

論文の内容の要旨

氏名：武藤 佑子

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：音声分析を応用した鼻閉と咽頭扁桃肥大の比較に関する研究

小児期における口呼吸は、鼻閉や咽頭扁桃の肥大による気道狭窄による鼻呼吸の阻害が原因の一つとされており、長期的に続くことにより顎顔面骨格の異常を伴う重度の不正咬合を引き起こす。鼻閉とは、鼻から上咽頭にかけて空気の通過を妨げる要素が生じて、鼻呼吸がうまくいかない状態、あるいは安静呼吸状態で鼻を通る空気量が不十分な状態と定義されている。鼻閉を検査する方法の一つとして音響鼻腔計測法が用いられているが、検査中の静止が困難な低年齢児においては協力が得にくい。また、咽頭扁桃肥大の検査は側面頭部エックス線規格写真（以下、側面セファロ）による画像検査が多く報告されているが、近年開発された歯科用コーンビーム CT（以下、CBCT）を用い、気道形態の三次元的な形態計測や気流の通気状態の評価が可能となってきた。これらの検査法は咽頭扁桃肥大の検査精度に優れているが、放射線の被曝を伴うため、疾患の経過観察や一般集団を対象とした健診におけるスクリーニングには適していない。そこで、資料採取が非侵襲的かつ簡便である音声分析に着目した。声道形態は咽頭扁桃肥大によって変化するため、特徴的な音声信号が認められ、咽頭扁桃肥大を音声分析で評価した報告があるが、鼻閉をこの分析によって評価した報告は少ない。音声分析によって、口呼吸の原因となる鼻閉および咽頭扁桃肥大が簡便に識別できれば、不正咬合発症の早期発見が可能となり、予防につながると考えられる。そこで、研究 1 では鼻閉と咽頭扁桃肥大における音声の周波数特性を明らかにする目的で、気道 3D モデル（以下、3D モデル）によって鼻閉および咽頭扁桃肥大による気道狭窄の音声への影響を実験的に分析した。研究 2 では生体において音声分析により鼻閉と咽頭扁桃肥大の識別が可能であるかを検証するために、日本大学松戸歯学部付属病院矯正歯科に来院し、矯正歯科治療を目的とした患者を対象として鼻子音/N/を発生させ、N/に特徴的な周波数であるアンチフォルマント（以下、AF）の変化と気道狭窄の関係を検討した。

研究 1 では日本大学松戸歯学部付属病院矯正歯科に来院し、CBCT を撮影した 10 歳女児 1 名のデータを用い、CBCT データを DICOM データに変換したのち DICOM データを STL データに変換した。STL データを用い 3D プリンターにて 3D モデルを作成した。さらに STL データ上で、鼻閉、咽頭扁桃肥大の付与し、編集した STL データを 3D プリンターにて鼻閉閉塞率 80%、100%および咽頭扁桃肥大率 10%、80%、90%の各 3D モデルを作成した。各閉塞条件のもとで 3D モデルから収録した収録音の周波数を求め、周波数を 30 個のチャンネルに圧縮したメルフィルタバンクの出力を用いて全体的な傾向を把握することで、鼻閉および咽頭扁桃肥大の音の比較をした。

その結果、鼻閉の閉塞率が 80%の場合に 1.8kHz と 3.0kHz で音圧の低下（ディップ）が認められた。咽頭扁桃肥大では 1.7kHz 付近にディップが認められ、閉塞率とディップが発生する周波数は比例傾向にあった。周波数を 30 個のチャンネルに圧縮したメルスペクトルでは、鼻閉の閉塞率 80%と 100%で 15 チャンネルから 23 チャンネルの間で音圧の低下を認め、咽頭扁桃肥大の肥大率が 80%と 90%では 22 チャンネルから 23 チャンネルの間に著しい音圧の低下が認められた。これらの結果から、閉塞率の違いによる周波数特性がみられ、音響的变化によって鼻閉および咽頭扁桃肥大の閉塞率も検出できることが示唆された。

研究 2 の被験者は、日本大学松戸歯学部付属病院矯正歯科に来院し、矯正歯科治療を目的とした精密検査のために側面セファロを撮影した者 66 名（男児 31 名、女児 35 名、平均年齢 8.3 ± 1.2 歳、Hellman の歯年齢 III B 期）とした。鼻腔通気度計測器にて鼻腔抵抗値を計測し、鼻腔抵抗値が $0.50 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ 以上を鼻閉、 $0.25 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ 以下を正常とした。また、咽頭扁桃肥大の分類は Adenoidal-nasopharyngeal ratio（以下、AN 比）を用いて AN 比が 0.63 以上を中等度以上の咽頭扁桃肥大とし、0.50 未満を正常とした。鼻腔抵抗値が $0.25 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ 以下で AN 比 0.5 未満の小児 22 名（男児 11 名、女児 11 名、平均年齢 8.7 ± 1.1 歳）を正常群、鼻腔抵抗値が $0.50 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ 以上で AN 比 0.50 未満の小児 25 名（男児 11 名、女児 14 名、平均年齢 8.1 ± 1.3 歳）を鼻閉群、鼻腔抵抗値が $0.25 \text{ Pa/cm}^3/\text{s}$ 以下で AN 比 0.63 以上の小児 19 名（男児 9 名、女児 10 名、平均年齢 8.0 ± 1.2 歳）を咽頭扁桃肥大群とした。被験音は上咽頭から鼻孔へ抜ける鼻子音/N/とした。側面セファロの撮影は、被験者のフランクフルト平面と床とを平行に位置づけ、下顎は咬頭嵌合位とした。側面

セファロのトレースは Downs 分析, Tweed 分析によりおこなった。音声解析には, ケプストラム分析法を用い/N/に特徴的な第 1 AF (AF1)を算出した。さらに個体の声道長を反映しているとされる周波数第 4 フォルマント (F4)を算出し, 個体差による声道長の違いを補正するため, AF1 の周波数を F4 の周波数で除した値 (以下, AF1/F4) を算出した。AF1/F4 について正常群, 鼻閉群および咽頭扁桃肥大群の比較をおこなった。

その結果, 音声分析において, AF1/F4 は咽頭扁桃肥大群が最も大きく, 次いで, 鼻閉群, 正常群の順となり, すべての群間に有意な差を認めた。鼻閉群では鼻閉部に伴う声道の狭窄があるため, 声帯から鼻閉部までの距離が波長に反映され, 正常群よりも波長が短く算出されたと考えられる。さらに鼻閉群と咽頭扁桃群の AF1/F4 を比較すると咽頭扁桃肥大群の方が大きい値を示したことから, 声帯から狭窄部位までの距離が咽頭扁桃肥大群の方が短いために波長が短く算出されたことが示唆された。側面セファロ分析において, 咽頭扁桃肥大群の Lower facial height は正常群と比較して有意に大きく, 咽頭扁桃肥大群の Mandibular arc は正常群と比較して有意に小さかったことから咽頭扁桃肥大群を有する者は長顔傾向にあることが示された。

以上のことから以下の結論を得た。

- 1) 3D モデルの実験的研究から, 鼻閉と咽頭扁桃肥大の違い, 閉塞率の違いを反映した周波数特性がみられ, 音響的变化によって気道の閉塞の種類と程度を検出することが可能と考えられた。
- 2) 患者を対象とした音声解析の結果, AF1/F4 の値は正常群, 鼻閉群, 咽頭扁桃肥大群の順に大きくなり, 声帯から狭窄部位までの距離が波長に反映されたと考えられた。以上により音声分析による正常, 鼻閉および咽頭扁桃肥大の識別の有効性が示唆された。
- 3) 側面セファロ分析結果, 咽頭扁桃肥大を有する者は長顔傾向にあることが示された。