

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 24 日現在

機関番号：17701

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26670889

研究課題名(和文) 上気道通気障害小児の過大吸気陰圧は下顎を後退させる - 流体構造連成解析を用いて -

研究課題名(英文) The excessive inspiration negative pressure of upper airway ventilation obstructed children makes mandible retreat -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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、小児の鼻閉が下顎の後退におよぼす影響について影響を調べた。62人の小児は、Class I、IIとIII群に分けられた。鼻腔抵抗と吸気と呼気圧は流体解析によって求められた。クラスII群の鼻抵抗はその他の2つの群のそれより有意に高かった、そして、Class II群の吸気圧はClass IとIII群のそれより大きかった。気道吸気と呼気圧差はClass II群(-27.38Pa)は、Class I群(-5.17Pa)とIII群(0.68Pa)のそれより大きかった。Class II小児における鼻閉による大きい気道吸気と呼気圧差は下顎後退に関連があった。

研究成果の概要(英文)：This study examined the influence of the negative pressure of the airway on mandibular retraction during inspiration of children with nasal obstruction. Sixty-two children were divided into Class I, II, and III groups. Airflow pressure was simulated using computational fluid dynamics to calculate nasal resistance and airway pressure during inspiration and expiration. Nasal resistance of the Class II group was significantly higher than that of the other two groups, and oropharyngeal 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 ($P < 0.001$). Airway inspiration-expiration pressure difference in the Class II (-27.38 Pa) group was larger than that in the Class I (-5.17 Pa) and Class III (0.68 Pa) groups ($P = 0.006$). Large negative inspiratory airway pressure due to nasal obstruction in children with Class II malocclusion may be related to their retrognathia.

研究分野：小児歯科学

キーワード：airway pressure 気道 Class II 下顎

1. 研究開始当初の背景

Moss により提唱された『Functional matrix theory』によれば、骨の成長は機能的な必要性に対する反応として生じ、骨を埋包する軟組織を介して伝達されると考えられる。

これまで呼吸が顎顔面形態に及ぼす影響について、鼻閉やアデノイドによる、口呼吸のため、顎顔面の垂直的成長が明らかにされているものの、水平的成長への影響については、垂直的成長に随伴した下顎の clockwise rotation を除き、明確に示されていない。

申請者ら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、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証明してきた。

2. 研究の目的

これまでアデノイドに代表される重度の上気道通気障害では口呼吸になり、顎顔面の下方成長が誘導され長顔になることが報告されている。

しかし、口呼吸を認めない軽度から中等度の上気道通気障害がある場合、咽頭気道に呼吸に伴う吸気時過大陰圧が生じ、顎顔面形態の成長に影響する可能性があると考えられる。

今回、CTデータを用いた上気道の流体構造連成解析から呼吸時の顎顔面に生じる圧力を算出し、上気道通気障害と顎顔面形態との関連を証明したい。

本研究は上気道通気障害に起因する下顎後退咬合の予防・治療に貢献できると考える。

3. 研究の方法

本研究は2年間の期間内に、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次元上気道モデルの流体構造連成解析を行い、呼吸に伴う咽頭気道周囲組織で生じる圧力を算出し、上気道形態および顎顔面形態との関連を評価する。

(2) 上顎骨側方急速拡大と下顎前方誘導を行い、上気道通気障害が改善された症例で治療前後での咽頭気道周囲組織で生じる圧力と顎顔面形態の変化を評価する。

これらの解析から上気道通気障害による呼吸時に生じる咽頭気道圧が顎顔面形態に及ぼす影響について明らかにする。

平成26年度

【資料】

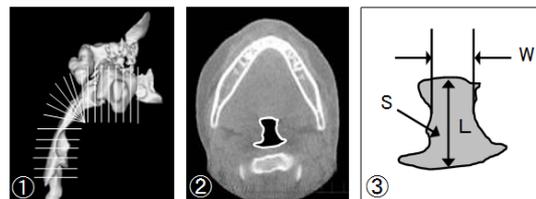
資料は、連携研究者が開設している施設：医療法人社団 カノミ矯正・小児歯科クリニック (兵庫県姫路市) において、歯列不正の診断目的で撮影された6歳から12歳までの小児で、Class I、Class II、Class III 症例の治療前各30名と、上顎骨側方急速拡大を行った30名ならびに下顎前方誘導を行った30名の治療前後のCTデータとする。

【方法】

(1) 上気道ならびに顎顔面形態の評価

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 INTAGE Volume Editor®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、幅径および形態を計測する。

顎顔面形態は、定位画像処理機能をもつ3次元画像処理ソフト Imagnosis 3D® (Imagnosis社製：既存物品)にて、2次元ならびに3次元画像を評価する。



図下咽頭部気道断面の大きさの計測

構築された3次元上気道管腔モデルと気道断面計測部位①での気道断面画像②と計測項目③, S:断面積, L:長径, W:幅径

(2) 鼻腔抵抗値の算出

CTデータは、前述のワークステーションにて、鼻腔のCTデータを医用画像構築ソフト INTAGE Volume Editor®で上気道モデルを3次元構築し、流体解析ソフトにて鼻腔通気度検査に準じて圧を評価し鼻腔抵抗値を算出する。

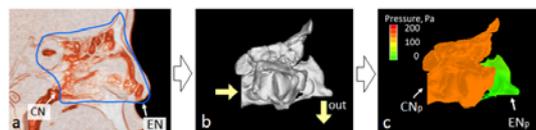


図 流体解析による鼻腔抵抗値の算出

(3) 呼吸に伴う気道周囲組織圧の算出

CTデータは、前述の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 INTAGE Volume Editor®で上気道モデルを3次元構築し、流体解析ソフトにて咽頭気道周囲組織も含めて、吸気と呼気で生じる咽頭気道周囲組織圧 (p) を算出する。

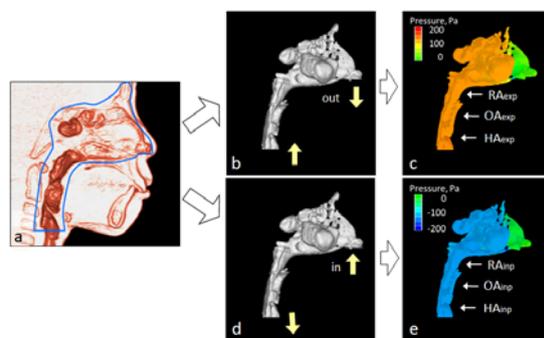


図 吸気と呼気の流体解析による咽頭気道周囲組織圧の算出

平成27年度

1. 上気道通気障害改善治療後の上気道およ

び顎顔面形態の評価

2. 上気道通気障害改善後の呼吸に伴う気道周囲圧の変化と顎顔面形態に及ぼす影響の評価

上気道通気障害改善後の咽頭部に生じる呼吸時の気道周囲圧を流体構造連成解析で求め、その軽減効果とそれに伴う顎顔面形態への影響を評価する。

4. 研究成果

上顎側方拡大により、鼻腔抵抗値は 0.50 Pa/cm³/sec から 0.14 Pa/cm³/sec に有意に減少した。

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。Class II の鼻抵抗はその他の2つの群のそれより有意に高かった。Class II 群の咽頭気道陰圧 (-247.64Pa) は Class I 群 (-43.51Pa) と Class III 群 (-31.81Pa) より有意に大きかった ($P < 0.001$)。Class II 群の吸気と呼気の圧差 (-27.38Pa) は、Class I 群 (-5.17Pa) と Class III 群 (0.68Pa) 群 ($P = 0.006$) のそれより大きかった。

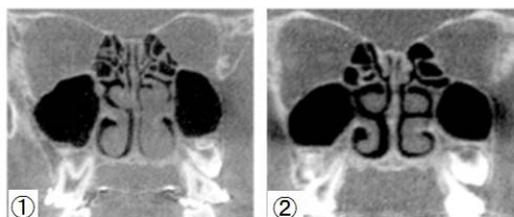


図 上顎骨側方急速拡大による鼻腔の変化(前頭面)

- ① 拡大前：両側鼻腔が狭窄している。
- ② 拡大後：両側鼻腔の狭窄が改善している。

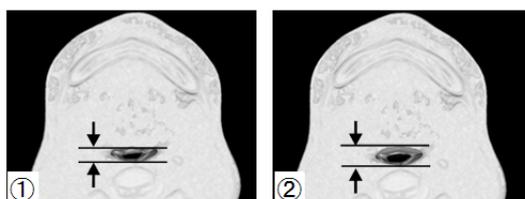


図 下顎前方誘導による咽頭気道断面の変化(水平面)

- ① 前方誘導前：前後的な圧平を認める。
- ② 前方誘導後：前後的に拡大している。

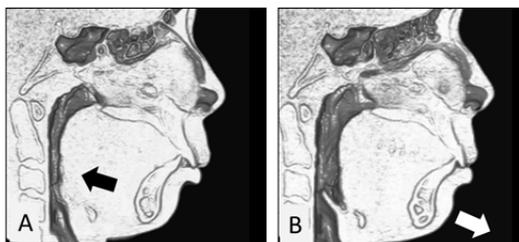


図 上気道通気障害改善に伴う下顎後退咬合の改善(予想図)

- A: 改善前、吸気時陰圧(黒矢印)により下顎の後退を認める。
 B: 改善後、吸気時陰圧が軽減し、下顎は本来の前方への成長(白矢印)が期待される。

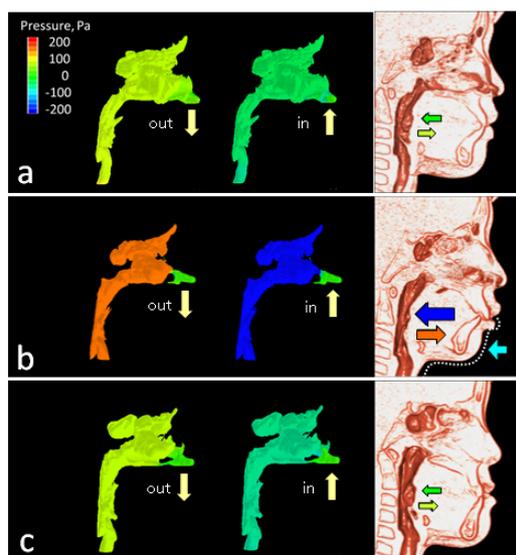


図 吸気と呼気の流体解析による咽頭気道周囲組織圧差と顎顔面形態の関連

A Class I 症例 吸気と呼気の水平的圧力差はほぼ同じで呼吸周期を通しての下顎への影響は考えにくい。

B Class II 症例 水平的な吸気の圧力が呼気の圧力より大きく、呼吸周期を通して考えた場合、下顎を後退させる可能性がある。

C Class III 症例 吸気と呼気の水平的圧力差はほぼ同じで呼吸周期を通しての下顎への影響は考えにくい。

5. 主な発表論文等

「論文」(計 5 件)

- ① Liu SY, Huon LK, Iwasaki T, Yoon A, Riley R, Powell N, Torre C, Capasso R. Efficacy of Maxillomandibular Advancement Examined with Drug-Induced Sleep Endoscopy and Computational Fluid Dynamics Airflow Modeling. Otolaryngol Head Neck Surg. 2016 Jan;154(1):189-95. (査読有) doi: 10.1177/0194599815611603.
- ② 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>
- ③ 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)

- ④ 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)
- ⑤ 岩崎智憲、山崎要一: 特集 睡眠関連呼吸障害: イビキを考えるーストップザイビキー, ー小児歯科での睡眠医療への取り組みー, 睡眠医療, ライフ・サイエンス, 東京, 8: 313-317 頁, 2014. (査読無)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 對木 悟, 服部佳功, 小森 成, 岩崎智憲, 山崎要一 他 2 名: 閉塞性睡眠時無呼吸症候群に対する次世代型治療装置の開発現状と将来, 第 31 回「歯科医学を中心とした総合的な研究を推進する集い」, 日本歯科医学会, 日本歯科医師会館 1 階大会議室 (東京都・千代田区), 2015. 9. 19.
- ② 山崎要一: 日本歯科医学会 公開フォーラム 口から食育を考える ー 歯科医療における子どもの食の問題 ー, 東京都・千代田区・歯科医師会館, 2015. 5. 31.
- ③ 岩崎智憲: 小児期の上気道通気障害がもたらす顎顔面歯列咬合形態への影響と小児歯科からの睡眠医療への貢献, 平成 26 年度日本小児歯科学会学術賞 “LION AWARD”. (第 53 回日本小児歯科学会大会にて授与), 広島国際会議場 (広島県・広島市), 2015. 5. 22-23.
- ④ 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顎間関係に及ぼす影響 ー 吸気と呼気の流体力学的研究 ー, 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)
- ⑤ 山崎要一: 上気道流体シミュレーションから見た小児期の睡眠呼吸障害と顎咬合状態の関連性の検討, 第 33 回日本小児歯科学会中四国地方会大会及び総会メインテーマ: 「すくすく育つ健口生活 ー 現代の子どもの呼吸・睡眠・食事 ー」, 松山市総合コミュニティセンター (愛媛県・松山市), 2014. 11. 2.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 診断装置、診断システム、診断方法及びプログラム

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

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: JP2015/069666

出願年月日: 平成 27 年 7 月

国内外の別: 国外

○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

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

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: 5015420

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

(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・客員研究員

研究者番号: 70411444