

論 文 要 旨

Does rapid maxillary expansion improve nasal airway obstruction ?
A computer fluid dynamics study in patients
with nasal mucosa hypertrophy and adenoids

〔 上顎急速拡大は鼻腔通気障害を改善するか？
— 鼻粘膜肥厚とアデノイド肥大がある患者に対する流体力学的研究 — 〕

迫 田 莉 奈

【 背景および目的 】

上顎急速拡大 (RME) は上顎歯列を側方に拡大するだけではなく鼻腔も側方に拡大し、副次的効果として鼻腔通気障害の改善が報告されている。近年、米国矯正歯科学会が閉塞性睡眠時無呼吸症候群において、「RME の第一の目的は上顎歯列の側方拡大による咬合の改善であるが、上気道容量の増加や鼻腔抵抗の軽減という二次的な好影響があることから、睡眠関連呼吸障害児の治療方法として適当である」と勧告し、現在 RME は睡眠時無呼吸症候群 (SAS) の治療法の一つとされている。ところが、治療に伴う鼻腔通気障害の改善率は 60%程度と低く、すべての症例で改善を認めるわけではない。これまでに、鼻腔通気障害改善率の向上を目的として様々な研究が行われてきたが、通気障害の的確な原因解明はなされていないのが現状である。しかしながら、RME による鼻腔通気障害の状態変化にとっては重要となってくるため、改善率向上を目的として鼻腔通気障害の個々の状態に関する解析が必要となるが、鼻粘膜肥厚やアデノイドを伴う病的な鼻腔気道に関する RME による鼻腔通気障害の改善効果については、いまだ十分に解明されていない。

我々は、複雑な形態をした上気道の通気状態の評価法として、鹿児島大学知的財産である上気道流体シミュレーション (CFD) を開発し、その有効性を多数報告している。

そこで、本研究では鼻粘膜肥厚やアデノイドの病態が RME による鼻腔通気障害の改善効果に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、CFD を用いて検討した。

【 対象および方法 】

歯列咬合治療を主訴に 2012 年 10 月から 2021 年 9 月の間に協力歯科医院を受診し、精査のために RME 前後にコンビーム X 線 CT (CBCT) 撮影を実施した、542 人の対象患者の中から今回の被験者を選んだ。そして、鼻腔通気状態、アデノイドの状態によって 3 つのグループに分類した。鼻腔および鼻咽腔に異常がないコントロール群 20 名 (男児 6 名、女児 14 名、平均年齢 9.4 歳)、鼻粘膜肥厚群 20 名 (男児 8 名、女児 12 名、平均年齢 9.1 歳)、アデノイド群 20 名 (男児 7 名、女児 13 名、平均年齢 9.0 歳) の小児 60 名 (男児 21 名、女児 39 名、平均年齢 9.1 歳) である。3 群は性別、年齢、咬合状態の点ではほぼ一致している。本研究は鹿児島大学倫理審査委員会 (180073 (657) 疫-改 9) にて承認済みであり、開示すべき COI はない。

1) 上顎第一大臼歯間幅径と鼻腔幅径の計測

RME による上顎歯列幅径と鼻腔幅径の変化を評価するため、定位画像診断用画像処理システム (Imagnosis VE®, イマグノーシス社製, 神戸) を用いて CBCT のデータから画像構築を行い、上顎第一大臼歯間幅径、鼻腔幅径をそれぞれ計測した。

2) 流体解析を用いた鼻腔通気状態の解析

CBCT のデータから INTAGE Volume Editor®用いて、鼻腔の 3 次元モデルを構築し、メッシュモーフリング・ソフト (DEP Mesh Works/Morpher®; IDAJ, Kobe, Japan) を使用して表面形状を平滑化した。抽出した鼻腔の 3 次元モデルに熱流体解析ソフト (PHOENICS®, CHAM-Japan 社製, 東京) を用いて、鼻腔流体シミュレーションを行い、得られた最大圧力から鼻腔通気状態を評価した。流入条件は一樣流 200ml/sec の呼気とした。また、圧力が 100Pa 以上の場合、通気障害ありと判定した。

3) 鼻腔断面積の計測

CBCT データを用いて、定位画像診断用画像処理システムから前頭断面図を構築し、鼻腔の前方部および後方部の鼻腔断面積 (CSA) を計測した。鼻腔前方部断面積 (CSAa) は ANS を通る前頭断面、鼻腔後方部断面積 (CSAp) は上顎第一大臼歯を通る前頭断面で計測した。

また、本研究では鼻粘膜の過形成の程度を定量的に評価する方法として、鼻腔領域の断面積に対する鼻腔断面積の比率を算出し、鼻腔粘膜比 (NMR) = (鼻腔後方部断面積 / 鼻腔断面積) × 100 と定義した。

【 結果 】

1) 上顎第一大臼歯間幅径と鼻腔幅径の評価

上顎第一大臼歯間幅径、鼻腔幅径ともに、拡大前後それぞれにおいて 3 群間に有意差を認めなかった。また、拡大量も有意差を認めなかった。

2) 流体解析を用いた鼻腔通気状態の評価

最大圧力は拡大前後ともに 3 群間に有意差を認め、コントロール群の方が鼻粘膜肥厚群やアデノイド群より圧力が小さかった。また、各群間内の拡大前後の最大圧力の変化については、コントロール群のみが有意に減少した。その結果、RME による鼻腔通気障害の改善率は、コントロール群が 90.0%、鼻粘膜肥厚群が 31.6%、アデノイド群が 23.1% とコントロール群のみが顕著な改善を認めた。

3) 鼻腔断面積の評価

鼻腔前方部・鼻腔後方部断面積はともに各群間内で拡大後に有意に増加した。鼻腔後方部断面積の変化量は 3 群間に有意差は認めなかった。

しかし、拡大前および拡大後において鼻粘膜肥厚群の鼻腔後方部断面積は、コントロール群とアデノイド群に比べ有意に小さかった。

鼻腔粘膜比は、鼻粘膜肥厚群のみ RME により 17.4% から 22% となり、有意に改善された。拡大前後において鼻粘膜肥厚群の鼻腔粘膜比は、コントロール群とアデノイド群に比べ有意に小さかったが、治療変化量は有意に大きくなることが示された。

【 結論および考察 】

鼻粘膜肥厚とアデノイドがない場合、RME により鼻腔通気障害の有意な改善がみられた。一方、鼻粘膜肥厚を認める症例では、RME により鼻腔通気状態の拡大前後における改善は認めるものの、十分な効果を得るには耳鼻科治療や MFT などの追加対応が必要であると推察された。

また、アデノイド症例では RME による鼻腔通気障害の改善は期待できず、アデノイド切除などの耳鼻科治療が最優先されるべきであると考えられた。

RME は SAS の治療法の一つとされていることから、本解析結果は、その診断や治療方法選択の際の判断材料となり、有用性の高い研究であることが期待できる。今後は症例数を増やし、また、鼻粘膜肥厚を有する被験者の耳鼻科的治療や口腔筋機能療法、アデノイド肥大を有する患者のアデノイド切除術後の鼻腔通気改善効果について比較検討していきたい。