

総説

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

岩崎 智 憲

要旨：小児期の呼吸が顎顔面形態におよぼす影響について数多くの研究が行われてきた。しかし、上気道通気状態の適切な評価が困難なためコンセンサスは得られていない。そこで我々はコーンビームエックス線CTデータを用いて上気道3次元モデルを構築し、空気の流れを機能的に評価する流体解析を用いた精度の高い上気道通気状態の解析方法を確立した。その結果、Class III小児の咽頭気道形態では咽頭部の長径、幅径が大きく、低位舌を認めることを示す一方、Class II小児では上気道通気障害が長顔傾向の原因になり得ること、また、上気道の中でも鼻腔、上咽頭、口腔咽頭、下咽頭など様々な部分がある原因部位になることを明らかにした。さらに上顎骨急速拡大により鼻腔通気状態が改善すること、咽頭気道の気道体積が増大すること、鼻腔通気状態の改善に伴い低位舌が改善することを明らかにし、上顎骨急速拡大が上気道通気障害の改善におよぼすメカニズムを明らかにした。

今後、有病率が2%と高頻度で、医科的対応法による治療成績が70%程度とされる小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群に対して、その有効性が指摘されている上顎骨急速拡大や下顎前方誘導などの歯科対応法を応用した治療効果のエビデンスを発信し、小児歯科からの新たな社会貢献に努めたい。

Key words：Class II, Class III, 上気道流体シミュレーション, 上顎骨急速拡大, 睡眠時無呼吸症候群

これまで小児期の呼吸が顎顔面形態におよぼす影響についての一定のコンセンサスは得られていない¹⁾。その理由に実際の呼吸状態の評価方法が確立されていないことが考えられる。近年、歯科用に特化した被曝線量の少ないコーンビームCT (CBCT) が開発され、咽頭気道断面の長径、幅径、断面積そして咽頭気道体積を3次元的に評価した研究²⁾も報告されるようになってきた(図1A-D)。しかし、咽頭気道の形態を単純な量的指標(長さ、面積、体積)で評価しただけで、複雑な形態をした上気道を機能的に評価したものではない。また、上気道の評価には咽頭気道だけでなく、鼻腔の通気状態の評価も必要になるが、これまで用いられた鼻腔通気度検査ではアデノイド、軟口蓋、口蓋扁桃などの影響を受けるため、的確に鼻腔通気状態の評価を行うことは困難といえる。また、上気道通気状態の評価には鼻腔から下咽頭までの上気道すべてを包括的にかつ機能的に評価する必要があるものの、満足できる評価方法は確立できずに

いた。そこで、我々は鼻腔から下咽頭までの複雑な形態をした上気道を3次元モデルとして構築し、実際の呼吸状態に近似させた流体解析を用いて機能的に気道通気状態を評価する上気道流体シミュレーションを確立した(図2)^{3,4)}。本方法はシミュレーションで生じる圧力分布や速度分布から、通気障害の程度、通気障害部位の特定に役立つだけでなく(図3)、鼻腔などの関心部位のみの評価も可能とした。今回はこれらの研究成果を報告したい^{2,4-8)}。

なお本研究は鹿児島大学倫理審査委員会の承認を受けた上で実施した(第41号 平成18年8月31日承認)。

1. 反対咬合児の咽頭気道形態と舌位について

側面頭部エックス線規格写真で咽頭気道の前後径が大きい場合、舌の前方位や口蓋扁桃肥大が疑われ、反対咬合との関連が論議されている⁹⁾。しかし、側面頭部エックス線規格写真では正確な咽頭気道形態の評価は行えない。そこで顎顔面歯列咬合治療の精査のためにCBCT撮影をした正常被蓋児(平均年齢 8.8 ± 1.0 歳)と反対咬合児(平均年齢 8.4 ± 1.0 歳)を対象に咽頭気道断面形態ならびに体積、低位舌の量的評価として口蓋と舌の空間の口腔気道体積の評価を行い、反対咬合の気道形態の特徴

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科小児歯科学分野
鹿児島市桜ヶ丘 8-35-1
(主任：山崎要一教授)
(2016年1月12日受付)
(2016年1月12日受理)

2 岩崎智憲：小児上気道通気障害の歯科的・医科的影響

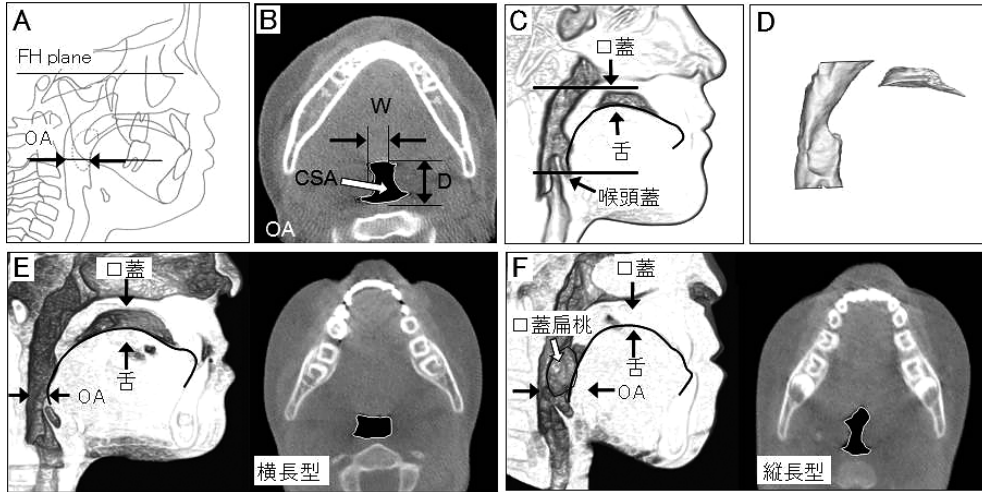


図1 反対咬合児の咽頭気道

A：中咽頭気道 (OA) の計測部位. B：中咽頭気道断面；CSA 断面積, W 幅径, D 長径. C：矢状断面. D：左 咽頭気道, 右 口腔内気道. E：低位舌を認める反対咬合児；左 低位舌を認める, 右 横長型の中咽頭気道. F：口蓋扁桃肥大に伴う反対咬合児；左 口蓋扁桃肥大に伴う舌の前方位, 右 縦長型の中咽頭気道 (文献2を一部改編).

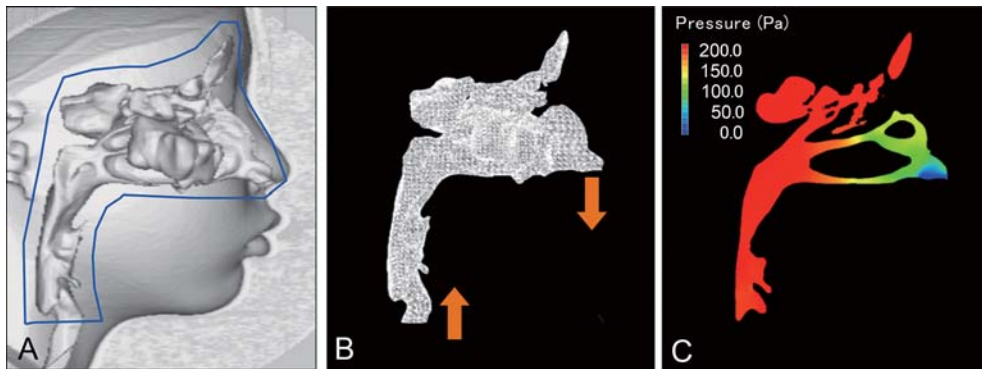


図2 上気道流体シミュレーションによる気道通気状態の評価

A：構築する上気道3次元モデルの部位. B：上気道3次元モデルを用いた呼気の流体シミュレーション. C：呼気時の上気道流体シミュレーションによる上気道の圧力分布；鼻腔より内腔では非常に強い陽圧 (赤) が生じ, 通気障害があることがわかる (文献4を一部改編)。

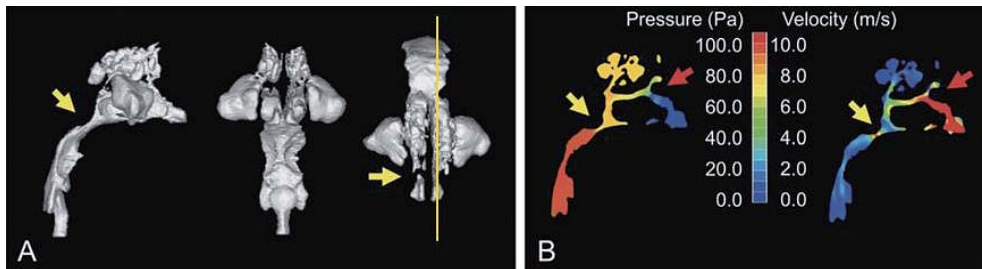


図3 上気道流体シミュレーションを用いた通気障害部位の検出

A：上気道3次元モデル (左より, 右側面, 正面, 上面) から右側鼻腔完全閉塞と上咽頭部の狭窄による通気障害が疑われる (黄矢印). B：上気道流体シミュレーションを用いて左側鼻腔矢状断面 (A 上面, 黄線部分) の圧力・速度分布をみたところ, 上咽頭 (黄矢印) だけでなく左鼻腔も圧力変化が大きく速度が速いことから3次元モデルでは検出できなかった左側鼻腔の通気障害を検出できた (赤矢印) (文献4を一部改編)。

を評価した(図1 A-D)²⁾。その結果、反対咬合児の咽頭気道の特徴として断面積が大きいことが明らかになった。また、口腔気道体積が大きいことから、低位舌であることが示された。咽頭気道断面形態についてクラスター分析を用いて分類したところ、咽頭気道断面形態の特徴として断面積、幅径が大きい群(横長型)、断面積、長径、幅径が小さい群(方形型)、長径が長く、幅径が小さい群(縦長型)の3群に分類され、正常被蓋児、反対咬合児の分布に有意性を認め、正常被蓋児の84%が方形型である一方で、反対咬合児の70%が横長型もしくは縦長型で、反対咬合児の咽頭気道断面の形態の特徴として、横長もしくは縦長であることが示された。反対咬合と咽頭気道断面との関連について、横長型の場合、気道断面形態は舌が低位になることで舌根部が咽頭気道部へ膨らみ横長に変形したもので、同時に舌は下顎前歯を唇側に押すことになると考えられる。一方、縦長型では左右の口蓋扁桃の肥大により舌根部が圧迫され、舌が前方位をとるため咽頭気道が縦長に変形したもので、同時に下顎が前方位をとると考えられた(図1 E, F)。McNamara⁹⁾は本研究で計測した気道長径と同じ部位である咽頭気道長径について、側面頭部エックス線規格写真で15 mm以上ある場合、口蓋扁桃肥大や舌の前方位が考えられ、下顎前突、前歯部反対咬合、歯槽性上下顎前突との関連を示唆しており、本研究の結果と一致した。これらの結果から、反対咬合の原因として顎顔面骨格形態だけでなく、低位舌、口蓋扁桃肥大も示された。そのため、反対咬合児の顎顔面歯列咬合形態の診断・治療に関して、従来行われていた顎顔面骨格形態の評価だけでなく、咽頭気道形態の評価の重要性が示された。

2. 小児の上気道通気障害が顎顔面形態におよぼす影響

上気道通気障害と顎顔面形態の関連について一定の結論は得られていない¹⁾。そこで上顎前突児の気道と顎顔面の垂直的形態との関連を明らかにするため、長顔型の小児(FMA>35°, 平均年齢9.5±1.0歳)、短顔型の小児(FMA<25°, 平均年齢9.4±4.4歳)を対象にCBCTデータから上気道3次元モデル(外鼻孔から下咽頭)を構築し、上気道流体シミュレーションを行い、最大圧力、最高速度を算出した(図2)⁴⁾。その結果、最大圧力は短顔型の小児の49.15±35.97 Paに対し、長顔型の小児は151.12±125.38 Paと有意に高く、同様に最大速度も7.53±3.19 m/sに対し、15.39±9.44 m/sと長顔型の小児が有意に速いことが示された。これまでの研究から最大圧力が100 Paを超える場合、通気障害があることが

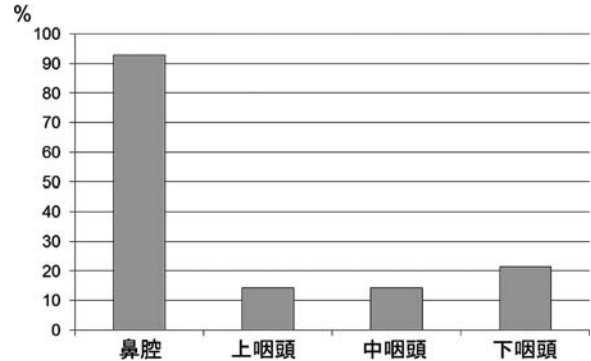


図4 Class II小児の上気道通気障害部位の分布
鼻腔が最も頻度が高いが、上咽頭、中咽頭、下咽頭のすべての部位で通気障害を認め、通気障害部位は複数箇所認める場合もある(文献4を一部改編)。

報告されており¹⁰⁾、長顔型の小児に通気障害があることが示された。さらに通気障害部位は鼻腔が最も多いものの、鼻腔から下咽頭までのあらゆる部位で認め、約半数の症例で複数の通気障害部位があることも明らかになった(図4)。これらの結果から、長顔傾向を認める小児の顎顔面歯列咬合の診断・治療に上気道通気状態の評価の重要性と上気道通気障害の部位に応じた対応の必要性が示されたと考える。

3. 上顎骨急速拡大の気道への影響

上顎骨急速拡大(RME)は鼻腔通気障害を改善することが示唆されている¹¹⁾。しかし、従来の鼻腔通気度検査ではアデノイド、軟口蓋、口蓋扁桃肥大などがある場合、鼻腔のみの評価は困難でRMEによる鼻腔の通気状態の改善効果を的確に評価できずにいた。さらにRMEはアデノイド切除・口蓋扁桃摘出後に症状が改善されない上顎歯列に狭窄を認める小児の閉塞性睡眠時無呼吸症候群(OSAS)に対してその有効性が示唆されている¹²⁾。しかし、そのメカニズムは明らかにされておらず、これを明らかにするため、RMEによる鼻腔通気状態、舌位ならびに咽頭気道体積ならびに吸気時に生じる咽頭気道部の陰圧への影響について検討を行った。

1) RMEによる鼻腔通気状態、舌位ならびに咽頭気道体積

対象はRME群(平均年齢:拡大前10.0歳, 拡大後11.2歳)と対照群(平均年齢:拡大前9.7歳, 拡大後11.1歳)でCBCTデータを用いて鼻腔のみの3次元モデルを構築し、RMEによる鼻腔通気状態への影響を鼻腔流体シミュレーションを用いて評価し、咽頭気道の体積も評価し、併せて口蓋と舌背の間に生じる口腔気道体

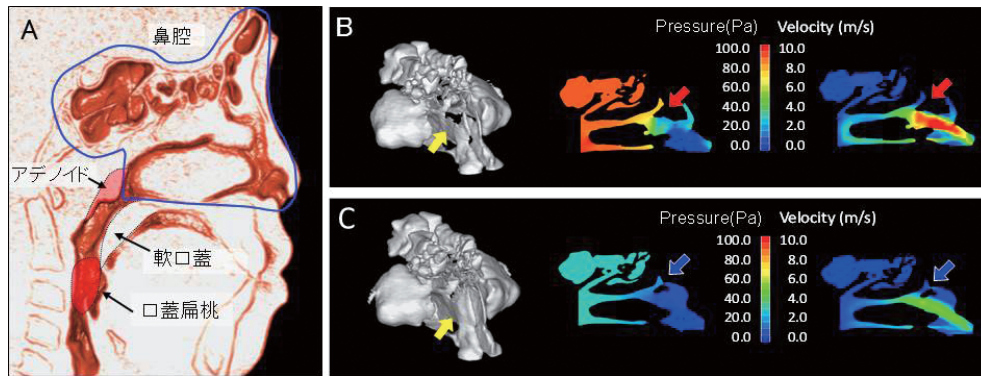


図5 上顎急速拡大による鼻腔通気障害の改善

A：鼻腔3次元モデルの範囲；鼻腔通気度検査に影響するアデノイド，軟口蓋，肥大した口蓋扁桃を除いた鼻腔モデルを構築。B：拡大前の鼻腔3次元モデルと鼻腔流体シミュレーション；左 鼻腔3次元モデル，通気障害が疑われる部分を認める（黄矢印）が通気障害の有無の判断は困難である。中央 鼻腔の流体シミュレーションでは圧力が高く（赤），圧力変化が急激な部位（赤矢印）を認め，通気障害が疑われる。右 速度が非常に速い部位を認め（赤矢印），通気障害部位と考えられる。C：拡大後の鼻腔3次元モデルと鼻腔流体シミュレーション；左 鼻腔3次元モデル，通気障害が疑われる部分を認めるが通気障害の有無の判断は困難である。中央 鼻腔の流体シミュレーションでは鼻腔全体の圧力が下がり（青），圧力変化が急激だった部位ではその変化は認めず（青矢印），通気障害改善が予想される。右 速度が速かった部位の速度は遅くなり（青矢印），通気障害部位が改善されたことが考えられる（文献5を一部改編）。

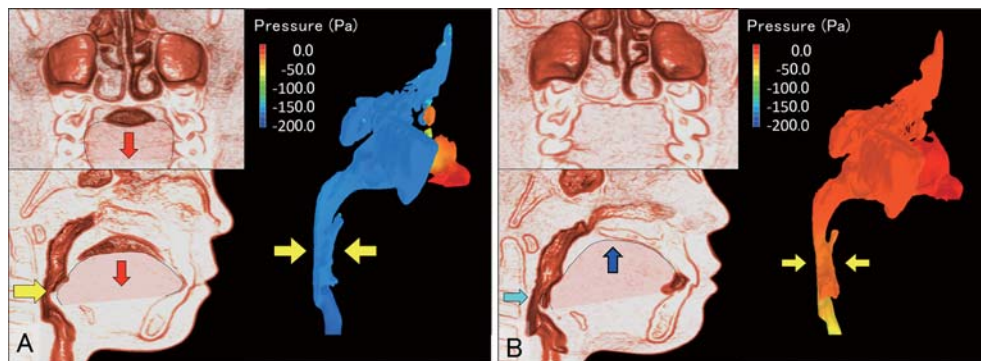


図6 上顎骨急速拡大による低位舌の改善と咽頭気道の拡大ならびに吸気時咽頭気道陰圧の軽減効果

A：拡大前；左上 鼻腔通気障害があるため口呼吸による低位舌（赤矢印），左下 低位舌（赤矢印）に伴う咽頭気道部の狭窄（黄矢印），右 吸気時に認める咽頭気道部の強い陰圧のため（黄矢印），咽頭気道は大きく収縮する可能性がある。B：拡大後；左上 鼻腔通気障害が改善し，口呼吸から鼻呼吸になるに伴う低位舌の改善（青矢印）と上顎骨の拡大に伴う顎骨内側のスペースの拡大による咽頭気道の拡大（水色矢印），右 吸気時に認める咽頭気道陰圧は軽減し（黄矢印），咽頭気道の大きな収縮は生じにくくなる（文献6,7を一部改編）。

積による舌位の評価，RMEが上気道全体に及ぼす影響について検討した^{5,6)}。その結果，拡大前の最大圧力は120.91 Paに対し，拡大後は89.08 Paと有意に減少した。RME群と対照群の間ではそれぞれの時期でRME群が有意に大きかった（図5）。咽頭気道体積もRME群が対照群より有意に増加し，RMEで咽頭気道が拡大することが示された。口腔気道体積についてRME群は拡大前の1212.9 mm³から拡大後の279.7 mm³に有意に減少し，拡大前是对照群より有意に大きく，治療変化是对照群より有意に大きく変化した（図6）。RME前後で鼻腔通気状態が改善した群は口腔気道体積が有意に減少し，

低位舌の改善を認めた（図6）。本研究から，RMEによって鼻腔通気状態の改善に伴い口腔気道体積が減少し，低位舌の改善を示したことは鼻腔通気障害と低位舌との密接な関連を示すものと考えた。加えてこれは鼻腔通気状態の改善が口呼吸から鼻呼吸への呼吸パターンの変化を示唆するものと考えられた。

2) 鼻腔通気状態改善に伴う吸気時の咽頭気道陰圧の軽減

上気道3次元モデルを用いて吸気時に生じる咽頭気道部の圧力を評価した⁷⁾。その結果，拡大により吸気時に生じる咽頭気道部の陰圧が有意に軽減していた（図6）。

このことは鼻腔通気状態が改善することで、全く別の部位である咽頭気道で生じる吸気時の過大な陰圧が軽減することを示し、Arens *et al.*¹³⁾の報告にある OSAS 症例では吸気時に咽頭気道が収縮しているという報告と一致する。そのため、鼻閉が原因で吸気時に過大な陰圧が生じる場合、RME による鼻腔通気状態の改善は咽頭気道の過剰な収縮を防ぐことで OSAS の症状改善が期待できると考えられた。本研究から上顎骨急速拡大は鼻腔通気障害の改善とそれに伴う低位舌の改善と咽頭気道の拡大だけでなく、吸気時に生じる過大な咽頭気道陰圧の軽減による咽頭気道の過剰な収縮の抑制効果が示された。

4. 下顎前方誘導に伴う咽頭気道拡大

顎顔面歯列咬合の治療において成長期に下顎後退咬合を認める場合、下顎の前方誘導を行い、上下の顎間関係の改善とともに咽頭気道の拡大が予想され、咽頭気道の狭小を原因とする OSAS 症例では症状の改善が期待できる。そこで本研究は Herbst 群（平均年齢：治療前 11.6 歳，治療後 15.1 歳）と対照群（平均年齢：治療前 11.5 歳，治療後 14.9 歳）の CBCT を用いて Herbst appliance による、咽頭気道変化について形態的に評価を行った⁸⁾。その結果、中咽頭気道の長径および幅径、下咽頭気道の長径、中咽頭および下咽頭気道体積は Herbst 群が対照群より有意に増加した。これらの結果から、Herbst appliance による下顎の前方誘導により中咽頭および下咽頭気道の拡大効果があることが示され、この結果は成長期の OSAS 治療に役立つ可能性が示唆されると同時に成人での OSAS 発症リスクの軽減になると考えた（図 7）。

5. 小児歯科からの睡眠医療への貢献

近年、成人の OSAS は広く社会に認知されるようになった。しかし、小児においても乳幼児期から思春期まで 2% の発現頻度を認めることは十分認知されているとは言えない。小児 OSAS は、睡眠中に上気道閉塞が生じ、呼吸運動は認めるものの、呼吸が止まる、もしくは低呼吸が繰り返し起こることにより、低酸素血症や睡眠障害を来し、重症例では、肺性心、胸郭変形、低酸素による精神発達遅滞、成長ホルモン分泌障害による低身長、抗利尿ホルモン分泌障害による夜尿など、様々な合併症を引き起こすといわれている¹⁴⁾。しかし、この疾患について社会的に認知されていないことと、小児の専門医が少ないことから、ほとんどの場合、適切な診断・治療を受けていない。そのため、小児 OSAS の重要な症状の一つである“いびき”については歯科を含めた小児

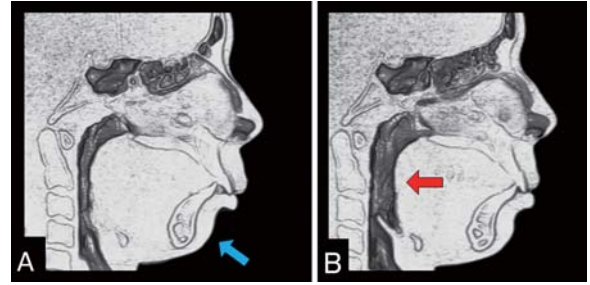


図 7 下顎前方誘導に伴う咽頭気道の拡大
A：誘導前；下顎の後退咬合（青矢印）。B：誘導後；下顎の前方誘導に伴う咽頭気道の拡大を認める（赤矢印）（文献 8 を一部改編）。

医療にかかわるすべての医療従事者は日常臨床においていびきについての問診を行わなければならないと言われている¹⁴⁾。

一方、小児 OSAS の治療については第一選択となるアデノイド切除・口蓋扁桃摘出術での治癒率は 70% 前後と満足できるものとはいえない。その原因として OSAS は上気道のあらゆる部位で通気障害が生じ、その部位に応じて治療方法は異なってももの、原因部位の特定方法が未だ確立されていないことが指摘され、その特定方法の確立が待ち望まれている（図 8）¹⁵⁾。そのような中、上気道流体シミュレーションは上気道全体を呼吸で生じる圧力と速度から、通気障害の有無ならびに障害部位を容易に検出できるため、OSAS の原因部位の特定方法として期待されている（図 3）。しかし、本方法は従来の評価方法より通気障害部位の特定に数段精度の高い評価方法と考えられるが、気道形態が変形せず、舌や軟口蓋やその他の気道周囲組織の睡眠による筋の弛緩や睡眠体位による自重の影響が考慮されていないためより生体に近いモデルでの解析が求められていた。そのため、著者らはこれらの要素を組み入れ、更に精度を向上させた上気道流体構造連成解析を確立した（図 9）¹⁶⁾。今後、この方法を用いた原因部位の特定方法を確立させ、治療成績の向上を目指したい。そしてこれからの小児歯科医の睡眠医療への貢献として以下の 2 つを挙げたい。

1) OSAS 患児のスクリーニング

日常の小児歯科臨床と小児 OSAS とのかかわりは深い。なぜならば OSAS の原因である上気道通気障害は口呼吸を引き起こし、その結果、不正咬合、口臭、開口部分に一致した歯の着色、歯肉炎、齲蝕などの歯科疾患の原因となりうるため、これらを主訴に歯科を受診することが多いからである。その一方で、ほとんどの保護者、本人ともに OSAS に罹患していることを認識して

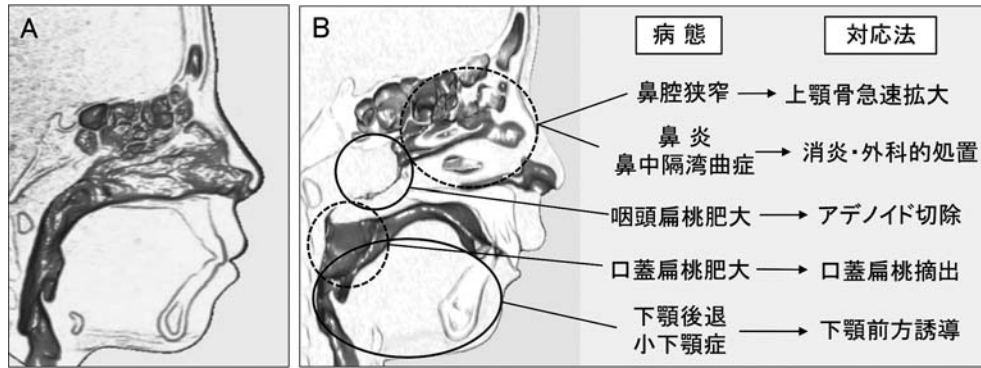


図8 小児閉塞性睡眠時無呼吸症候群の上気道通気障害部位と対応法

A：上気道通気障害のない小児；鼻腔から下咽頭まで十分大きく，通気障害を疑う所見は認めない。B：鼻粘膜肥厚，アデノイド，口蓋扁桃肥大，下顎後退による通気障害を認める閉塞性睡眠時無呼吸症候群の小児；鼻腔，上咽頭，中咽頭，下咽頭の上気道のあらゆる部位に通気障害を認め，病態により対応法が異なる（文献15を一部改編）。

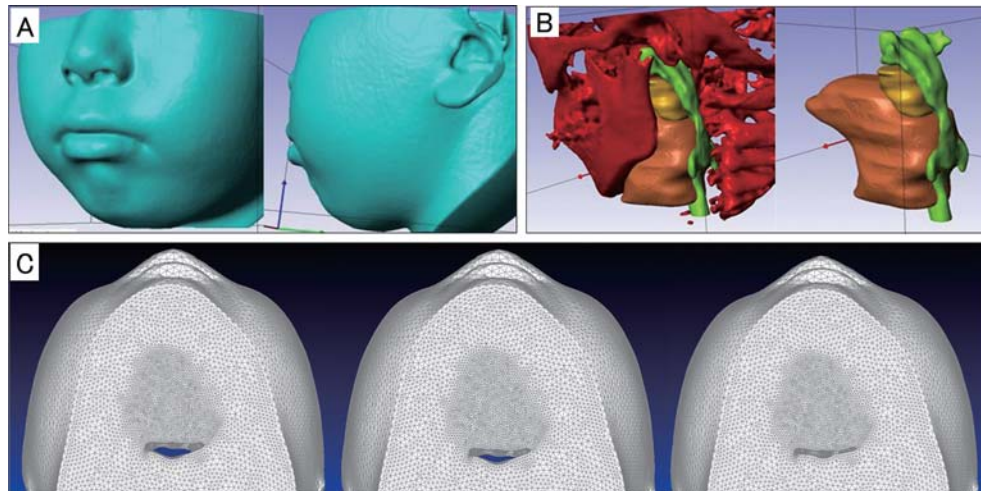


図9 流体構造連成解析による上気道通気状態の評価システム

A：CTデータで構築された顔面組織。B：CTデータより構築された咽頭気道周囲組織；左 顎骨（赤），顎椎（赤），舌（青），軟口蓋（黄），咽頭気道（緑），右 舌（青），軟口蓋（黄），咽頭気道（緑）。C：顎骨，顎椎，舌，軟口蓋，咽頭気道，顎顔面軟組織により構築された咽頭気道周囲組織による吸気時の臥位での咽頭気道の変化（下咽頭面より）左 変形前，中央 臥位での睡眠中の筋弛緩に伴う舌根沈下による咽頭気道の変形，右 臥位による舌根沈下に加え，強い咽頭気道陰圧による咽頭気道の閉塞（文献16を一部改編）。

いない。そのため，先に述べた歯科的所見を主訴に来院する小児には“いびき”に対する問診を行い，“いびき”があるようであれば，さらに詳細な問診（睡眠中の無呼吸，陥没呼吸，夜尿，日中の過剰な眠気の有無など）を行うことでスクリーニングができる。

2) 小児歯科からの小児 OSAS の治療への貢献

小児 OSAS では，アデノイド，口蓋扁桃肥大に代表される小児特有のリンパ系組織の肥大や鼻疾患，歯科的には上下顎骨の劣成長が原因になることが多い（図8）。現在，その治療方法の第一選択としてアデノイド切除・口蓋扁桃摘出が行われている。しかし，近年では上顎歯

列狭窄症例に対して，歯科的対応として RME の有効性が示唆されている¹²⁾。また，小児期には OSAS を発症していない場合でも，上顎狭窄，小下顎に由来する成人での OSAS 発症について，小児期に適切な顎顔面形態を獲得することは成人期での OSAS 発症予防につながることも期待できると考える。ここに著者らが行った，歯列咬合治療のために RME を行った症例の鼻腔通気状態の改善（図5）⁹⁾，舌位の改善と咽頭気道の拡大（図6）⁶⁾，吸気時に生じる咽頭気道部の強い陰圧の軽減効果（図6）⁷⁾は小児 OSAS の治療，将来の OSAS 発症の予防に役立つ可能性を示すものと考えられる。今後，小児に対しての

RME や下顎の前方誘導の有効性や適応についてのエビデンスを示していきたい。

終始、本研究の指導を賜りました鹿児島大学大学院医歯学総合研究科教授 山崎要一先生、貴重な資料の提供とご助言を賜りましたカノミ矯正・小児歯科クリニック理事長 嘉ノ海龍三先生、論文執筆指導を賜りました新潟大学医歯学総合研究科教授 早崎治明先生、OSAS 研究の指導を賜りました Stanford University School of Medicine Psychiatry and Behavioral Sciences の Seiji Nishino 教授にこの場をおかりしまして深くお礼申し上げます。

本論文に関する著者の利益相反：なし

文 献

- 1) Warren D, Spalding P. Dentofacial morphology and breathing : a century of controversy. Edited by Melsen B, Current controversies in orthodontics, Quintessence Pub Co, Chicago, 1991. pp.45-76.
- 2) Iwasaki T, Hayasaki H, Takemoto Y, Kanomi R, Yamasaki Y. Oropharyngeal airway in children with ClassIII malocclusion evaluated by cone-beam computed tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 136 : 318 e311-319, 2009.
- 3) 岩崎智憲：気道通気状態検査システム，国立大学法人鹿児島大学知的財産（ノウハウ取得，08K001），2009. 2. 9.
- 4) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H et al. Evaluation of upper airway obstruction in Class II children with fluid-mechanical simulation. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 139 : e135-145, 2011.
- 5) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kanomi R, Hayasaki H et al. Improvement of nasal airway ventilation after rapid maxillary expansion evaluated with computational fluid dynamics. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 141 : 269-278, 2012.
- 6) Iwasaki T, Saitoh I, Takemoto Y, Inada E, Kakuno E, Kanomi R et al. 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 : 235-245, 2013.
- 7) Iwasaki T, Takemoto Y, Inada E, Sato H, Suga H, Saitoh I et al. The effect of rapid maxillary expansion on pharyngeal airway pressure during inspiration evaluated using computational fluid dynamics. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 78 : 1258-1264, 2014.
- 8) Iwasaki T, Takemoto Y, Inada E, Sato H, Saitoh I, Kakuno E et al. 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.
- 9) McNamara JA, Jr. A method of cephalometric evaluation. Am J Orthod, 86 : 449-469, 1984.
- 10) Crouse U, Laine-Alava MT, Warren DW. Nasal impairment in prepubertal children. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 118 : 69-74, 2000.
- 11) Pirelli P, Saponara M, Guilleminault C. Rapid maxillary expansion in children with obstructive sleep apnea syndrome. Sleep, 27 : 761-766, 2004.
- 12) Guilleminault C, Monteyrol PJ, Huynh NT, Pirelli P, Quo S, Li K. Adeno-tonsillectomy and rapid maxillary distraction in pre-pubertal children, a pilot study. Sleep Breath, 15 : 173-177, 2011.
- 13) Arens R, Sin S, McDonough JM, Palmer JM, Dominguez T, Meyer H et al. Changes in upper airway size during tidal breathing in children with obstructive sleep apnea syndrome. Am J Respir Crit Care Med, 171 : 1298-1304, 2005.
- 14) Marcus CL, Brooks LJ, Draper KA, Gozal D, Halbower AC, Jones J et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. Pediatrics, 130 : 576-584, 2012.
- 15) 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，外木守雄編，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，クインテッセンス出版，東京，2013，pp.111-113.
- 16) Iwasaki T. Airway ventilation condition analysis system using fluid structure interaction of the maxillofacial part. 国際特許出願中，JP 2015/069666, 2015. 7. 8.

Effects of Upper Airway Obstruction on Maxillofacial Dentition in Childhood and Contribution of Pediatric Dentistry to Treat Sleep Apnea

Tomonori Iwasaki

*Department of Pediatric Dentistry Kagoshima University Graduate School
of Medical and Dental Sciences
(Director : Prof. Youichi Yamasaki)*

A number of previous studies have reported the effects of breathing on maxillofacial morphology in childhood. However, accurate findings for evaluating the airway are difficult to acquire because its analysis of upper airway ventilation condition can be problematic. To improve this situation, we developed a three-dimensional upper airway model using cone beam CT data for highly precise analysis of the upper airway with computational fluid dynamics used to assess the flow of air. As a result, we found that the pharyngeal airway morphology in Class III children showed that the long diameter type of pharyngeal airway and wide diameter type of pharyngeal airway with low tongue posture were shown. On the other hand, in Class II children, upper airway obstruction can be a cause of excessive vertical maxillofacial growth, and that this may be attributed to various parts of the upper airway, such as the nasal, nasopharyngeal, oropharyngeal, and hypopharyngeal airway. It was also revealed that when nasal obstruction is improved by rapid maxillary expansion, the volume of the pharyngeal airway increases and low tongue posture is improved. Thus, we succeeded in clarifying the mechanism by which rapid maxillary expansion improves upper airway obstruction. Pediatric obstructive sleep apnea syndrome occurs at a high frequency, with a prevalence of 2% in otherwise healthy children. With use of available medical treatment, the success rate is 70%. In the future, we hope to examine the efficacy of application of orthodontic procedures for treatment, such as rapid maxillary expansion or mandibular forward induction, for social contributions from the field of pediatric dentistry.

Key words : Class II, Class III, Upper airway computational fluid dynamics, Rapid maxillary expansion, Obstructive sleep apnea