

ヒト副鼻腔内でのネブライザー粒子の動態

鹿児島大学医学部耳鼻咽喉科学教室

渡邊 莊 郁、原口 兼 明、岩淵 康 夫

昇 卓 夫、大山 勝

鹿児島大学工学部機械工学科機械工作

中西 賢 二

鹿児島大学工学部機械工学科水力工学

野崎 勉

はじめに

これまで、我々は独自の鼻・副鼻腔モデルを用いたレーザードップラー法による鼻内気流の計測を行ってきた。前回、吸気の定常状態での鼻腔内の気流動態を報告したが、今回、さらに、呼気でのシミュレートも行った。加えて、ネブライザー施行時においてどのようにネブライザー粒子が副鼻腔内に侵入するのかを知るために、ヒトでの副鼻腔内のエアロゾル粒子の状態を観察し、興味あるデータが得られたので報告する。

材料と方法

鼻副鼻腔のモデルについては、前回と同様の

ポリエチレン製のモデルで、大きさは正常の約3.3倍大であり、内腔の骨の突出などはトリミングしてある。鼻中隔面はガラス板、上顎洞外側部は透明な樹脂にしてあり、鼻腔・副鼻腔内の気流を測定・観察できるようにしてある。測定法であるレーザードップラー流速計はDANTEC社製レーザードップラー流速計解析装置55X型で、レーザー光源は2ワットのアルゴンイオンレーザーを使用している。粒子発生装置その他も前回と同様の条件で行い、前回と同様、今回も鹿児島大学工学部との共同実験として行った。

ヒト副鼻腔内のネブライザー粒子の観察は、上顎洞のレーザー手術を施し、十分に自然孔が

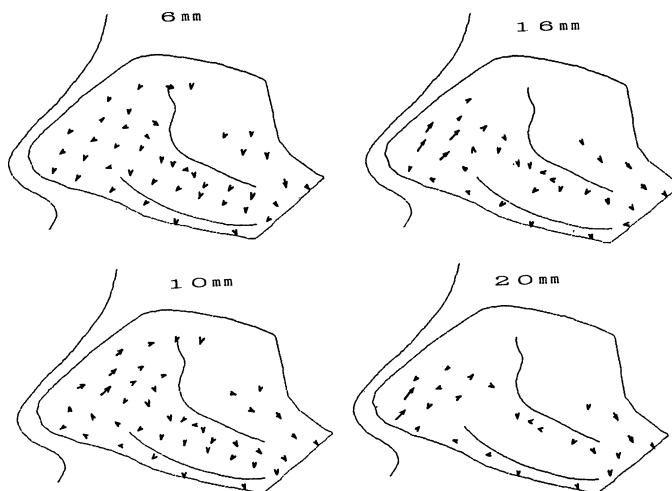


図1 鼻中隔面からの各距離における吸気時の速度ベクトル

開大した症例において行った。局麻下で犬歯窩に2mmの小孔を開け、針状鏡を挿入、ボンブックスで密閉した後、生理食塩水によるジェットネブライザーを行い、針状鏡にビデオを装着し、録画観察した。

結果および考察

図1は吸気の定常状態における流速を鼻中隔面からの距離別にベクトルで示したものである。数字は鼻中隔面からの距離を示している。外鼻孔からの流れは大部分が嗅裂に向かって流れ、中鼻甲介の前にある鼻堤に突き当たり、一部は中鼻道と総鼻道へと分かれる。また、下鼻甲介の上部で小さな乱流を形成し、渦を巻いている様子が観察された。下鼻道にはほとんど流れはなく、鼻中隔面から離れるにつれて流速が遅くなっていくのが観察された。図2はレーザードッ

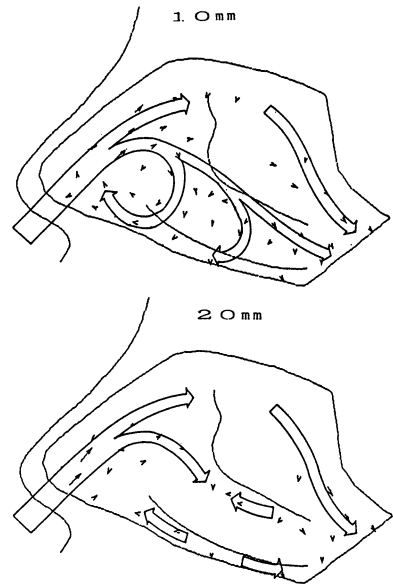


図2 吸気時の速度ベクトル

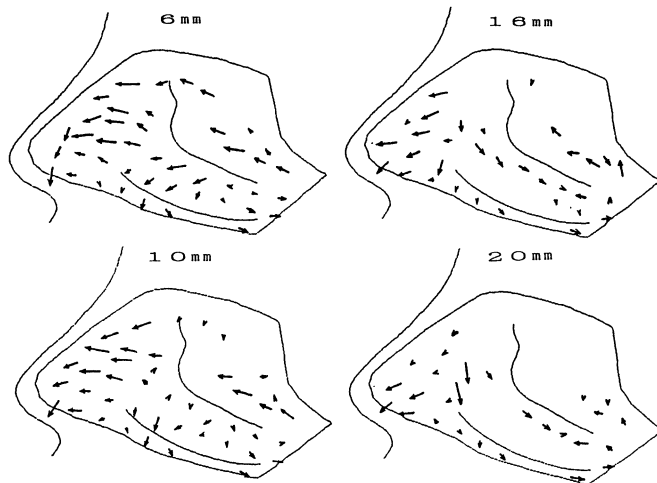


図3 鼻中隔面からの各距離における呼気時の速度ベクトル

プラー法による測定と直接的な観察を元にまとめたものである。中鼻道への流れも大部分は鼻中隔面に近い部分の流れであり、自然孔付近の流れはほとんどなかった。流体力学の観点からは、流れには相似性があるため、今回測定した速度のみならず、これより遅いあるいは速い速度でも流れの状態はほぼ変化しないものと思われる。このことからすれば、自然孔付近へは通

常の吸気状態ではほとんど流れはないものと思われる。

図3は、呼気におけるレーザードップラー法による測定結果を示す。呼気では吸気よりも主流における流速が速くなっていた。咽頭から流入した流れはそのほとんどが嗅裂に向かって流れ、中鼻道、下鼻道へはおもに鼻堤付近からの反転した流れが認められた。また、吸気同様、

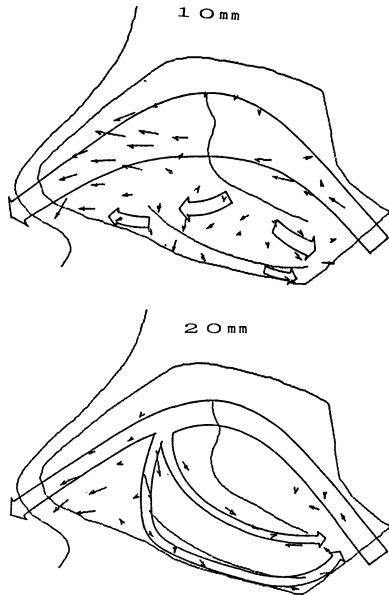


図4 呼気時の速度ベクトル

鼻中隔面から離れるにつれて流速が遅くなっていくのがわかった。図4は呼気における測定結果をまとめたものである。

鼻中隔面から離れるにつれて流速が遅くなるのは、鼻腔内の形状や空気の粘性によるものと思われる。また、吸気に比べ呼気で流速が早くなっている理由としては、呼気では咽頭部で整流されていることと、呼出時には鼻堤のような突出部がないことなどのためと思われる。

次にヒトの副鼻腔内より観察したネブライザー粒子の結果を示す。図5の左は呼気と吸気のほぼ中間の時点での状態を示す。ネブライザー粒子が副鼻腔内に侵入しているのが白い粒状に観察されるが、ほとんど動いておらず、ネブライザーの流速による副鼻腔内での流れはほとんど認められなかった。図5の右は呼気状態における副鼻腔内の状態を示す。ネブライザー粒子の流れが白い線状となって見えている。ビデオに録画しての観察も行った上で、ネブライザー粒子の副鼻腔内への流入は、大部分が呼吸に伴う圧の変化によることを確認した。

鼻腔内の主流がどこにあるかということについては文献的に種々報告されているが、少なく

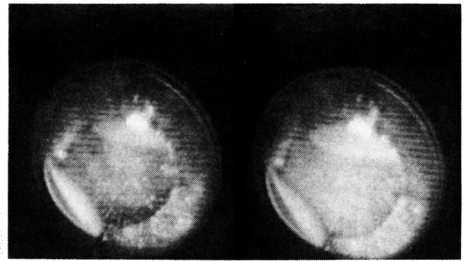


図5 副鼻腔内からのネブライザー粒子の観察

とも今回の我々の結果では、各鼻道が充分に開大している鼻腔では、吸気・呼気とも主流は総鼻道上部から嗅裂にかけて存在した。また、吸気と呼気ではその気流動態が異なり、呼気の方が主流における流速が早かった。鼻腔内の湿度あるいは温度など考慮しなければならない因子は多いが、今回のモデルによる計測結果は加湿・加温、嗅覚といった生理学的な面では合理的であると思われる。

さらに、副鼻腔内からの観察によって、ネブライザー粒子は主として呼吸に伴う圧の変化によって副鼻腔内に流入していることを確認した。

以上の結果からすれば、副鼻腔に到達させることを目的として薬液を外鼻孔から散布する場合、吸気の流れに乗せても効果はあまり期待できないものと思われる。また、ジェットネブライザーのように、ある程度流速を持った粒子でもその流速によって流入させることは容易でないこともわかった。今後新しいネブライザー機器の開発に関しては、流速を高めたネブライザーや螺旋回転を伴い自然孔に対して直角方向に流れを与えるノズルの開発などが望まれると思われる。

— 討 論 —

質問；臼井（東邦大）

鼻内気流は鼻腔形態によって大きな影響を受けると思うが，正常鼻腔モデルをどのようにして作成したか。

応答；大山（鹿児島大）

健常人屍体からモデルを作製しているので，形態的には問題ないが，機能形態的にはヒトのそれと大きく異なるので，これの解決が今後の問題である。