

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：17701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25870566

研究課題名(和文) 小児OSASの陥没呼吸と胸郭変形に関する流体構造連成解析を用いた気道通気状態評価

研究課題名(英文) Relation between retractive breathing with sleep apnoea syndrome in children and thoracic deformity is examined by evaluation of the airway ventilation using computational fluid dynamics.

研究代表者

深水 篤 (Fukami, Atushi)

鹿児島大学・医学部・歯学部附属病院・助教

研究者番号：20452948

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：新しい気道通気状態の評価方法の確立により、小児睡眠時無呼吸症候群(OSAS)の治療成績向上と医科領域の疾患で原因不明とされている漏斗胸の原因因子としての上気道通気障害の影響を明らかにする事を目的に研究を行った。

その結果、気道周囲組織の骨、筋等を再現した詳細な上気道3次元モデルが構築できた。そのモデルを用い流体構造連成解析を行った結果、呼吸により生じる、咽頭気道の陰圧、つまり、胸郭にかかる陰圧が評価できるようになった。これらの結果より、上気道通気障害が胸郭の適正な成長に影響を及ぼす可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to clarify the relationship about an upper respiratory tract ventilation disorder and the onset of the funnel chest. For this purpose, we developed new airway aeration evaluation method. The evaluation method is a fluid-structure interaction analysis using the upper airway 3-dimensional model including the surrounding tissue of the respiratory tract. From this analysis result, it was suggested that upper airway obstruction may affect to the thorax form.

研究分野：小児歯科

キーワード：気道通気状態 漏斗胸 流体構造連成解析

1. 研究開始当初の背景

小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群 (OSAS) の罹患率は2%で、重症例では高血圧、呼吸不全、心不全が生じると言われている。しかし、通気状態の評価方法が確立されていないため、適切な対応法が選択されず、満足できる治療効果は得られていない。現在、複雑な形態をした上気道の通気障害部位の特定には、側面頭部エックス線規格写真やCT, MRI等が使用されているが、通気障害状況は個人で異なり複数部位あることも報告されており、正確な特定は困難である。

一方、漏斗胸(図1)を認める小児には扁桃肥大を伴ったいびき等のOSASを疑う所見を示す場合が多いことが指摘されている。この漏斗胸の発症頻度は0.1%で、乳幼児期から認め、成長とともに顕著になり、審美的な理由で心理面に非常に大きな影響を与えられている。しかし、その原因は未だに特定されておらず、治療は侵襲の大きな胸骨に対する形態修正術が主で、対処療法であるためにその後の経過も必ずしも満足できるものとは言えない。そのため、漏斗胸の原因を明らかにし、その予防と有効な治療方法の確立が待ち望まれている。



図1 漏斗胸(5歳2か月男児)
胸部の顕著な陥凹を認める。

2. 研究の目的

新しい気道通気状態の評価方法の確立によるOSASの治療成績の向上と医科領域の疾患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する。また、気道周囲の組織要素の組み込み、呼吸圧力、周囲組織の重力の影響を加えた上気道3次元モデルの流体構造連成解析を用いて、より生体に近い上気道通気状態の評価方法を確立し、小児OSASの通気障害部位の特定等新しい診断システムを構築して、これまで発症原因が特定されていない上気道通気障害の影響と漏斗胸の関連性を証明することを目的とした。

3. 研究の方法

資料は、漏斗胸と、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た患児のうち、上気道通気障害を認め、胸郭と上気道形態の精査のためにCT撮影と胸郭の呼吸状態を3Dスキャナーで撮影した3歳から15歳までの小児30名とした。

(1) 上気道形態および通気状態の評価

上気道のCTデータから医用画像構築ソフトを用い上気道モデルを3次元構築する。流体構造連成解析ソフトにて咽頭気道周囲組織を解析領域に含めて、より生体に近い上気道通気状態の評価方法を確立し、小児OSASの通気障害部位の特定等新しい診断システムを構築する。

(2) 3Dスキャナーによる胸郭形態の評価

高精度3Dスキャナーを胸郭周囲に移動させながら撮影し、胸部の陥凹部分を正確に形態採得する。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について3次元計測し、呼吸に伴う胸郭の変形量(陥没呼吸の程度)を評価する(図2)。

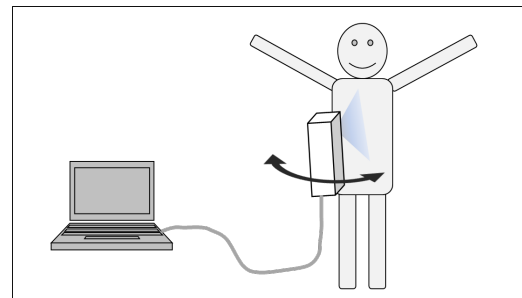


図2 3Dスキャナーによる胸郭の撮影
3Dスキャナーを移動させながら撮影する事で陥凹した胸郭の3次元形態観測が可能となる。

(3) 上気道通気障害改善後の胸郭形態改善状態の評価

上気道通気障害の治療後について、上気道通気状態と吸気時と呼気時の胸郭形態を評価する。また、治療前後の通気変化の状態を比較し、上気道通気障害の改善が呼吸時の胸郭変化に及ぼす影響について検討する。

4. 研究成果

新しい気道通気状態の評価方法の確立により、小児OSASの治療成績向上と医科領域の疾患で原因不明とされている漏斗胸の原因因子としての上気道通気障害の影響を明らかにする事を目的に研究を行った。

その結果、気道周囲組織の骨、筋等を再現した詳細な上気道3次元モデルが構築できた(図3,4)。そのモデルを用い流体構造連成解析を行った結果、呼吸により生じる、咽頭気道の陰圧、つまり、胸郭にかかる陰圧が

評価できるようになった(図5, 6)。これらの結果より、上気道通気障害が胸郭の適正な成長に影響を及ぼす可能性が示唆された。

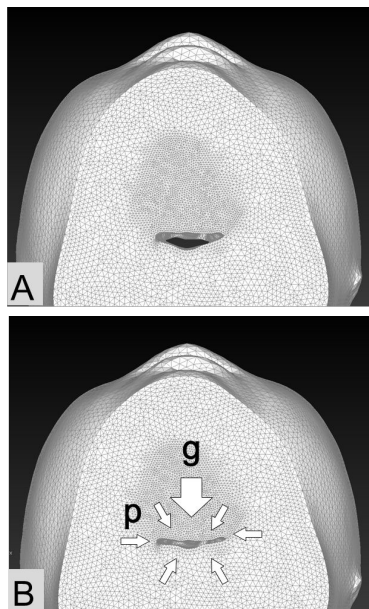


図3 吸気の陰圧(p)と自重(g)の影響について流体構造連成解析を用いた咽頭気道変形(水平面) A:解析前の咽頭気道、B:強い吸気の陰圧と仰臥位での自重の影響で解析後は完全閉塞を認める。

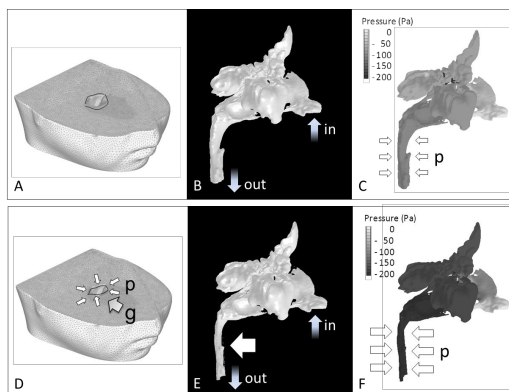


図4 流体構造連成解析 A:圧力、自重で変形が生じる咽頭気道の周囲組織モデル、B:上気道3次元モデルによる吸気の流体シミュレーション、C:シミュレーションにより得られた咽頭気道の吸気時陰圧(p;矢印)、D:吸気時陰圧(p;小矢印)と仰臥位で生じる周囲組織の自重(g;大矢印)による気道変形、E:陰圧、自重による構造解析で変形した咽頭気道(大矢印)での吸気のシミュレーション、F:流体構造連成解析の結果、咽頭気道が収縮し、陰圧が高まったことから(矢印)同部の通気障害が生じやすいことが予想される。

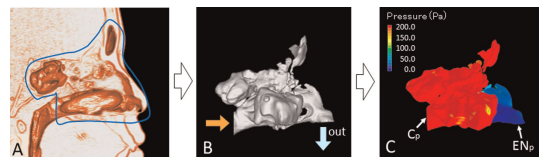


図5 流体構造連成解析を用いた呼気中の鼻腔抵抗値の評価 A:鼻気道データの抽出、B:鼻気道3次元モデルによる呼気の流体シミュレーション、C:外部鼻孔(EN_p)と後鼻孔(C_p)の圧力差を鼻腔抵抗値とした。

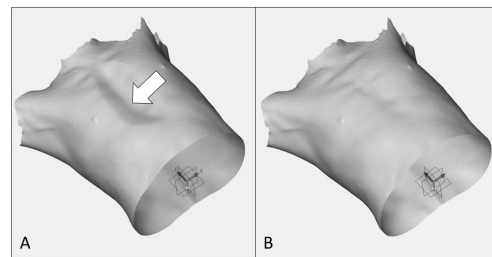


図6 上気道通気障害改善による漏斗胸の改善 A:RME治療前の陥凹した胸郭、B:上気道通気障害改善後には胸郭への陰圧も軽減され、胸郭の陥凹も改善する事が示唆された。

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2件)

- (1) 稲田絵美、齊藤一誠、深水 篤、窪田直子、村上大輔、糀谷 淳、大野 幸、椛山加綱、小松澤 均、松尾美樹、山崎要一：血友病Aを有する脳性麻痺患者に対し歯周病原細菌の推移を考慮して歯周病管理を行った1例。日本障害者歯科学会雑誌, Vol.36, No.1, pp.25-32, 2015. (査読有)

<http://webcatplus.nii.ac.jp/webcatplus/details/book/isbn/0913-1663.html>

- (2) 岩崎智慧、武元嘉彦、稲田絵美、佐藤秀夫、深水 篤、菅 北斗、齋藤一誠、原田みずえ、加治 建、覚野恵梨子、嘉ノ海龍三、山崎要一：小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群への流体構造連成解析を用いた上気道通気状態シミュレーションの臨床応用。日本歯科医学雑誌, 33:39-43, 2014. (査読有)

<http://webcatplus.nii.ac.jp/webcatplus/details/book/isbn/0286-164X.html>

〔学会発表〕(計4件)

- (1) 稲田絵美、岩崎 智恵、北上真由美、深水 篤、佐藤秀夫、武元嘉彦、窪田直子、橋口真紀子、菅 北斗、村上大輔、森園 健、徳地宏子、山崎要一：当院医科病棟から当科を受診した入院患者の実態調査．第 32 回日本小児歯科学会九州地方会 2014 年 11 月 23 日 九州歯科大学 (福岡県北九州市)
- (2) 橋口真紀子、佐藤秀夫、深水 篤、森園 健、中野江美、山崎要一：多職種連携により口腔機能障害を改善した無症候性部分無歯症児への取り組み．第 32 回日本小児歯科学会九州地方会 2014 年 11 月 23 日 九州歯科大学 (福岡県北九州市)
- (3) 吉田篤哉、原田知佳子、日高幸一、木全直美、長友奈々恵、加地さゆり、深水 篤、相馬 博：認知症患者に対するプロポフォールを用いた静脈内鎮静法について．第 31 回日本障害者歯科学会 2014 年 11 月 14-16 日 仙台国際センター(宮城県仙台市)
- (4) 稲田絵美、齊藤一誠、深水 篤、窪田直子、糺谷 淳、梶山加綱、山崎要一、血友病 A を有する脳性麻痺患者に対し歯周病関連菌の推移を考慮して口腔管理を行った一例．第 30 回日本障害者歯科学会, 2013 年 10 月 11-13 日 神戸国際展示場(兵庫県神戸市)

〔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〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

深水 篤 (FUKAMI ATSUSHI)
鹿児島大学医学部・歯学部附属病院・助教
研究者番号：20452948

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし