M. INOUE, M.D.: THE THEORETICAL STUDIES OF WHIRLS
IN THE NORMAL NASAL AIR-CURRENT

正常鼻内氣流の渦發生の理論的考察

京都府立医科大学耳鼻咽喉科学教室 (主任 中村教授)

井 上 正 二
キノ ウエ マサ ジ

第1章 緒 言

正常鼻腔通氣の頭損失及び正常鼻腔通氣抵抗の發生機構についての2つの研究により得られた知見を基にし、鼻内氣流に關する種々の問題に對し從來の見解を參考として考察を試み、殊に鼻内氣流の渦發生に對し理論的根據を求めた。

第2章 考 察

鼻内氣流の渦發生の問題を解く基礎となるのは鼻腔通氣抵抗であるが、鼻腔の流通空氣に對する所謂抵抗の物理學的定義としては Kayser が初めて

$$W = \text{const} \frac{pt}{v}$$

但し p は壓差、 v は通氣量、 t は時間、 W を鼻抵抗とした。そして $\frac{1}{W}$ を通氣度として D で表わした。之はその後 Zarniko, Undritz, Scheideler その他多くの研究者が鼻腔通氣研究の基礎とした式である。この式に従つて p 、 t 、 v の中の何れか2つを一定とし、残りの1つを測定することにより、それは W に比例的關係にあるとして鼻抵抗或は通氣度を論じた。この中 p 即ち壓力を測定することにより所謂鼻抵抗を求める方法が從來屢々行われた。Mink, Dishoeck, Uddströmer 等鼻抵抗について新しい見解を發表した研究は總べて壓の測定によりなされた。しかし之等の測定壓は各測定者により著しい差がある。例えばその一例として Scheideler は鼻咽腔壓を 0.9mm 水柱としたのに反し、Worms は一側鼻腔による呼吸では 20mm 水柱、兩側鼻腔による呼吸では 15mm 水柱を正常の上限とし、Uddströmer は正常と病的の限界を 15 乃至 20mm 水柱とした。これに對し Uddströmer, Sercer はその測定時の流量を考慮すべきことを指摘している。又この場合測定壓がどの點の壓を測っているか、更に如何なる壓を測っているかの點が區々であつ

て、各實驗者により、又實驗の度に異なっている場合が多い。聊々鼻抵抗を取扱う場合正しく靜壓又は總壓が測定されるべきで、然も鼻腔の特定點に於て測られねばならぬ。又 Kayser 式は比例式であるから、この式に基づいて鼻抵抗を論ずる時は壓が上述の條件を満たした嚴密さを以て測られるとしても、そればやはり比較的の意味しか得られない。以上の見地より鼻腔通氣抵抗の問題を解決するには從來の如く Kayser 式に據ることを避け、Bernoulli 式により理論を進める必要がある。殊に渦の發生の問題を考える場合にはその事が重要である。

鼻内氣流が層流であるか亂流であるかという問題は鼻内氣流の渦を取扱う場合先ず取上げねばならない。鼻腔の臨界 Reynolds 數として Eck は 2000 を記載しているが、Uddströmer はかゝる大なる値は一般には適用出来ないとしている。Tonndorf は Schiller のあたえた最低 1160 なる値を主張している。教室の植田は正常鼻腔に於て 1120 なりとしている。Rohrer, Tonndorf, 植田は正常鼻腔で普通呼吸の時は層流であるとしている。私が此處で取扱う渦とは層流狀態に於て局部的に發生する渦の事であつて、鼻腔通氣量の増大時に起る亂流狀態に發生する渦ではない。亂流にみる渦は不規則なものであり、層流狀態に於ける局部的渦の如く特異性をもつたものではない。これに反し層流狀態に於てみる渦は鼻腔通氣抵抗と密接な關係があり、又除塵機能等の鼻腔の種々の機能に重要な劇役を演ずるものとして重視されて來たものである。

次に渦の問題に入る前に明かにして置かねばならない事は鼻内氣流の方向である。鼻内氣流の主流の方向を初めて明かにしたのは Paulsen である。彼によれば吸息では先ず鼻梁に沿ひ垂直に中甲介前端に向ひ、そこで曲つて中甲介と中隔の間を通り下甲介の後端に向ふ、そして呼息も同様の通路をとると

した。それ以後 Franke, Danziger, Rethi, Burchardt, Mink, Parker, Takahashi, Hofbauer, Hellmann, Dishoeck 等により研究され、この通路が多少の訂正を必要とするもほど確認された。そして Mink, Parker, Takahashi, Hofbauer は呼吸では鼻底に沿い下甲介の下の方と中隔の間を通るとしている。更に Burchardt, Businger, Tonnendorf は Paulsen の述べたよりも最初の鼻梁に沿う上昇は軽度で比較的下方で曲り、後は中甲介の下縁の方に向うとしている。更に教室植田及びその後の教室の鼻内氣流の流路に関する研究によつてその詳細が明かになった。

さて上述の如き主流の傍らに鼻腔内の特定場所に於て渦を発生することは一般に認められているが、

その發生機轉に關しては未だ確たる理論的根據は確立されていない。

先ず正常鼻内氣流に於て局部的に渦の發生する可能性を考える。正常鼻内氣流は普通の呼吸では層流であることは上述した。もし鼻腔通氣量が增大して鼻内氣流が亂流に移行すれば、流れは總べて渦となり、以下の如き考察は適用出来ないし亦不要である。従つて以下の考察は鼻内氣流が層流の場合についてである。正常鼻腔通氣に於ては一定の頭損失が後鼻孔に於ける壓としてあらわれるが、頭損失とは Bernoulli のエネルギー式に於けるエネルギーの損失のことであり、その失われるエネルギーは流体の粘性に起因する摩擦損失以外は總べて主流の傍らに小なる渦を發生することによる。従つて鼻腔通氣に

第 1 圖

於て頭損失がある限り鼻腔の何處かに局部的渦が発生していると考えられるのである。この様に局部的渦發生の根據は Bernoulli 式に於ける頭損失に求めねばならない。そしてこの頭損失によつて渦の發生場所及び發生機轉を理論的に推定し或は理解し得る。なんとすれば頭損失の起る部を知れば、それは渦の發生場所であり、且つ發生機轉も明かとなり、又渦發生量は頭損失量に一致する。

そこで鼻腔通氣抵抗の發生機轉についての研究に於て論じた頭損失機轉を簡單な模型に置換えて鼻腔の渦發生機轉、發生場所及び發生量を考察する。

(a) 吸息に於ける外鼻孔より中甲介前端部までの變化は流管の横斷面が急擴張せる場合であつて、圖の如く狭小部より擴張部への移行部に隅に渦が発生する(第1圖(a)参照)。鼻前庭及び中甲介の前では鼻腔は上方及び側方に横斷面の擴張が著しいから圖の如く渦は主として上方及び側方に發生する。中甲介の前方で鼻腔が上方及び側方に横斷面が擴張しているのは下甲介前端部が中甲介より前方に位置していることによる。

(b) 呼息に於て中甲介前端部より外鼻孔への部分及び吸息に於ける外界より外鼻孔への流入時は丁度流管の横斷面が急に縮小せる場合であつて、第1圖(b)の如く狭小管に流入すると著しく收縮し然る後やゝ擴張し、その部で管壁に沿ひ渦を生じる。鼻腔に於ては呼息では縮流部のみで渦は外界に出てから發生する。又吸息では(a)による渦と一緒に、實際はこれによる渦は現われない。

(c) 吸息及び呼息共に後鼻孔と鼻甲介部の移行部は流管の横斷面の形の急變する場合に相當し、機轉的には(a)及び(b)の複合せるものと考えられ、やはり變化部近くの下流に渦を生ずる(第1圖(c)参照)。従つて呼息に於てのみ問題になるのであつて、後鼻孔近くに上下及び側方に渦を生ずる。

(d) 鼻腔全体の彎曲は流管の彎曲せる場合に相當し、第1圖(d)の如く彎曲の内側の彎曲點より下流寄りに渦を生ずる。鼻腔では吸息、呼息共に下甲介のあたりに渦を生ずる。

以上が鼻腔に於ける渦發生機轉であるが、頭損失量から考えると吸息の場合は

(a) 及び (b) 0.74mm 水柱

(c) 0.03mm 水柱

(d) 0.14mm 水柱

故に(c)は無視し得る。従つて渦を圖示すれば第2圖の如くなる。(a)及び(b)の然も上方及び側方の渦が最大である。呼息の場合は

(b) 0.40mm 水柱

(c) 0.17mm 水柱

(d) 0.07mm 水柱

第 2 圖

(b)による渦は外界に出てから生ずるから除外する。従つて(c)による渦を考えるべきで、(d)は無視して差支えない。これを圖示すれば第3圖の如くである。鼻咽頭腔については今迄全く觸れていないが、この部は解剖學的構造より急彎曲及び横斷面の急變する部であつて、大なる渦を發生するものと想像されるのであつて、この渦に引續いて(c)によ

第 3 圖

る渦が主流の上、下、側方に生ずる。吸息及び呼息を通じて最大の渦は吸息に於ける(a)及び(b)による中甲介前端部に生ずるものであつて、そのことは頭損失量から確認しうるものである。この渦が正常鼻内氣流に於て最大であるため早くから發見された。しかしこの渦は氣流が鼻腔上壁及び中甲介に突當つて生ずるのであるという考は正しくない。流体が障壁に突當つて渦を生ずる時にはその障壁の前面に生ずるものでなく、その下流に渦を生ずる。従つ

て氣流が中甲介等に突當つて渦を生ずるとすれば中甲介の前面に生ずることはない。むしろ中甲介の後端あたりに生ずべきものである。

第3章 結 論

鼻腔の流管としての流体力學的要素に基づいて、鼻内氣流の層流状態に於て局部的の渦の發生することを理論づけた。そしてその渦としては吸息では中甲介前端部に、呼息では後鼻孔より鼻甲介の後端に最大のものが發生することを頭損失を主体とする鼻内抵抗の方向より考證し、實驗的に之等の部位に發生する渦の成立機轉に理論的根據を與えた。

主要文献

- 1) *Burchardt*: Arch. f. Laryng. 17, 123 (1905).
- 2) *Dishoeck*: Acta Oto-laryng. 24, 494 (1936).
- 3) *Dishoeck*: Acta Oto-laryng. 25, 285 (1937).
- 4) *Dishoeck*: Acta Oto-laryng. 26, 53 (1938).
- 5) 藤本: 應用流体力学. 6) *Hofbauer*: Bethe's Handb. d. norm. u. pathol. Physiol. 18, 14 (1932).
- 7) *Kayser*: Arch. f. Laryng. 3, 101 (1895).
- 8) 森本: 耳鼻臨床, 43, 5, 191 (1950).
- 9) *Mink*: Physiol. d. Oberen Luf-

- tweg Leipzig (1920).
- 10) *Mink*: Pflüger's Arch. 120, 210 (1907).
- 11) *Peruitchsky*: Arch. Ohr-usw. HK. 117, 1 (1927).
- 12) *Scheideler*: Z. Hals-usw. HK. 44, 228 (1938).
- 13) *Sternberg*: Z. Hals-usw. HK. 19, 104 (1927).
- 14) *Sternstein*: Arch. Otolaryng. 25, 285 (1937).
- 15) 竹中: 京府医大誌, 45, 367 (昭24).
- 16) *Tomndorf*: Arch. Ohr-usw. HK. 146, 41 (1939).
- 17) 植田: 京府医大誌, 45, 283 (昭24).
- 18) *Uddstömer*: Acta Oto-laryng. 28, 365 (1940).
- 19) *Uddströmer*: Nasal Respiration (1940).
- 20) *Undritz*: Acta Oto-laryng. 14, 530 (1930).
- 21) 植松: 水力学.
- 22) 内田: 流体輸送.
- 23) *Wotzila*: Virchows Arch. 238, 105 (1922).

摺筆に臨み、御懇篤な御指導と御校閲を賜わりたる恩師中村教授に満腔の謝意を捧げ、併せて御校閲並に御教示を忝うせる京都学藝大学教授竹上理学博士に深謝す。

(原稿到着＝昭和27.7.12日)

T. GOTO, M.D. AND Y. KOBAYASHI, M.D.: THE DEVELOPMENT OF ESOPHAGEAL SPEECH

食 道 聲 の 成 立 過 程 に 就 て

長崎医科大学耳鼻咽喉科学教室

後 藤 敏 郎 小 林 泰
コ トウ トシ ロウ コ バヤシ ヤスシ

緒 言

喉頭全摘後の患者の食道聲については、既に1908年 Gutzmann の報告によりその臨床的價値は確認されたが、その修練の困難なるため廣く普及をみるに至らなかつた。最近に至つて Kallen¹⁾, McCall²⁾, Froeschels³⁾, 浅井⁴⁾, 林⁵⁾, 颯田及び齋藤⁶⁾等の報告を見るに及んで本邦に於ても食道聲への關心はたかまり、現在では喉頭全摘後の音聲治療には先ず食道聲の練習を試み、その不成功の場合にのみ人工

喉頭の使用を試みるのが妥當とせられるに至つた。食道聲の修得を極めて困難にしている最も大きな原因は發聲機轉が未だ充分に明かでないからである。食道聲の成立に必要な假聲門が主として食道入口部にて形成せられ、食道腔が氣囊の機能を営むことは既に知られていることであるが、食道の氣囊形成の過程に就ては尙不明な點が残されている。Gutzmann⁷⁾ 以來食道内空氣の侵入は専ら吞氣によると考えられてきたが、Seeman, Froeschels⁸⁾等は