

学 位 論 文 題 名

3次元模型による口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥と
口腔内気流に関する実験的研究

学位論文内容の要旨

【緒 言】

口呼吸は、歯肉炎や歯周炎の発症や進行に深い関係をもつ重要な修飾因子であると考えられている。しかし、口呼吸と歯周疾患との関係については、実証的な研究は極めて少なく臨床的経験に基づき主観的な報告がほとんどである。石川は、口呼吸常習者の口腔内がどのような環境にあるのかを科学的に解明したいと考えて研究指導に取り組み、徐は、2次元模型を用いて、口呼吸時の空気の流れについて可視化実験を行い、正中矢状断面上の口腔内の流れの様相を検索し、小林は、同様の2次元模型を用いて正中矢状断面上の各部位の水分蒸発量を測定し気流と脱水・乾燥との間に密接な関係があることを示唆している。しかし、実際の口腔内は、立体的な3次元構造であり、その気流の動きは複雑で、2次元模型では口呼吸時の口腔内の気流の実態を十分解析するのは困難である。そこで本研究は、より生体に近い状態での口呼吸の実態を明確にし、口呼吸が歯周疾患へ与える影響を明らかにする目的で、実物大3次元模型型を作製しこれを用いて口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥状態と口腔内気流との関係を検討した。

④《実験Ⅰ》口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥の検討

【実験材料および方法】上顎をプラスチックシーネ、下顎と舌は石膏模型で実物大3次元模型を組み立て、咽頭部から風洞を用いて空気を吸引し、口呼吸の状態とした。上顎口蓋部に蒸発量測定部位を10カ所選び、各部位に蒸発量測定材料を設置した。予備実験の結果をもとに、室温を25℃、湿度を54～63%の間に調整し、ヒトの1回換気量と同じ毎秒500mlを25分間連続吸気した後、蒸発量測定材料の重要変化を測定して各部位の蒸発量を求めた。

【結果および考察】各部位の1cm²あたりの1分間の蒸発量は、大きく3つのグループ分けすることができた。蒸発量が最も多い第1のグループは、中切歯、側切歯、犬歯の口蓋側辺縁部でそ

れぞれ20mg, 19mg, 17mgであった。次いで第2のグループは口蓋中央部で13mg, そして第3グループは小臼歯の口蓋側辺縁部で11mgと比較的少ない値を示した。

第1のグループは、临床上、堤状隆起を生じやすい部位と一致しており、口唇から流入してきた吸気は、上下顎の切歯間隙を通過し、まず、上顎前歯の口蓋側辺縁歯肉と舌に衝突し、乱流を起こすため、そこには剝離流を生じ、蒸発量を増すのではないかと考えられる。そして、水分を吸収してから咽頭方向へ進んでいくものと思われる。また、第2のグループは、第1と第3のグループの中間的な位置にあり、口唇方向から層流状態で直接衝突してくる吸気と、よどみを生じ停滞している空気とが混在する結果生じたエリアと思われる。さらに第3のグループは蒸発量が最も少ないエリアで、第1のグループのエリアを通過してきた吸気がすぐに流れずよどむ傾向を示す部位と考えられる。すなわち、空気の流れが少なく、停滞しているため蒸発量が少ないのではないと思われる。以上の考察を実証するためには口腔内の気流を可視化することが必要と考えられる。そこで、実験Ⅱとして、口呼吸時の蒸発量と口腔内気流の状態との関連を解明するため、口呼吸吸気時の口腔内気流の可視化を実験を行った。

@《実験Ⅱ》口呼吸吸気時の口腔内気流の観察

【実験材料および方法】上顎、舌顎、舌の全てが透明なプラスチック板で作製した口腔3次元模型を、ガラス製の水流実験装置の中に設置し、咽頭部から吸水することにより口呼吸の吸気時の状態を引き起こし、3次元的な口腔内の流況を観察できるようにした。模型の前方よりトレーサを投入し、吸気時の口腔内気流の状態を可視化した。可視化の手法としては、ウラニン色素法と水素気泡法を用いた。実験時の咬合関係と水流の状態を以下のように変化させ、流れの様相を観察した。1. 定常流における咬合様式の違い（正常咬合、上顎前突、下顎前突）による流況の変化の観察（色素法）。2. 正常咬合における定常流の流速の違い（低速：気流10cm/sec, 水流0.87cm/sec, 中速：気流40cm/sec, 水流3.5cm/sec, 高速：気流100cm/sec, 水流8.7cm/sec）による流況の変化の観察（色素法および水素気泡法）。3. 正常咬合における非定常流時の流況の観察（色素法および水素気泡法）。

【結果および考察】1. 正常咬合と上顎前突では、流れのパターンは類似しており、口腔内に流入した流体は上顎前歯を越えた後、口蓋側歯肉にそって流れ、口蓋中央へと達する。水平面からみると正中部に向かって集中化し、かつその収束部位は、実験Ⅰで蒸発量が最も多かった部位と一致していた。一方、下顎前突では、流体が口腔内に流入した初期には集中化傾向をみせるが、

舌と下顎前歯群との間にうずが生じ乱流となり、集中化せず咽頭方向へ進む傾向を示した。

2. 流速が遅い場合には、物体は一体化して層流状態のまま咽頭方向へ進んだ。一方、流速が遅い場合には、正中部に向かって集中化した後、そのまま口蓋に沿って咽頭部方向へ進む流れと、第1大臼歯部付近で左右に分かれては反転して入り口方向に逆流した後、再び咽頭部へ向かい、循環流（うず）が生じた。この循環流が臼歯部辺縁の脱水・乾燥を引き起こし、第1大臼歯付近まで堤状隆起が形成される原因となるのではないかとと思われる。

3. 非定常流の流況は、流速の異なる定常流の流況が連続的に変化しながら起こっている状態であった。

【まとめ】

実物大3次元模型を作製しこれを用いて口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥状態と口腔内気流との関係を検討し、次の結果を得た。

1. 口呼吸時の口蓋側の蒸発量は、最も多いのが前歯の口蓋側辺縁部であり、次いで、口蓋中央部、比較的少ないのは臼歯の口蓋辺縁部であった。

2. 透明な実物大3次元模型を用いて水中口呼吸シミュレーション装置を作製し、水流によるウラン色素法と水素気泡法を用いることにより、口呼吸吸気時の口腔内気流を可視化することかできた。

3. 口呼吸吸気時の口腔内気流は、正常咬合と上顎前突では上顎前歯の口蓋側歯肉に沿って流れ、正中部に沿って集中化して収束する傾向を示し、これが前歯口蓋側歯肉辺縁部に脱水・乾燥量が多い原因となっていると思われた。一方、下顎前突では、下顎前歯の舌側にうずが生じ、流体の集中化はみられなかった。

4. 臼歯部では、吸気時の流速が遅いと気流はよどんだままであるが、中・高速になると吸気流は一部が逆流して循環流（うず）が生じ、これが臼歯部の脱水・乾燥の原因となると思われた。

5. 非定常流の流況は、流速の異なる定常流の流況が連続的に変化しながら起こっている状態であった。

以上の結果から、口呼吸を行うと吸気時の口腔内の気流により、前歯から臼歯の口蓋側歯肉辺縁部の水分蒸発量が多くなり、歯肉を脱水・乾燥させて組織の防御力を低下させるとともに、歯頸部にプラークをこびり付かせ強く付着させ、歯肉炎を悪化させるのではないかと考えられた。今後さらに、ヒトの口腔内の脱水・乾燥状態を直接測定することを試み、病理組織学的検索や細菌叢の検索などと組み合わせ、口呼吸と歯周疾患との関係をより明確にしていける必要があると思

われる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 加 藤 潤

副 査 教 授 亀 田 和 夫

副 査 教 授 下河辺 宏 功

副 査 助教授 吉 田 静 男（工学部）

口呼吸は、歯肉炎や歯周炎の発症や進行に深い関係をもつ重要な修飾因子であると考えられているが、口呼吸時の口腔内の乾燥と気流の実態の解明をめざした実証的な研究は極めて少なく、わずかに、徐、小林らが、2次元模型を用いて、口呼吸時の空気の流れや各部位の水分蒸発量の研究を行っているにすぎない。しかし、実際の口腔内は、立体的な3次元構造であり、その気流の動きは複雑で、2次元模型では十分に解析するのは困難である。そこで本研究は、より生体に近い状態で口呼吸の実態を明確にし、口呼吸が歯周組織へ与える影響を明らかにする目的で、実物大3次元模型を作製しこれを用いて口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥状態と口腔内気流との関係を検討した。

《実験Ⅰ》口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥の検討

上顎をプラスチックシーネ、下顎と舌は石膏模型も実物大3次元模型を組み立て、咽頭部から風洞を用いて空気を吸引し、口呼吸の状態とした。上顎口蓋部に蒸発量測定部位を10カ所選び、各部位に蒸発量測定材料を設置した。予備実験の結果をもとに、室温25℃、湿度54～63%の間に調整し、毎秒500mgを25分間連続吸引し、各部位の蒸発を測定した。

その結果、各部位の蒸発量は、大きく3つのグループに分けできた。第1のグループは、前歯の口蓋側辺縁部で20～17mgであった。第2のグループは口蓋中央部で15～13mg、第3のグループは小臼歯の口蓋側辺縁部で12～11mgであった。第1のグループは、臨床上、堤状隆起を生じやすい部位と一致しており、口唇から流入した吸引は、切歯間隙を通過し、上顎前歯の口蓋側辺縁歯肉と舌に衝突し、乱流を起こすため、剝離流を生じ、蒸発量が増すのではないかと考えられた。第2のグループは、第1と第3のグルースの中間的な位置になり、口唇方向から層流状態で流れ

てくる吸気と、よどみを生じないでいる空気とが混在する結果生じたエリアと思われた。第3のグループは、空気の流れが少なく、停滞しているため蒸発量が少ないのではないかとと思われた。以上の考察を実証するためには口腔内の気流を可視化することが必要と考え、口呼吸吸気を口腔内気流の可視化実験を行った。

《実験Ⅱ》口呼吸吸気時の口腔内気流の観察

上顎、下顎、舌の全てを透明なプラスチック板で作製した口腔3次元模型を、ガラス製の水流実験装置の中に設置し、咽頭部から吸水することにより口呼吸の吸気時の状態を引き起こし、ウラン色素法と水素気泡法を用いて口腔内気流の状態を可視化した。咬合関係と水流の状態を変化させ、流れの様相を観察した。

その結果、

1. 口呼吸吸気の口腔内気流は、正常咬合と上顎前突では上顎前歯の口蓋側歯肉に沿って流れ、正中部に分かって集中化して収束する傾向を示し、これが前歯口蓋側歯肉辺縁部に脱水・乾燥量が多い原因となっていると思われた。一方、下顎前突では、下顎前歯の舌側にうずが生じ、流体の集中化はみられなかった。

2. 臼歯部においては、吸気時の流速が遅いと気流はよどんだままであるが、中・高速になると吸気流の一部が逆流して循環流（うず）が生じ、これが臼歯部の脱水・乾燥の原因になると思われた。

3. 非定常流時では、流速の異なる定常流の流況が連続的に変化しながら起こっている状態であった。

以上の実験ⅠとⅡの結果から、口呼吸を行うと、口腔内の気流により、前歯から臼歯の口蓋側辺縁部の蒸発量が多くなり、歯肉を脱水・乾燥させて組織の防御力を低下させるとともに、歯頸部にプラークを強く付着させ、歯肉炎を悪化させるのではないかと考えられた。

以上の研究内容について論文提出者に説明を求めた後、主査および副査全員で審査し質問を行ったが、そのいずれについても適切な解答が得られた。なお、論文の一部の修正の指摘があり、論文提出者はこれを認め訂正することとした。その結果、本論文は、実物大口腔3次元模型を用いて口呼吸モデル実験装置を作製し、口呼吸時の口蓋部の脱水・乾燥を測定したこと、さらに、口腔3次元模型を水中に組み込み流体力学的手法も用いて、口呼吸吸気時の空気の流れを可視化し、その様相を明確に示したことはいずれも高く評価でき、博士の学位を授与されるに値するものと認定した。