最近の鼻腔通気度表現法の比較について

内藤 健晴・岩田 重信・妹尾 淑郎・戸田 均
近藤 正道・大岡英太郎・近藤 由香・竹内 昌宏

A Comparison of Current Expressions of Nasal Patency

Kensei Naito, Shigenobu Iwata, Yoshio Senoo, Hitoshi Toda,
Masamichi Kondoh, Eitaro Ohoka, Yuka Kondoh
and Masahiro Takeuchi

(Fujita Health University School of Medicine)

Rhinomanometry is well established as a useful clinical method for objective assessment of nasal patency. However, several expressions of nasal patency have been reported and complete standardization has never been accomplished.

In this report, nasal resistances calculated from the equation $R = \Delta P / \dot{V}$ at ΔP 100 Pa and at peak flow point, time averaged nasal resistance and integrated nasal patency were measured by a Rhinorheograph MPR-1100 and processed by a computer program, NI-101, in 350 adult patients. The values from the equation $R = \Delta P / \dot{V}$ at ΔP 100 Pa were slightly lower than those from the same equation at peak flow point or those from the time averaging method. The correlation line between the values of nasal resistance at peak flow point and the time averaged nasal resistance values was very close to the line of identity. No significant correlations were demonstrated between the values from the integrated nasal patency and the values from the other three expressions. We discussed the differences of the results from these expressions in this paper.

Key words: nasal resistance, rhinomanometry, nasal patency

緒 言

鼻腔通気度検査法は鼻呼吸動態の客観的評価法として有用な方法であり、近年科学技術の進歩により飛躍的な発展を遂げてきた。しかしその一方で、本検査法は本邦でも欧米でも、その測定方法や表現法の統一が完遂されておらず、内外でその標準化が現在も計られている^{1)~4)}。

今回我々は、それら解決すべき問題の一つである、鼻腔通気の表現法について検討すべく、鼻腔抵抗の評価法として、最近、日本鼻腔通気

度標準化委員会で推奨されている ΔP 100 Pa の抵抗値³⁾と、圧流速関係曲線上、ある決められたポイントを通過する必要がある評価法である peak flow point (以後 PF と略す) の抵抗値⁵⁾、平均値法 (time averaging method)⁶⁾⁷⁾、積分値法 (integrated nasal patency)⁸⁾ による成績との関係について比較し、若干の知見を得たので報告する。

対象および方法

何らかの鼻症状を訴え、最近当科を受診した

成人患者350例, 700側の片側鼻腔抵抗をActive Anterior 法ノズル使用(日本光電社製鼻腔通気度計 MPR-1100)にて測定し, 我々が開発した, 鼻腔通気度解析プログラム NI-101を用いて, ΔP 100 Pa と PF の抵抗値(単位 $\text{Pa}/\text{cm}^3/\text{sec}$), 平均値法(単位 $\text{Pa}/\text{cm}^3/\text{sec}$), 積分値法の成績を算出させた. 平均値法における成績は, 鼻呼吸中 30 Hz の間隔で得られた抵抗値を平均して計算させた. 積分値法は図1に示すように, 座標上の圧流速関係曲線の下面積を数量的に表現する方法で,

Röhrer の2次式

$$P = K_1 \dot{V} + K_2 \dot{V}^2$$

から, 以下の積分式を作成し算出させた.

$$\text{INP} = \int_0^P (-K_1 + \sqrt{K_1^2 + 4K_2P}) / 2K_2 dP$$

(INP : integrated nasal patency)

これらの成績を互に対比し, 相関式と相関係数を求めた. なお, 成績は危険率5%以下の場合を統計学に有意とした.

成績

吸気呼吸合わせて1400測定値の成績を比較検討した. なお ΔP 100 Pa の抵抗値は180側, 吸気呼吸合わせて360測定値で圧流速関係曲線が ΔP 100 Pa に到達しておらず, 計測不能であった.

積分値法 $R = \int_0^P (-K_1 + \sqrt{K_1^2 + 4K_2P}) / 2K_2 dP$

図1

まず, 現在よく用いられている ΔP 100 Pa と PF の抵抗値について比較してみると図2のごとく, 関係式は

$$Y = 1.58X - 0.08 \quad [Y : \text{PF}, X : \Delta P \text{ 100 Pa}]$$

$$(r = 0.93)$$

となり, 従来の報告⁷⁾⁹⁾のように PF が ΔP 100 Pa より高値を示す関係であった.

ΔP 100 Pa と欧米の一部で最近用いられている平均値法⁶⁾⁷⁾の成績を比較してみると, 図3のごとく, 関係式は

$$Y = 1.32X - 0.06 \quad [Y : \text{Averaged}, X : \Delta P \text{ 100 Pa}]$$

$$(r = 0.93)$$

となり, 平均値法は ΔP 100 Pa より若干高くなる関係を示したが, PF 程ではなかった.

$$\text{PF と平均値法では, 図4のごとく,}$$

$$Y = 0.80X + 0.03 \quad [Y : \text{Averaged}, X : \text{PF}]$$

$$(r = 0.95)$$

となり, PF の方が平均値法よりやや高くなる関係式を示したが, この両者が最も近似した成績となった. なお, 以上の関係式は何れも統計学的に有意であった.

図2

図3

次に, 上記 3 者と, 最も新しく報告された積分値法⁸⁾の成績とを比較してみると, ΔP 100 Pa とは, 図 5 のごとく,

$$Y = -0.0094X + 0.05 \quad [Y : \text{Integrated}, \\ X : \Delta P 100 \text{ Pa}] \quad (r = -0.26)$$

図 4

図 5

図 6

図 7

PF とは, 図 6 のごとく,

$$Y = -0.0002X + 0.03 \quad [Y : \text{Integrated}, \\ X : \text{PF}] \quad (r = -0.01)$$

平均値法とは, 図 7 のごとく,

$$Y = -0.0002X + 0.03 \quad [Y : \text{Integrated}, \\ X : \text{Averaged}] \quad (r = -0.01)$$

となり, 何れとも統計学的に有意な相関関係を示さなかった。

考 察

近年, 鼻腔通気度検査は, 安静鼻呼吸時の鼻呼吸流速 ($\dot{V}$) と鼻腔前後圧差 (ΔP) を同時測定し, その比から下記の計算式に従い抵抗値 ($\Delta P / \dot{V}$) を求め, 表現する方法が一般的となってきた。

$$\text{抵抗 (R)} = \text{圧差 } (\Delta P) / \text{流速 } (\dot{V})$$

しかし, この流体の法則に基礎付けられた計算式は, Reynolds 数の小さな層流状態を示す関係式であり, 多くの研究者が報告しているように, 安静鼻呼吸であっても, 実際はそのほとんどが Reynolds 数の大きな乱流状態であることが判っている^{9)~11)}. この結果, 圧差の上昇に見合うだけの流速が得られず, 圧流速関係線は曲線となり, 必然的にどの時点での抵抗値を採用するのかという問題が生じてくることになる. そのため, それぞれの研究者が様々な評価点を採用するようになり, 成績の相互比較に障害を来すようになってきた。

この問題を解決するために, 近年, 国際鼻腔通気度標準化委員会では圧流速関係曲線上 ΔP 150 Pa の抵抗値を採用するよう推奨している²⁾. しかし, このポイントは我々日本人ばかりか, いくらかの正常欧米成人にとっても, 少し高いことが指摘されている¹²⁾. Ohki ら¹³⁾ は日本人には ΔP 100 Pa が最も適していると報告し, 日本鼻腔通気度標準化委員会でもこのポイントの抵抗値を採用するよう推奨している³⁾. しかし実際は, 今回の我々の成績のように, 片側鼻腔抵抗でも 700 側中 180 側 (26%) の症例で, その圧流速関係曲線が ΔP 100 Pa に到達せず, 日本人にとっても, まだいくらか高いポイントであ

ることが判明した。もっとも、Naito ら⁷⁾の報告では、欧米人であっても24%の成人でこのポイントに達していないとされている。

何れにしても、圧流速関係曲線が座標上の、ある決められたポイントを通過しなければならないということは、自然鼻呼吸に対して、いくらかの負荷的な呼吸を被検者に強いることになる。そこで、圧流速関係曲線座標上それらの決められた通過ポイントを必要としない評価法として、従来から PF での抵抗値の有用性が述べられてきた⁵⁾。しかし、PF は同一被検者でも呼吸毎に変動しており、その不安定性が指摘されている。当教室では測定時に、落ち着いた鼻呼吸で、常時 PF を安定させるよう被検者に協力を求め、この指摘から免がれるよう努力している。

最近では、30 Hz や 50 Hz で鼻呼吸中の抵抗値を経時的に平均する平均値法が欧米の一部で採用されてきている⁶⁾⁷⁾。この方法から得られた成績を圧流速関係式として表わすと、

$$R=0.83\Delta P/\bar{V}^{1.33}$$

となり⁷⁾、これは層流と乱流の中間に当たる混合流の関係式で、安静鼻呼吸気流状態のあらゆる要素(層流～乱流)を含んだものと考えられる。しかも ΔP 100 Pa, ΔP 150 Pa, PF など決められた狭い1つのポイントに頼ることもなく、鼻呼吸全体の流れを抵抗値として表現する優れた方法の一つである。

さらに、最近では、座標上の圧流速関係曲線の下部分を数量的に表現するために、積分して面積で表わす積分値法が考案されてきた⁸⁾。この方法も平均値法と同じく、決められたポイントに頼ることなく、数字としてその程度を表現できる利点を有している。

この他、過去には抵抗値という数字的な表現ではなく、圧流速関係曲線自体を式としてその係数で表そうと試みたり¹⁴⁾、乱流係数を関係式に加えたり⁹⁾¹⁵⁾、座標上に決められた円を描いて、幾何学的に圧流速関係曲線とその交点を角度で表わしている研究者もいる¹⁶⁾。

今回我々は、鼻腔通気の表現法として、従来から用いられている ΔP 100 Pa や PF での抵抗値と、最近有用とされ、注目されている平均値法、積分値法の成績とを比較検討してみた。その結果、 ΔP 100 Pa の抵抗値は、PF や平均値法の値より過去の報告と同様に⁷⁾低値を示す関係式となり、PF は平均値法よりやや高めとなるが、この両者はほぼ同等の値を示す関係となった。その理由として、鼻呼吸流速曲線の特長から判るように、時間的に鼻呼吸流速は、ほとんどが PF 周辺に集中しており、平均値法では、PF 以外の部分の要素が少ない点が挙げられた。

積分値法は、今回比較を行なった他のどの方法とも有意な相関は示さなかった。その原因として、通気良好な場合には PF は高く、Peak ΔP は低くなり、逆に通気不良の場合は PF は低く、Peak ΔP は高くなるため¹⁷⁾、実際に抵抗値が大きく異なっても、圧流速関係曲線の積分値は図8に示すように、両者にほとんど差がなくなるといえることが考えられた。今回の成績から、積分値法を鼻腔通気の表現法として用いる場合には、この点を十分に注意しなければならないものと思われた。

今回の我々の研究から、現在のところ、圧流速関係曲線をより理想的に表現している平均値法が普及していない日本においては、日本鼻腔通気度標準化委員会の推奨する ΔP 100 Pa の抵抗値と、 ΔP 100 Pa に達しない場合に備えて、注意して行なえば平均値法とほぼ同等の値を示

面積 A = 面積 B

図8

す PF の抵抗値を併用するのが, 鼻腔抵抗のより一般的な用法であるかと思われた.

結 語

鼻腔通気度検査法の表現法として, 従来から用いられている ΔP 100 Pa や PF での抵抗値と, 最近有用とされ, 注目されている抵抗値の平均値法や圧流速関係曲線の積分値法の成績とを比較検討してみた結果, 以下の成績を得た.

1. PF や平均値法の抵抗値は ΔP 100 Pa の抵抗値より高くなる相関関係を示し, PF と平均値法は PF の方が若干高いが, ほぼ同等の値を示す関係を示した.

2. 積分値法とは, 今回比較した他のどの成績とも, 有意な相関関係を示さなかった.

参考文献

- 1) Kern EB : Committee report on standardization of rhinomanometry. *Rhinology* **19** : 231~236, 1981.
- 2) Clement PAR : Committee report on standardization of rhinomanometry. *Rhinology* **22** : 151~159, 1984.
- 3) 戸川 清, 岩田重信, 海野徳二, 他 : 鼻腔通気度測定法の標準化, 鼻腔通気度計の試作と鼻腔通気度正常値. 鼻腔通気度研究会誌 **1** : 1~13, 1984.
- 4) Naito K, Iwata S, Cole P, et al : An international comparison of rhinomanometry between Canada and Japan. *Rhinology* **29** : 287~294, 1991.
- 5) 岩田重信, 岩見公晴, 江崎俊夫 : 安静呼吸時, 鼻内気流と鼻咽腔圧の相互関係. 耳鼻臨床 **70** : 1921~1926, 1977.
- 6) Cole P, Fastag O and Niinimaa V : Computer-aided rhinomanometry. *Acta Otolaryngol* **90** : 139~142, 1980.
- 7) Naito K, Cole P, Chaban R, et al : Computer averaged nasal resistance. *Rhinology* **27** : 45~52, 1989.
- 8) Naitoh Y and Unno T : Numerical expression of nasal resistance regardless of reference point. *Rhinology* **26** : 25, 1988.
- 9) Naito K, Iwata S, Kondo M, et al : A fundamental study of rhinomanometry and its clinical application to objective evaluation. *Auris Nasus Larynx* (Tokyo) **16** : 99~108, 1989.
- 10) Eichler J and Lenz H : Comparison of different coefficients and units in rhinomanometry. *Rhinology* **23** : 149~157, 1985.
- 11) Clement PAR and Hirsch C : Rhinomanometry ; a review. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* **46** : 173~191, 1984.
- 12) Cole P and Havas TE : Resistance to respiratory airflow of the nasal passage ; comparison between different common methods of calculation. *Rhinology* **24** : 163~173, 1986.
- 13) Ohki M and Hasegawa M : Studies of transnasal pressure and airflow values in Japanese population. *Rhinology* **24** : 277~282, 1986.
- 14) Röhrer F : Der Stömungswiderstand in der menschlichen Atemwegen. *Pflügers Arch Ges Physiol* **162** : 149~157, 1915.
- 15) Eichler F and Lenz H : Comparison of different coefficients and units in rhinomanometry. *Rhinology* **23** : 149~157, 1985.
- 16) Broms P, Jonson B and Lamm J : Rhinomanometry II. A system for numerical description of nasal airway resistance. *Acta Otolaryngol* (Stock) **94** : 157~168, 1982.
- 17) Naito K, Iwata S, Kondo M, et al : Human respiratory airflow through an artificial nasal model ; pressure/flow relationship. *Auris Nasus Larynx* (Tokyo) **16** : 89~97, 1989.

(別刷請求先 : 内藤健晴
〒470-11 豊明市沓掛町田染ヶ窪1-98
藤田保健衛生大学医学部耳鼻咽喉科学教室)