

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K15841

研究課題名(和文) 小児OSASの上顎側方急速拡大は漏斗胸を予防する - 流体構造連成解析を用いて -

研究課題名(英文) Rapid maxillary expansion of pediatric OSAS prevents a funnel chest - using fluid structure interaction analysis -

研究代表者

山崎 要一 (YAMASAKI, Youichi)

鹿児島大学・医歯学域歯学系・教授

研究者番号：30200645

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本申請により、上気道の吸気時と呼気時の咽頭気道圧が評価可能になった。その結果、上気道通気障害児は吸気時に非常に大きな咽頭気道陰圧が生じることが示された。更に上気道通気障害児の呼気も非常に大きな陽圧を示すことから、鳩胸の原因になりうることを示された。このことから上気道通気障害により生じる咽頭気道圧は胸腔内陰圧を引き起こし、漏斗胸が生じるメカニズムが明らかになった。そして咽頭気道陰圧の軽減方法として上顎急速拡大だけでなく、Herbst applianceの咽頭気道圧軽減効果を示すことができた。

研究成果の概要(英文)：In accordance with this application, inspiration time of the upper airway and pharynx airway pressure at expiration became evaluable. As a result, as for the upper airway ventilation child with a disability, it was shown that very major pharyngeal airway negative pressure occurred at inspiration. Furthermore, it was shown that it could become a pigeon-breasted cause because the expiration of the upper airway ventilation child with a disability showed very major positive pressure. Therefore, the pharynx airway pressure to result from upper airway ventilation obstruction caused intrathoracic negative pressure, and the mechanism that a funnel chest occurred in was found. And it was able to show a pharynx airway pressure reduction effect of Herbst appliance as well as a rapid maxillary expansion as a reduction method of the pharyngeal airway negative pressure.

研究分野：小児歯科

キーワード：小児 OSAS 漏斗胸

1. 研究開始当初の背景

漏斗胸は肋軟骨が変形し、胸骨が陥凹して、前胸部の中心と腹部との境界付近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。その影響は胸郭変形による審美面の心理的問題だけでなく(図1)、重症例では心電図異常や弁膜症、呼吸器症状を認める場合もある。さらに、その原因については未だ不明であり、治療は負担の大きい胸部の手術による対症療法があるものの、その術後経過は必ずしも満足できるものとは言えない。このため、成長期における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。これまで、漏斗胸小児はOSA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OSAの重症例では陥没呼吸を認め(図2)、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OSA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いことが考えられる。

2. 研究の目的

医科領域で原因不明とされている漏斗胸の原因因子として、上気道通気障害の影響を明らかにしたい。これまで小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群(OSA)と漏斗胸の関連は一部の医師により疑われているが、その科学的根拠は不明のままである。今回、呼吸圧、体位、睡眠中の筋弛緩等で大きく変形する咽頭気道周囲組織を再現した、より生体に近い上気道3次元モデルによる流体構造連成解析を用いた気道通気状態の評価方法を確立し、吸気時気道陰圧を算出して気道通気障害と漏斗胸との関連を証明したい。さらに上顎側方急速拡大による気道通気状態の改善が漏斗胸の予防・軽減に有効であることも示したい。

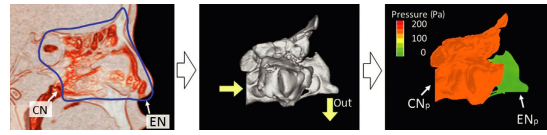
3. 研究の方法

本研究は2年間の期間内に、胸郭と上気道の形態異常の精査のために撮影されたCTデータを用いて、気道周囲組織も加えた上気道3次元モデルの流体構造連成解析を行い、上気道通気状態の新しい評価方法を確立する。CTの胸郭断面形態と上気道通気状態の関連性を検討する。3Dスキャナーを用いて、吸気時と呼気時のそれぞれの胸郭形態を計測し、吸気時の咽頭気道の最大陰圧との関連性を検討する。さらに、上顎側方急速拡大により上気道通気障害が改善された症例の治療前後のCTの安静時の胸郭断面ならびに3Dスキャナーによる吸気呼気時の胸郭の形態変化を評価し、上顎側方急速拡大の漏斗胸に対する予防・軽減効果について検討する。

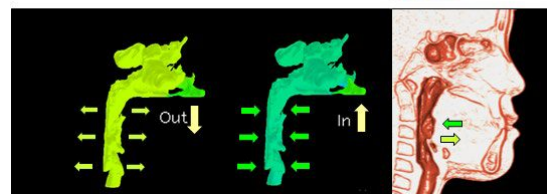
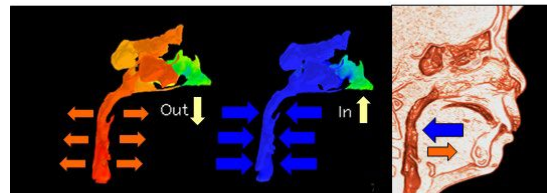
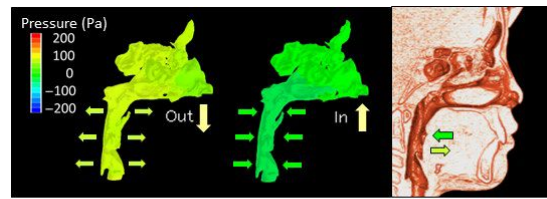
4. 研究成果

今回の研究では上気道の通気状態と顎顔面形態の関連から、鼻腔に通気障害がある場合、吸気時に大きな咽頭気道陰圧が生じ、呼

気時に生じる咽頭気道陽圧を比較したところ、咽頭気道陰圧が大きく、下顎後退位に関連があることが示された。



Calculation of nasal resistance during expiration by computational fluid dynamics. A, Extraction of the nasal airway. EN (external nares), CN (choanae). B, Construction of the 3D nasal airway model and numeric simulation. (Expiration air mass flow 200 mL/s, light yellow arrow.) C, Evaluation of the nasal airway ventilation condition



Relation between mandible position and the breathing pressure in the pharyngeal airway.

A, A child with Class I malocclusion. Pharyngeal airway pressures during expiration (left, light green arrow) and inspiration (centre, green arrow) are slight, and there is little difference between inspiration and expiration pressures (right).

B, A child with Class II malocclusion.

Pharyngeal airway pressure during expiration is large (left, orange arrow) and that during inspiration is larger (centre, dark blue arrow), with a difference between inspiration and expiration pressures (right). This difference in pressures (right) suggests greater forces pulling the mandible backward than forward.

C, A child with Class III malocclusion.

Pharyngeal airway pressures during expiration (left, light green arrow) and inspiration (centre, green arrow) are slight, with little difference between

inspiration and expiration pressures. Therefore, pressures of the pharyngeal airway during inspiration and expiration are similar (right)

このことは、上気道通気障害がある場合、吸気時に胸部では大きな胸腔内陰圧が生じ、呼気時には胸腔内陽圧が認められるものの、陰圧が大きくなり、胸郭の陥凹が生じることが推定された。また、上気道通気障害の原因の一つである鼻腔通気障害は上顎骨急速拡大で改善することが示されていることから、上気道通気障害児に対して上顎骨急速拡大は大きな胸腔内陰圧を軽減し、漏斗胸を予防することが示唆され、本研究の研究仮説が真であることが示された。

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3件)

- 1) Iwasaki T, Sato H, Suga H, Takemoto Y, Inada E, Saito I, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y. Influence of pharyngeal airway respiration pressure on Class II mandibular retrusion in children: a computational fluid dynamics study of inspiration and expiration. *Orthod Craniofac Res*. 2017 May;20(2):95-101. (査読有)
- 2) Iwasaki T, Sato H, Suga H, Takemoto Y, Inada E, Saito I, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y. Relationships between nasal resistance, adenoids, tonsils, and tongue posture and maxillofacial form in Class II and Class III children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 May;151(5):929-940. (査読有)
- 3) Iwasaki T, Sato H, Suga H, Minami A, Yamamoto Y, Takemoto Y, Inada E, Saito I, Kakuno E, Kanomi R, Yamasaki Y: The effect of Herbst appliance on pharyngeal airway ventilation conditions evaluated using computational fluid dynamics. *Angle Orthod*. 2017 May;87(3):397-403. (査読有)

[学会発表](計4件)

- 1) 成育歯科からの小児睡眠医療への貢献 - 気道に関するこれまでの研究を通して - 岩崎智憲 山崎要一 第21回成育歯科医療研究会 2016年9月
- 2) 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 - 睡眠時無呼吸症候群の独創的診断ツールの開発と治療への展開 - 岩崎智憲 山崎要一 医療・福祉・創薬 新技術説明会, 科学技術振興機構 JST 東京本部別館 2016年8月

3) 睡眠時無呼吸症候群の原因部位特定システムの開発.岩崎智憲 山崎要一 イノベーション・ジャパン 2016 ~大学見本市&ビジネスマッチング~, 科学技術振興機構 2016年7月

4) 睡眠時無呼吸症候群の原因部位特定システム 岩崎智憲 山崎要一 第1回医工連携マッチング例会 次世代医療システム産業化フォーラム 2016 2016年5月

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計2件)

- 1) 名称: 睡眠時の気道変形予測システム
発明者: 岩崎智憲, 山崎要一
権利者: 国立大学法人鹿児島大学
種類: 特許
番号: 2016-143249
出願年月日: 2016/7/21
国内外の別: 日本
- 2) 名称: 気道通気状態キャリブレーションシステム
発明者: 岩崎智憲, 山崎要一
権利者: 国立大学法人鹿児島大学
種類: 特許
番号: 2016-143249
出願年月日: 2017/3/1
国内外の別: 日本

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
山崎 要一 (YAMASAKI, Youichi)
鹿児島大学・医歯学域歯学系・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・医歯学域歯学系・准教授
研究者番号: 10264433

(3)研究分担者

加治 建 (KAJI, Tatsuru)

鹿児島大学・医歯学域医学系・准教授

研究者番号：50315420

(4)研究分担者

原田みずえ (HARADA Mizue)

鹿児島大学・医歯学域医学系・助教

研究者番号：20585103

(5)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・客員研究員

研究者番号：70411444