45, 2013. (査読有)  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2012.09.014>

岩崎 智憲, 山崎 要一: 特集 睡眠関連呼吸障害: イビキを考える - ストップザイビキ -, - 小児歯科での睡眠医療への取り組み -, 睡眠医療, ライフ・サイエンス, 東京, 8: 313-317 頁, 2014. (査読無)

岩崎 智憲, 山崎 要一: 完全理解! 歯科医師に必要な睡眠と呼吸の基礎知識, (編集 外木守雄), 小児期における気道の状況、呼吸との関連, 小児歯科での睡眠医療への取り組み, ザ・クインテッセンス 12月号, クインテッセンス出版, 東京, 111-113 頁, 2013. (査読無)

[学会発表](計 5 件)

岩崎 智憲, 武元 嘉彦, 稲田 絵美, 齊藤一誠, 覚野 恵梨子, 嘉ノ海 龍三, 山崎 要一: 上気道通気状態が小児の前後の顎間関係に及ぼす影響 - 吸気と呼気の流体力学的研究 -, 第 52 回日本小児歯科学会, 2014 年 5 月 17 日, 品川区立総合区民会館 (東京都 品川区)

Iwasaki T: Symposium: Can you prevent OSA? (5th World Congress on Sleep

Medicine, Valencia, Spain, October 2013)

岩崎 智憲: シンポジウム: 上顎骨急速拡大による上気道通気状態の変化, 第 12 回日本睡眠歯科学会, 2013 年 9 月 8 日, 近畿大学 東大阪本部キャンパス (大阪府 東大阪市)

岩崎 智憲: シンポジウム: 小児 OSA に対する上顎急速拡大の有効性の検討, 第 38 回日本睡眠学会, 2013 年 6 月 27 日, 秋田キャスルホテル(秋田県 秋田市)

Iwasaki T, Murakami D, Morizono K, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y, Evaluation of upper airway ventilation conditions in children with different anteroposterior skeletal patterns using fluid-mechanical simulation. 24th Congress of International Association of Paediatric Dentistry (IAPD), June 13 2013, Seoul, Korea.

[図書](計 0 件)

[産業財産権]  
出願状況(計 2 件)

名称: 顎顔面部の流体構造連成解析を用いた気道通気状態解析システム,  
発明者: 岩崎 智憲  
権利者: 鹿児島大学  
種類: 特許  
番号: 2014-142076  
出願年月日: 平成 26 年 7 月  
国内外の別: 国内

名称: 歯冠の誤飲防止具  
発明者: 岩崎 智憲  
権利者: 鹿児島大学  
種類: 特許  
番号: 2014-075685  
出願年月日: 平成 26 年 4 月  
国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

[その他]  
ホームページ等  
<http://kuris.cc.kagoshima-u.ac.jp/509001.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩崎 智憲 (IWASAKI, Tomonori)  
鹿児島大学歯学総合研究科・准教授  
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

加治 建 (KAJI, Tatsuru)  
鹿児島大学医歯学総合研究科・准教授  
研究者番号：5015420

原田 みずえ (HARADA, Mizue)  
鹿児島大学医歯学総合研究科・助教  
研究者番号：20585103

(3)連携研究者

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