

## 論文審査の結果の要旨

氏名：小松 昌平

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咽頭扁桃肥大の非侵襲的なスクリーニング法に関する研究

審査委員：（主査） 教授 近藤 信太郎

（副査） 教授 河相 安彦

教授 葛西 一貴

咽頭扁桃は舌扁桃、口蓋扁桃、耳管扁桃と共にワルダイエルの咽頭輪として鼻腔からの感染の生体防御の役割を担っており、免疫機能の獲得に伴い幼児期から学童期にかけて生理的に肥大した後、成長と共に徐々に縮小する。特にアデノイドとは慢性炎症による咽頭扁桃の肥大を指し、長期的な鼻咽頭の狭窄と、それに伴う通気障害が正常な鼻呼吸を障害し、呼吸様式を口呼吸へと変化させる。この時期における長期的な口呼吸は顎顔面骨格の成長パターンへ影響を及ぼし顔面骨格の異常を伴う重度の不正咬合になるとされてきた。

これまで咽頭扁桃肥大の診査は側面頭部エックス線規格写真（以下：側面セファロ）による画像診査が中心であった。また、近年開発された歯科用コーンビームCT（以下：CBCT）を用いることにより、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。しかしながら、これらの検査法は咽頭扁桃肥大の診査精度に優れている一方、放射線被曝を伴うため、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不向きといえる。

そこで、本研究では資料採取が非侵襲かつ簡便である音声分析に着目した。ヒトの音声信号は声帯の振動情報である音源特性と声道の形態情報である声道特性より構成されており、咽頭扁桃肥大による声道形態の変化が音声信号に特徴的に認められると考えた。

音声分析法として用いられているケプストラム分析は複数の情報が畳み込まれた信号から情報を分離する手法であり、音声信号より音源特性と声道特性を分離することが可能である。しかしながら、咽頭扁桃肥大に伴う気道狭窄による鼻音発声時の声道特性の変化に対してケプストラム分析を応用した報告は認められない。以上のことより本研究では、音声分析を用いて咽頭扁桃肥大に伴う気道の狭窄を非侵襲的にスクリーニングすることを目的とした。

そこで、研究1においては基礎的研究として気道を模した単一共鳴管を用い、気道狭窄を仮定した閉塞条件下におけるスイープ音の周波数解析と波長算出を行い、閉塞に伴う音響的变化の検出の可能性について検討を行った。また、研究2においては被験者の発声音声を用いて鼻音に特徴的な第一アンチフォルマント周波数（以下：AF1）をケプストラム分析により特定し、算出した基本波長の変化を観察することで音声分析による咽頭扁桃肥大のスクリーニングの可能性について検討を行った。

研究1では、単一共鳴管として塩ビ管を用い、咽頭扁桃の肥大を仮定して閉塞物による塩ビ管の閉塞を行った。塩ビ管の閉塞条件は0%（非閉塞）、85%閉塞、100%閉塞とし各条件においてスイープ音を用いた周波数解析を行った。その結果、周波数解析から算出した波長は塩ビ管の全長や閉塞物までの距離とある程度一致する結果となり、周波数特性より閉塞に伴う音響的变化を検出することが可能であることが示された。

研究2では、咽頭扁桃の肥大に伴う声道形態の音響的变化を観察するため、日本大学松戸歯学部付属病院矯正歯科を受診し、矯正歯科治療の精密検査を行った者より咽頭扁桃の肥大を認める小児14名（男児8名、女児6名、平均年齢 $8.1 \pm 1.3$ 歳）を咽頭扁桃肥大群とし、咽頭扁桃の肥大を認めない小児14名（男児6名、女児8名、平均年齢 $8.5 \pm 1.2$ 歳）を一般群として被験者を選定した。咽頭扁桃および鼻咽頭の形態計測は側面セファロを用いて行い、咽頭扁桃の肥大程度と気道の形態について検討を行った。音声分析は文脈孤立の撥音/N/を被験音としてケプストラム分析による声道特性の抽出を行い、抽出した声道特性よ

り AF1 を特定し、周波数解析により波長を算出した。波長は声道の長さに影響を受けることから、体格差を是正するために CBCT より計測した声道長で波長を除すことにより、波長声道長比を算出し音声分析の計測値とした。なお、ケプストラム分析による声道特性の抽出に際し、声道特性と音源特性との境界の分離処理（以下：リフタリング）はケプストラム係数を 40, 44, 48, 52, 56, 60 に設定した。統計処理として形態計測および音声分析の結果の群間比較を Mann-Whitney's U 検定を用いて検討した。また、音声分析結果より波長声道長比を咽頭扁桃肥大の識別の閾値とした各ケプストラム係数における咽頭扁桃肥大の識別率に関する検討を行った。その結果、形態計測では咽頭扁桃肥大群において AN 比、咽頭扁桃長径、および咽頭扁桃厚さが有意に大きく、気道最狭窄部距離、および PNS1-PNS2 は有意に小さい結果となり、咽頭扁桃肥大群は通気性に障害が生じる程度の気道狭窄が生じていることが示された。また、音声分析ではケプストラム係数 40, 44, 48, 52, 56 において波長声道長比が咽頭扁桃肥大群において有意に小さい結果となった。また、波長声道長比を咽頭扁桃肥大の識別の閾値とした検討においてはケプストラム係数 44 から 56 の範囲で識別率 80%以上の結果が認められた。

以上のことから、以下の結論を得た。

- 1) 気道を仮定した塩ビ管を用いて異なる閉塞条件における周波数解析の基礎的実験を行ったところ、塩ビ管の一端から閉塞部までの距離と近似した値を算出することが可能であり、閉塞による音響的变化は周波数特性より検出が可能であることが示された。
- 2) 咽頭扁桃の肥大に伴い狭窄した上鼻咽頭は通気障害のために基本波長が短くなり、波長声道長比の低下を認めた。ケプストラム分析を用いることで非侵襲的に咽頭扁桃肥大を識別できる可能性が示唆され、リフタリングにおけるケプストラム係数は 44 から 56 の範囲が咽頭扁桃肥大の識別に有効であった。

以上より、音声分析により非侵襲的に咽頭扁桃肥大がスクリーニングできる可能性が示された。

本研究は、咽頭扁桃肥大のスクリーニングに音響分析を用いることの有効性を示し、実用化に向けての新知見を得たものであり、歯科医学ならびに歯科矯正臨床に大きく寄与し、今後一層の発展が望めるものである。

よって本論文は、博士（歯学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成31年2月21日