THE JOURNAL OF THE
OTO-RHINO-LARYNGOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN
日本耳鼻咽喉科学會會報

第54卷 第12號

—昭和25年12月發行—

學 會

第13回日本医学会第28部分科会
日本耳鼻咽喉科学会第52回総会

宿 題 報 告

PROF. F. NAKAMURA, M.D.: AIR CURRENT IN THE
NASAL CAVITY AND NASAL FUNCTION

鼻 内 氣 流 と 鼻 腔 機 能

京都府立医科大学教授

担当報告者 中 村 文 雄

鼻腔内の所見を正しく把み之を表現する事の困難さと、患者の訴えと鼻内像との間に横たわる多くの不一致、予盾は今日迄殆んど未解決の儘に残された問題であつた。副鼻腔又は鼻腔の疾患、病理に屬する龐大な研究の數に比し、鼻腔の生理に關する研究が極めて少く、又其多くが鼻腔内流路の1,2の問題或は諸種機能の2,3に就て斷片的に記載したのみである。之れ迄の文献を檢討して從來の研究の間隙は鼻内現象を斷片的に記載したものか、他との關連性を考慮の外に於いて各個の機能を單獨に追求したもの、又は1つの機能を調べた結果から一舉に鼻腔機能の全般を飛躍的に導き出そうとしたようなものが大部分であり、非常に錯綜した複雑な多くの要約が有機的に結合している鼻腔機能を解析的に一度分解し、其個々の要素を別個に觀察した後、之れを再び1つの体系に纏め上げると云つた研究様式が取り上げられていない事が其1つである。

其2は之れ迄の報告が餘りに生物學的觀點に終始し、氣體が1つの管内を通ると云つた純物理的現象を流体力學的な方向から眺めた研究が殆んど見出せない事と、第3の點は之等の業績の大部分が1900年初期に續けて現われ、現代の進歩した醫學の歩みが足跡を印していない事即ち嶄新な研究方法によつて鼻腔機能の研索が行われていない事を知るのである。

此過程を経て吾々は數年來鼻腔の機能を出來得るだけ細かく分け、各々の因子を更に可及的に單純化して其各個に對し、必要に應じて理論物理的の考証を行い、又検査方法にも合理的且つ最新の方法を採用して成績の正確を期する事に目標を置き實驗を行つたが、其結果を一連の項目に纏め報告した。

① 正常呼吸時の呼吸氣量

鼻呼吸の諸現象を觀察する基礎となる正常な呼吸運動によつて呼吸される空氣量、即ち鼻腔の通氣流

量を測定した。

媒紙上に描かれた吸気及び呼気の波の頂點、即ち呼気中の最大流量と最大部即ち吸気中の最大通氣量を計算し之を左右鼻腔同時に描寫測定し、兩側鼻腔の示す吸気及び呼気の比較を行つた。其測定値を總括すると呼気の最大流量は1分間21.7~19.7立、吸気最大流量は26.0~23.9立、吸気、呼気の流量差は5.6~3.7立が生理的範圍と看做す事が出来る。尚ほ正常鼻腔を有するものにあつても左右で通氣量に可成りの差がある事も判り、又他覺的に輕度の鼻疾患をもっているが、自覺的に鼻呼吸の障礙を訴えなかつた者に就て測定した所、吸気、呼気の最大流量共に正常鼻腔を有するものにして著しく少く、又兩者の流量差も動搖が大で一定せず、殊に病變のある側が零に近く低下を示しているものも發見された。そして此ようなものを潜伏性鼻閉塞と呼ぶ事が出来、鼻呼吸が一部、無意識の裡に口呼吸を以て補われているものと考えた。

更に此數値の正確性を檢定するために熱電對風速計を用いて正常鼻腔の最大吸氣量を一側鼻腔に就て再吟味したが、其結果も最大吸氣量10.2~15.9L/Min, 平均13.6L/Min. (一側のみ)の値)で先きの成績と一致する。即ち鼻呼吸により1分間平均9立の空氣が吸入されるとしても安靜呼吸時にあつても一側鼻腔の最大流量は吸氣が約13立、呼氣が11立に迄なつてゐる事が判る。

③ 鼻内氣流の流路

i) 煙による實驗： 正常鼻腔の安靜呼吸時に於ける吸氣は渦を作らない層流であつて、其主流は鼻入口部から鼻前庭を通り、幅の廣い流れの帶となり、次第に上方に彎曲し、中甲介前端部を頂點として中鼻道の高さを通り、後鼻孔に達する。又其主流から別れて一部下鼻道を通る流路も見られる。此2つの大きい層流の流れの外に流量が1分内3立以上になると中甲介前端部に小さい渦を生じるが、此渦は極く限局性のもので主流の形成には影響なく、又流量を増すにつれて或程度大となるから嗅の渦と見られるもので嗅覺と密接な關係があるものと考えた。1

12~2

分間の流量を増して13立になつて初めて全体の流れが亂流に移行する。即ち正常な構造を有する鼻腔では1分間の流量が13立迄は總ての流線は極めて規則正しい層流をなして流過するものである事が判る。

吸氣と呼氣の流路の相違に就ても未だ決定をみていないが、吾々の觀察した所では呼氣の流路は吸氣の場合と同一の路を辿り、唯だ吸氣から呼氣に轉換される瞬時に邊緣部例えば中甲介前端、下甲介後端、耳管開口部附近等に渦を生じるが、中央部では渦を作つて兩方の空氣が混合するような像は全く認められない。更に病的狀態に於ける流路の變化に就て下甲介、中甲介の肥大、萎縮、鼻茸の形成等種々の變化を鼻腔に作つて觀察した所何れの場合にも層流より亂流に移行する限界が早くなり又各所に異常の渦を形成する。そして鼻内氣流を層流に維持するためには中甲介よりも下甲介がより重要である事も判明した。

ii) 液体(メチレンブラウ溶液)による實驗： 先ず水を用い、空氣に近い流れを得るために計算によりレイノルド數を一致せしめ、約1/15量の水を通過せしめると略ぼ氣體流過の場合に相似の流れを得る事が判る。此實驗によつて得た結果も大體氣體の流れの場合と同様であつて、正常鼻腔では緩速度の時は流れは頗る規則的であり壁面の何所にも渦を伴わず下部は鼻底に略ぼ平行に上方へ向うにつれて彎曲の度を増して行く規則正しい整然とした形を示す。

流量が960cc/Min. 以上になると流れは亂流に移行し其の移行期のレイノルド數は正常鼻腔では約1120となる。又中甲介のみを除去する時は720cc/Min. が層流より亂流に移行する限界量で此時のレイノルド數は830となり、下甲介を除去した時は470cc/Min. で亂流となりレイノルド數は542となる。

此結果からも正常鼻腔の安靜呼吸時の空氣の流れは層流である。層流から亂流への移行限界量は960cc/Min. であり、之を空氣に換算すると14.4L/

Min. 迄は層流を保ち得る事になる。

iii) 主流の成立に對する理論的考察：上の實驗によつて鼻内氣流には主流が認められるが、其成立機轉に就て流體力學の二次元的非迴轉運動、所謂流れの理論を適用して考察する。

流線の微分方程式

$$\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} \quad \text{又は} \quad udy - vdx = 0 \dots\dots\dots (1.1.)$$

液體が非壓縮性であるとすれば連續方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad \text{又は} \quad \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{\partial v}{\partial y} \dots\dots\dots (1.2.)$$

(1.1.) 及び (1.2.) より

$$udy - vdx = \partial\psi = \frac{\partial\psi}{\partial x} dx + \frac{\partial\psi}{\partial y} dy \dots\dots\dots (1.3.)$$

の如き函数 $\psi(xy)$ が存在する

$$u = \frac{\partial\psi}{\partial y} \quad v = -\frac{\partial\psi}{\partial x} \dots\dots\dots (1.4.)$$

又流線が (1.1.) から與えられる事から流動の方程式は

$$\psi(xy) = \text{const}$$

此函数 ψ を流れの函数と云う

特に非迴轉運動の場合には

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} = 0 \dots\dots\dots (1.5.)$$

此方程式を満足する函数 ψ を求める事により流れの模様を知る事が出来る。今鼻腔を簡單化して矩形を選び下部に流入出口を3種の角度に附け上の式から其の中の流れの函数を求め、之を作圖すると此矩形の中を流れる流線群は矩形全體を満たし、下部から上部に至るにつれて整然と彎曲度を高めて行く。

其流線の模様は實際の鼻腔に於ける流線と非常に類似している。此高度の近似性から生體鼻腔内の氣流は理論的流線に示すような徑路を辿り前述の物理的法則に従つて流れるものと想像される。然し理論的流線は鼻腔内を一樣に満し規則正しい整然とした流れであるが、實際の空氣は粘性を有する流體であるため壁面に近いものは速度が緩慢であり、壁面から遠くなるに従つて流れは速かとなる。故に主流は上方に彎曲した凸形の流路をとると云うよりは鼻腔内の氣流は鼻腔全體を満たして一樣な規則的な流路

を辿るのであるが、粘性の影響のために空氣の大部分は略ぼ鼻腔の中央部を帶狀に通過し、其部分が主流として認められるとするのが以上の考察から適當と考える。

③ 鼻内氣流の速度

加熱電對を作製し、模型鼻腔内に6種の流量を通過せしめて8個所の部位に就て其秒速を計り速度分布を検べた。正常鼻腔にあつては鼻入口部で可成りの速度をもつていたものが下鼻道前端で少し流速が落下する。其後中鼻道及び下鼻道中央部で再び流速が増加し、鼻孔部よりも大となつてゐる。次で中鼻道、下鼻道後端部でもう一度僅かに速度が落ち、更に狹小な鼻咽腔に達して強く速度は上昇して咽頭に向つて流れる。

病的鼻腔の速度の變化をみると、下甲介を除去した場合正常鼻腔と異なる點は通常速度の上昇點に當る中鼻道及び下鼻道の中央部で著明な流速の落下が見られる事である。中甲介を除去した時には中鼻道に相當した部分の流速が極度に落ちるが、主流が上方に移動し他の場所は殆んど正常鼻腔の速度と大差がない。

兩甲介を除去すると下鼻道、中鼻道を初め鼻腔内各部で著明に流速が減少する外、流量に比例して速度が増加して行かない。

甲介の肥厚によつては鼻腔中央部の速度が著明に増加する。

④ 鼻内氣壓 (鼻腔通氣度)

鼻内氣流の有する壓力は鼻腔の形狀其他の流路の形の變化によつて異なつて來るが其壓力の減少が通氣度として表わされるのであつて、減少度が少なければ鼻腔の通氣度は良好であり、壓力の減少が大であれば通氣は不良となる。鼻腔の通氣度に關係する最も重要なものは鼻前庭、鼻甲介及び鼻中隔である。

i) 鼻翼及び鼻前庭と鼻内氣壓

中甲介前端部と後鼻孔部の靜壓を比較する事によつて鼻抵抗を測定し、此2點と外氣壓との壓力勾配を計つた結果から鼻前庭に於ける壓差が著しく大である事を知つた。此點に就て模型實驗及び理論的考察からも其正しい事が立證され、呼吸された空氣は鼻入口部にあつて先ず大きい抵抗を受け氣壓の著明

な減退を來して中にはいつて行く事が明かとなる。

ii) 鼻翼擴張と鼻内氣壓及び鼻翼筋活動電流

(a) 外鼻孔を鼻鏡で擴大した場合 (b) 外鼻孔の上半分を閉塞した場合 (c) 外鼻孔の下半分を閉じた場合 (d) 下甲介を肥厚せしめた場合に就て夫々鼻前庭及び後鼻腔部の靜壓を測定した結果、鼻甲介を收縮させるよりも、外鼻孔を擴張した方が抵抗減少が著しい、又外鼻孔の僅かの縮小も鼻抵抗の著しい増加を來たす事を知つた。

又種々の方法によつて呼吸困難を起し、此鼻翼運動を鼻翼筋活動電流を描寫した所、吸氣時に發現を認め、從つて呼吸困難の場合には吸氣時に鼻翼擴張の起こる事が判る。

iii) 鼻腔側壁部の氣壓分布

各種流量に於て正常及び病的鼻腔の前、上、中、下、後部の5個所の測定點に就て其部の壓力と外氣壓との差を測定した。其測定値より鼻腔の有効斷面積 $(S = \left(\frac{S \cdot v^2}{P_0 - P} \times 18.42 \right)^{1/2})$ を算出し、又正常鼻腔の有効斷面積を標準として病的鼻腔の場合の變動を以て鼻腔の縮小率 $\left(\frac{S_p}{S_n} \right)$ を計算した。そして之等有効斷面積及び縮小率が鼻腔の實斷面に比して病的な場合著しく小となつてゐる。尙此の壓力値より鼻腔通氣障礙の程度の力學的尺度 $(P' - P / P' - P_n)$ を計算し、鼻閉塞の感覺をウェーバーの式 $(I = c \log P, I - I_n = \log \frac{P' - P}{P' - P_n})$ に鼻内氣壓の數値を入れて察考を加えた結果、障礙の程度は如何なるものでも殆んど同じ様な閉塞の感じを起ることを知る。

iv) 鼻内氣壓に對する甲介の影響

ステルンスタイン氏法により模型鼻腔の甲介に種種形の變化を作り、それによつて生ずる壓の變動を測定し甲介の鼻腔抵抗に及ぼす意義を明かにした。氣流の通る場所を總鼻道上部、總鼻道下部と、下鼻道に3大別し、之等3部分を種々の廣さに開けて組合せを行い9つの型の鼻腔模型を作り壓の消長を測定した。

其1例として4型の模型に就て鼻腔の如何なる部分が最も能率よく空氣を通すかをみると0.5mm 總

鼻道上部が開いているものに總鼻道下部を更に0.5mm 宛擴げて行く場合、即ちA型と其反對に總鼻道下部を0.5mm 開けておいて上部を0.5mm 宛擴げて行く場合B型及び總鼻道上部が0.2mm、總鼻道下部が0.5mm 開いたものに下鼻道を0.5mm 宛擴げて行く場合C型と、總鼻道上部に0.2mm 下鼻道に0.5mm の空間を作つた上に、總鼻道下部を0.5mm 宛擴げて行くD型の4つの型の呼氣及び吸氣の示す壓力値を比較し、此値をベルヌイの定理及び連續の式を用いD型の切口の型1.5~2.0mm のものを標準として其各型の壓力を1本の續として表すとA型の方がB型より壓力比が小となるから總鼻道上部と總鼻道下部とを同じ幅だけ擴げて行く場合、下部の方が壓力勾配が小さく通氣度が良好である。又下鼻道の狭窄、即ちC型は總鼻道上部及び總鼻道下部に比して通氣が著しく悪いのであつて、通氣度の良い順序は總鼻道下部、總鼻道上部、下鼻道の順である。

尙は下甲介側壁を0.5mm 宛削つて總鼻道下部を擴げて行く場合の壓力値と、上中甲介部を0.5mm 宛削つて總鼻道上部を擴げて行く時の値を比較すると前者の方が著しく小さく通氣が良好である。此事實から下甲介の肥大は中甲介の肥大よりも著しく鼻内抵抗を高める事及び通氣を良好にする爲めには下甲介側壁實際には總鼻道下部を擴げるのがより有効である事が立證された。

此結果を基として生體に於て類似の検査を行つた。即ち健康成人、16~19歳の女子、各種の鼻疾患を有して鼻閉塞を訴えるもの、鼻腔に疾患があるが鼻閉塞を訴えない所謂潜伏性鼻閉塞及び萎縮性鼻炎患者に於て各流量に就て外氣壓に對する鼻内氣壓の壓力差の平均値及び其信頼限界度を計算した。其値を流量の自乗を横軸に、壓力差を縦軸にとつて直線にしてみると萎縮性鼻炎、健康者、鼻閉塞患者の順となる。

即ち人體及び模型實驗から得た成績より健康正常鼻腔とはどんな鼻腔を云うのであるかを推測してみると、兩者の壓力値を比較して模型のD型が最も人體の値に近く、從つて之れより正常の鼻腔とは總鼻道上、下部共に同じ幅に開通しているか、又は總鼻道下部が廣く、上部が狭く開いているものであつて、其通路は豫想外に狭い。若し總鼻道上部の幅が

0.2mm で下鼻道の幅が 0.5mm であると假定すれば、縦鼻道下部の幅は 1.87mm あれば充分と云う事になる。

v) 鼻内気壓に對する鼻中隔の影響

模型鼻腔に於て中隔と側壁との距離を 6mm とし、中隔面に厚さ 1mm のセルロイド板を重ねて間隔を狭くし、5mm, 4mm, 2mm 及び完全に閉じた 4 つの場合に於ける通氣抵抗を壓力計にて計測し、間隔 6mm の場合を標準として横軸に流量、縦軸に通氣抵抗をとりグラフを作ると、通過する空氣量を増加するに従い、又中隔と側壁の間隔が狹隘度を増すにつれ、通氣度は不良となるが、各部位についてみると同じ程度の鼻中隔彎曲でも中甲介前半、下甲介後半、中甲介後半、下甲介前半に相當する部分の順にそれに面する鼻中隔部分の彎曲が通氣度を不良ならしめる。更に中、下甲介部に對向する鼻中隔の彎曲を上下の 2 部に分つて計つた所、下甲介に面する中隔彎曲即ち下部の彎曲は中甲介部の彎曲即ち上に彎曲がある時よりも通氣度に及ぼす影響が大である。

又中鼻道、及び下鼻道に一致する鼻中隔部が彎曲した時は下鼻道部の彎曲が中耳道部の彎曲より障碍が大である。

甲介及び中隔兩者の相互關係をみるために下甲介と中隔の間隔を 0.5mm 宛側方に向つて削り乍ら、他方中隔側には同じ幅の隆起を設けつつ常に通路の幅を 0.5mm に保つ様にし、各々の場合に於ける通氣度を測定した。此結果通路が中隔面から遠ざかるに従つて通氣度が悪くなる。即ち同じ幅の通路を残していても甲介の腫脹による狹窄よりも中隔の彎曲による狹窄の方が通氣の上に及ぼす障碍が大である事を知つた。

vi) 鼻内気壓に對する口呼吸の影響

同一條件の下に人体の安靜呼吸時に於ける鼻呼吸と口呼吸の壓を同時に量的に測定した。鼻腔側の壓力計の目盛りを N、口腔側の値を M とし、N を M で除した商を求め、多數の正常鼻腔に就て集計すると平均 2.765 で何れも 1 より大である。即ち鼻腔と口腔を同一條件において空氣を流しても鼻腔の方に多量に流れ、従つて鼻呼吸が口呼吸よりも容易である事が判る。

更に鼻腔、口腔、咽頭を有する石膏模型に就て鼻腔に種々の病的變化を作り、其値の變動を測つたが病變の部位と其程度によつて指數の低下を來す。此鼻腔側の値の低下は病變のため鼻内抵抗が大となり、其抵抗が大きくなつた部分だけの空氣量が口腔で補われたものと解釋すべきである。

vii) 鼻内気壓に對する環境温度の影響

鼻粘膜の腫脹も收縮も來さない所謂鼻腔の至適温度域を一年を通じて測定し、夏季即ち外氣温 29°C 以上の時にはそれより 1°C 低い空氣を吸入しても鋭敏に反應して既に通氣度が不良となる。それが初秋、初夏の平均室温 15~23°C の頃では外氣温より 4° の低温に於て漸く通氣度が落ち、中秋の 12~14° の氣温では 5°, 冬期 8~9° では 6~7° の温度勾配が生じて初めて通氣障碍が現われる。此至適温度の範圍を鼻腔粘膜の恢温帶と名付けた。又此様に寒くなるに従つて下限界の幅が廣くなつて來るのは冷氣に對する鼻粘膜の順應性を示すものである。尙ほ此際同時に知り得た事は通氣度に對する濕度の影響は常識的に考える程大きい意義をもつていない。

viii) 鼻内気壓に對する藥物、其他の影響

家兎に於ては正常呼吸量は 1 分間 1 立、至適温度は 14~17°C である事を知り、此條件下に於て各種藥物を耳靜脈内に注射し 20 分間に亘つて通氣度の消長を觀察した。一般に通氣を良好とするものにアドレナリン、ピロカルピン、抗ヒスタミン、ピツイトリン等があり、通氣を不良にするものにアトロピン、アルコール、カンファー、ヒスタミン等がある。其他通氣度と頸部交感神經、迷走神經の刺激とも一定の關係がある。又体表面特に鼻背部の温度變化殊に此部を冷却すると通氣度一時悪くなるが、約 10 分後から漸次良好となつて來る。

viii) 鼻腔容積の測定

鼻腔通氣度の價の變化は鼻粘膜の腫脹又は收縮即ち之によつて生ずる鼻腔容積の變化によつて表わされる。鼻腔の容積を生体にて實測するため護膜球にて鼻咽腔を閉鎖した上、各種の刺激を與え容積の變化をキモグラフィオンに描寫した。容積を擴大する最も大なるものはアドレナリン、次でピロカルピンであり、縮小の大きいものはアトロピン、ワゴスチグミンである。

⑤ 鼻腔の加温能

i) 人体鼻腔の粘膜温度並に鼻内気温

最初短時間に温度の變動を正しく記録し得る鋭敏な計器を作製して測定した。正常鼻腔の粘膜温度は外気温の變化には殆んど影響されないが、鼻腔内の空気温度は外気の気温が比較的高温の時には却つて下降し、逆に低温の際には上昇し、共に鼻咽腔では大差なく常に略ぼ一定の温度になっている。病的状態の鼻腔粘膜として急性炎症の時の粘膜及び氣道の温度は正常の場合に比して平均 $1.01 \sim 1.37^\circ$ の上昇をみるが、慢性鼻疾患では殆んど差異を認めない。

コカイン、アドレナリンを塗布する時には、塗布直後粘膜温度は $0.5 \sim 2.5^\circ$ の下降を示すが、藥劑の附着せない周囲の部分は却つて上昇している。

ii) 加温機構に関する實驗

氣管カニューレを通じて呼吸する患者で鼻腔の正常なものを選び口腔を通じて鼻咽腔部に熱電對の1つの接點を置き、他方の接點は外氣中に放置し、一方定量、定温の空氣を鼻腔内に流して鼻咽腔部の空氣と外氣との温度差を階段的に測定した。

其測定値から鼻腔内に於て上昇した温度と流通空氣量との相關係が得られ夫れを一つの式によつて表わした。

$$t - t_0 = K \left(T - \frac{t + t_0}{2} \right) Q^n$$

そして實測數値を此實驗式によつて解釋する事から加温能即ち鼻腔に於ける温度上昇率は流量と共に減少し、又体温と外気温の差が大きい程温度の上昇率は増加する事、傳熱の係数は鼻腔内を流れる空氣量と共に著しく増大する事などが明かとなつた。

⑥ 鼻腔の加濕能

鼻腔内の濕度を電氣抵抗濕度計を作製して測定したが、放濕の程度が一定でない缺點のために同時に露點法による測定を併せて行つた。

鼻腔に於て加濕により如何程吸氣の水の重量が増加するか、即ち外氣と鼻咽腔の吸氣との絶對温度の差は $1m^3$ に就き $8 \sim 15 \text{ gr}$ の間にある。此事は鼻腔加濕能は無制限にあるのではなく自ら一定の限度がある事を示すものである。

即ち鼻腔は1吸氣に大體 $4 \sim 7.5 \text{ mgr}$ の水を與えるのであるが、更に此蒸發量が外氣の温度並に濕度

の變化により如何に影響されるかを見ると、外氣の乾燥状態と鼻腔蒸發の増加率との關係は次の式で表わされる。

$$y = kx^n$$

但し y: 鼻腔の絶對濕度の増加率

x: 外氣の關係濕度

k 及び n: 常數

此式に實驗結果の數値を入れる事により

$$y = 10x^{1.11} \text{ となる。}$$

又外氣の温度と鼻腔蒸發の増加率との間には幾分温度の高い時に蒸發量は増加する傾向にあるが密接な關係は認められない。

次に吸氣が鼻咽腔に達した場合どの程度の乾燥状態にあるか、即ち其關係濕度を見ると、四季を通じ其時の戸外の條件下に於て、鼻腔の加濕能は外氣の温度、濕度の如何に關係なく、空氣が鼻腔にて加濕されず其儘鼻咽腔に入つた時に比べて鼻腔の存在によつて常に凡そ 40% の關係濕度の増加を認める。

更に鼻腔加濕作用の機構に就て實驗的考察を加えた。

⑦ 鼻腔の塵埃除去作用

鼻腔に於ける塵埃の除去は塵粒子の周壁附着によつて齎されるのであるが、其機構に就てはブラウン運動、惰性力、沈下作用、邊緣効果を考えることが出来る。塵埃が鼻腔粘膜に附着する場合、之等の作用は勿論綜合的に働くのであるが、各部位によつて夫々4つの作用に強弱の差があり、従つて各々の場所に除塵機構の特異性がある。

勞研式塵埃計並に化學的定量法によつて人體及び模型鼻腔に就て除塵量を測定し、同時に各部位の分布及び粒子の大きさを觀察した。

正常鼻腔では其除塵能は $52 \sim 38.8\%$ を示し可成りの空氣淨化作用を有する事が判る。各部位附着塵埃粒子の分布は鼻腔上部より漸次鼻底に向うに従い大なる直徑の粒子が増加する。塵埃附着の状態は鼻腔内一様に附着しているのではなく、場所により相當濃淡の差異がある。又此實驗に用いた酸化アルミニウム粉末より更に比重の小さい炭酸カルシウム粉末で同様の試験を行うと防塵能は $40.2 \sim 33.9\%$ に稍や低下する。

中甲介を切除した時は除塵率は $24.5 \sim 17\%$ 、下甲

介を除去すると21.4%~12.5%となり何れも著しい低下を示している。

鼻腔への空気流入角度によつては正常鼻腔の135°に對し、之を90°に變えると除塵率は58.3~57.7%となり、180°につける時には40.2~38.7%に落ちる。又流量を毎分9立から6.5立又は12立と變化すると緩徐速度の時は48.6~31.2%に低下し、急速流量では63.7~55.6%は上昇する。

鼻腔内壁にグリセリン、パラフィンを塗布した場合、粘度が高い程微小粒子の附着が著しく、塵埃粒子の附着が平均して来る。

生體正常鼻腔の除塵能を測定した結果も大體上述の成績と一致する。

⑧ 鼻粘膜の線毛運動

鼻腔の除塵作用と密接な關連をもつものに粘膜の線毛運動がある。

線毛の運動状態を人體、家兎、蛙の鼻粘膜に就き觀察した。

線毛運動の様式は切除切片を生理的食鹽水を滴下しつゝ恒温裝置内でストロボスコープの圓盤で光線を切り乍ら顯微鏡下に調べた。

單一線毛の運動は有効打と恢復打に分けられる。運動範圍は長さを半徑とした圓周 $\frac{1}{6}$ ~ $\frac{1}{3}$ に及ぶ。又線毛運動各個間の遲時性によつて線毛の波動運動が起こる。振動數は蛙は1秒間12~16回、兎は10~12回、人間では8~12回である。

粘膜の除塵能は線毛其ものゝ運動にあるとみるよりは線毛の運動によつて其上に乗る粘液のプランケットの流動によつて運ばれるものと解される。粘液の流動状態は白粉、カルミン、墨汁粒子を指示物として追跡した。流動速度は人間では大約1分間10mmであつて、流動徑路は蛙の粘膜では外側に對して輕度の圓弧を描き食道孔に向つて流れる。人間の鼻腔では何れも咽頭の方に移動する。そして其路は必ずしも最短距離、即ち直線コースをとらない。次に線毛運動に對する物理的化學的影響をみると、乾燥に對しては鋭敏に反應し、粘膜が乾燥すると同時に運動は停止する。温度の關係は至適温度は蛙では13°前後、家兎、人間では18~33°で、それより高温又は低温となると運動が不活潑となり或は停止

する。水素イオン濃度はpH7.8に於て最も運動は活潑であり、アルカリ性より、酸性により強い障礙を受ける。灌漑食鹽水の濃度は人間、家兎では0.6~0.9%、蛙では0.6~1.0%が至適濃度である。

⑨ 鼻粘膜の吸収及び排除機能

藥物にはスルファミン、色素にはウラニン、アマランス、メチレンブラウ及びコンゴロート、抗生物質としてペニシリン、異物として墨汁、リチオンカルミン顆粒及び細菌に就て檢索した。

(a) スルファミン誘導體の吸収、排除：比色定量法により人體及び家兎の鼻粘膜から頸靜脈中への吸收移行量及び動脈、靜脈並に筋肉注射後、鼻汁への排泄量を時間的に測定した。

排泄實驗では靜脈注射後5分で鼻汁内に出現し始め、15分で最高濃度となり、3時間前後迄排泄が續き、それ以後は證明されなくなる。6種のスルファミン劑に就て排泄を調べた結果からは藥劑の種類によつては排泄の速度に大なる差異を見ない。又何れも血中濃度に比例して排泄量も多くなる。動脈注射では血中濃度が靜脈注射よりも最後迄大であつて、靜脈注射はそれより約20%減の濃度を續けるが鼻汁中の濃度には大差を認めない。筋肉注射の時は鼻汁中の排泄は其量が微量であり、最高濃度に達する時間が他の注射方法によるものよりも遅れて90分前後になつてゐる。

吸收能は頸靜脈血中濃度は増加し1時間で最高値を示し、2時間後には稍々減少するが、可成り長時間略は同様の濃度が保たれる。

(b) 色素の吸収、排除：プルフリヒ比色計により定量した。吸収には10%ウラニン溶液0.5ccを鼻腔内に注入した時2~3分にして頸靜脈血中に出現し始め、1時間で最高となり、以後徐々に減少の傾向をとるが、3時間前後に於ても尙お相當量證明する。各時間に於ける濃度の上下限信頼限界は95%の確率で一定の曲線を畫き、血中濃度が最高となる時間的關係は60~110分の間にある。

人工的に鼻炎を惹起せしめると色素の鼻粘膜透過性は著明に増加して色素注入後5分には正常時の3倍量が頸靜脈血中に證明される。又最高濃度に達する時間が正常の時の60分から30分に短縮され、其時の濃度は正常時の2倍餘になる。諸種藥物の影響

では吸収を促進するものにアセチルヒョリン、ピロカルピン、抑制するものにはアドレナリン、抗ヒスタミン剤、アトロピン等がある。

赤色素アマランスを用いて行つた時も前者と略ぼ同様の成績を得た。

此色素を用いて溶液の pH と色素吸収率をみた結果 pH を 7.3, 9.6, 4.9 の 3 種に變化してみても其吸収には餘り變りがない事が判つた。

濃度と吸収量との間には一定の關係が見られる。

(c) ペニシリンの吸収、排除：排除能は 5 萬單位の水溶性ペニシリンを静脈内に注射して上顎洞、鼻腔側壁粘膜のエムルジョンを用い、メチレンブラウ重層法にて力價の測定を行い、又鼻汁中のペニシリン量を人絹バルブ測定法で計り、鼻汁の排泄状態を見た。其結果は注射後血中濃度は瞬時的に上昇し、5 分で最高となるが、鼻粘膜濃度はこれより遅れ、注射後 10 分頃より 0.3 單位前後出現し始め、20 乃至 30 分に於て最高量となり、1 瓦中 3 單位を示し、以後は血中濃度と平行し、120 分後に於ける濃度は約 0.03 單位となる。

副鼻窦粘膜の成績は出現期は鼻粘膜の時と大體同じであるが、最高濃度となる時間が鼻粘膜より更に少しく後にづれ、30~40 分の濃度は 3 單位を示し、以後鼻粘膜濃度と同様に消長下降する。鼻汁中濃度は極めて低濃度に認めるにすぎず、大部分は痕跡的濃度即ち 0.01 單位程又はそれ以下の事が多く、最高濃度に達する點は最も遅く 60 分前後である。

ペニシリンの吸収能は一側鼻腔にペニシリン 2 萬單位溶液を 1cc 注入して一定時間々隔で兩側頸静脈血清に就て濃度の測定を行つた。

ペニシリン注入後 10 分で少量證明出来るようになり、以後増加して 60 分で最高となり 1cc 中に 0.5 單位を認める。

(d) 墨汁及びカルミン粒子の吸収、排除：鼻粘膜の吸収排除能の異物に對する點を組織學的に検索した。鼻腔内に墨汁又はカルミンを注入して時間的経過を追つて上皮層、固有層、骨層の粒子の分布を見た。其結果を總括すると、注入された異物は上皮層外に遊走した大喰細胞によつて喰盡されて上皮及び血管壁の細胞間隙を通過し、結合組織内の淋巴の流れによつて淋巴管及び血流中に吸収される。此吸

收機序の経過中、之と全く逆で同一の系路を辿り、他方粘液腺を経て粘液に乗つて排泄される異物の排除作用が明かに認められ、鼻粘膜の吸収機能と云うのも結局は異物を吸収して之を血行又は淋巴に送る排除の作用であり、又吸収の途中に於ても絶えず外部に向つて排除しようとする像が見られるのであつて、之等を異物に對する鼻腔の防禦機能と見る事が出来る。排泄機能は墨汁、カルミンを總頸動脈内に注射し、鼻腔粘膜に排除される状況を觀察したが、動脈内に注入された粒子は其分布配下の鼻粘膜にも流れるが、粘膜組織外に出る事なしに再び全身血流中に還る。然し異物注射による全身のショック様變調のため麻痺擴張した毛細管内被細胞間隙を通つて一部固有層の結合組織内に現われる。之等の粒子は吸収の場合と同様な徑路をとつて吸収排泄される。

(e) 細菌に對する防禦的作用：上顎洞、鼻腔側壁、下中甲介粘膜の細菌分布の状態を組織學的に検索した。細菌は何れの場合にも粘膜全層に認められる。然し各層に於て多寡があり上皮層には殆んど常に存在し、限界層では少數となり、固有層には又多數に現われ、殊に粘液腺周圍組織に多數認め、其間の結合組織中にも相當量見られる。此所見は墨汁等注入の時の成績とよく一致する。即ち鼻粘膜は細菌に對しても他の異物、色素等と同じく一定の排除、防禦の機能をもっている事が理解出来る。

⑩ 鼻粘膜の界面電位

除塵作用を始め、線毛運動、吸収機能、鼻汁の物理化學的性状等を規定する重要な因子の一つとして鼻粘膜表面に於ける電氣的現象がある。

此電氣現象の最も基礎的な静電氣、即ち粘膜表面と空氣相との間に於ける界電位を測定した。成熟家兎鼻粘膜の電位差は +0.263V である。更に鼻汁の影響を可及的に除き、細胞膜表面を露出せしめて測定すると +0.274V となる。此兩者の差 +0.011V は鼻汁層分子に基すく接觸電位差によるものと考えられる。次に粘膜表面に鼻内塗布藥劑を塗布するとボスミン、プロタルゴール、コカインなどの比較的高分子の藥液は其界面電位を増加せしめ、ペルカミンは減少せしめ、硝酸銀水、食鹽水等は負化せしめる。又其影響は濃度に比例する。此事より藥劑塗布の作用は物理化學的には鼻粘膜表面と空氣層間

に一定の電気層を形成するために發現される事が明かとなり、更に藥劑の鼻粘膜から吸収、擴散される機構も解釋出来るものと考える。

鼻腔の構音機能

鼻腔は口腔、咽頭などと共に音聲に對しては共鳴器としての作用をもっている。從來の研究が發聲音に就て實驗されたものであるのに對し、吾々は純音を鼻腔に通す事によつて其周波數特性を測定し、鼻腔が聲帶より出た振動に對して如何なる影響を及ぼすかを調べた。

鼻腔口腔一連の空洞は電気音響學的見地よりみると一つの等價回路で表わす事が出来る。又實驗的にも聲帶振動波形と鼻音波形を同時にオシログラフに撮影すると一定の波形が得られ、其結果から聲帶から發した弛張振動は鼻腔の周波數特性によつて一定の影響を受けて外に出る事が判つた。

そこで鼻腔の周波數特性を測定すると開口時には50~130振動で下降し、700~1500で上昇する。閉口時には同様50~800の間で下降し、1500~2300で上昇を認める。前鼻部に閉塞がある時には50~100で下降、900~1300で上昇が見られ、中間部閉塞の場合には600~800で下降、800~1400で上昇、後鼻腔閉鎖では900~1300で一度上昇し、2400~5000で

再び上昇するのが見られる。

次に鋸齒狀波によつて鼻腔の共鳴を調べた。前實驗は正絃波を用いたのであるが、鋸齒狀波は無數の高周波を含有しているので其性質を用いて周波數特性の測定に使う事が出来る。即ち鋸齒狀波をスピーカーから直接マイクロフォンに受けた時のブラウン管上の波形と一度鼻腔を通した後之をマイクロフォンに受けた時のブラウン管上の波形とを夫々波形分析する事により鼻腔の周波數特性が求められる。其結果も前の場合と略ぼ同一の成績が得られた。此様に鼻腔は音波に對して一定の特性を有しており、低音に對しては然程著明な反應は見られないが、高音に對しては明かに共鳴器としての特性をもっている事が判る。又鼻腔の各所に病變のある時、特に後鼻腔部に狹窄其他の通氣障礙がある時には周波數特性に鋭敏な影響を及ぼすのであつて、此曲線の變化を更に詳しく検討する事によつて閉鼻聲、開鼻聲の音響學的解明も可能である。

以上は之れ迄に得た結果の概要であつて、各機能の大體が或程度明かになつたとは云え、之等を一つの體系に纏め上げる最終の目的には未だ遠いのであつて、今後研究を續行する事によつて其完成を期したいと思う。

PROF. S. TAKAHARA, M.D.: THE DISEASES OF THE EUSTACHIAN TUBE, WITH SPECIAL EMPHASIS ON THE ETIOLOGY AND TREATMENT

耳管疾患の成因と治療

担当報告者 岡山大学教授 高原 滋 夫

耳管の生理的機能としては、第一に、中耳腔の氣壓調節を司っている事、第二は、耳管の線毛運動により異物(粘液を含む)を排除している事、第三に、自動車のガソリン排氣孔の如く大なる音響を逃避せしめる働きを有する事の三つを擧げる事が出来る。其中最も吾々の高く評價しなければならないものは、第一の氣壓調節作用であつて、現在では、正常な耳管は静止時には前後の粘膜面が互いに接合し

閉鎖の状態にあり、嚥下、缺伸、噴嚏、啼泣、大聲の時などに耳管筋の收縮を來し、一過性に開通を來すとされている。此際耳管が開通する事も大切であるが、一方平素之が閉鎖している事も極めて必要な働きであつて、耳管が障礙された場合、耳管が閉鎖不能を來す事もあるし、又嚥下、缺伸等に際し開通しなくなる事もある。前者を開放症、後者を狹窄症乃至閉塞症と云い種々特徴ある不快症状を現わす。