鼻腔通気性に及ぼす運動の影響に関する研究

東京医科歯科大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任：渡辺 勲教授）

大 木 幹 文

EFFECTS OF EXERCISE ON NASAL PATENCY

MOTOFUMI OHKI, M.D.

Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Tokyo

Congestion and decongestion of the nasal mucosa are induced by many factors, including the spontaneous nasal cycle, changes in the breathing pattern, posture, temperature, humidity, and exercise. Among these, exercise is considered to have an intensive effect on nasal patency. The effect of exercise on nasal patency was assessed in 70 children (aged six to 15 years) and 92 adults (aged 16 to 38 years). Five children were normal. 15 had allergic rhinitis, and had asthma. There were 26 normal adults, and 66 adults had allergic rhinitis. All patients performed a six-minute treadmill exercise test. Nasal resistances were measured at a pressure of 1.0cm water by anterior rhinomanometry before and immediately after exercise, as well as 5, 10, 15, 20, 25 and 30 minutes after exercise. The FEV₁ was also determined in children. Exercise-induced decreases in nasal resistance were observed in all subjects immediately after exercise; the decrease was marked in patients with allergic rhinitis. Nasal resistance values immediately after exercise were comparable in normal subjects and in those with allergic rhinitis. In patients with allergic rhinitis and asymmetrical skeletal abnormalities of the nose, exercise reduced the difference between the right and left nasal resistance values observed initially; however, a difference remained. In general, nasal resistance began to recover about five minutes after exercise. However, post-exercise nasal resistance values tended to be higher than pre-exercise levels, especially in patients with allergic rhinitis. Extreme increases in nasal resistance, ie, "exercise induced nasal obstruction," were observed in 15 of 66 (23%) adults and 6 of 15 (40%) children with allergic rhinitis and in 18 of 50 (36%) children with asthma. In children with asthma, there was no significant correlation between the occurrence of "exercise-induced nasal obstruction" and "exercise-induced asthma". None of the normal subjects experienced "exercise-induced nasal obstruction."

"Exercise-induced nasal obstruction" is indicative in clarifying the congestion process of allergic nasal mucosa reacting to non-specific stimuli.

Key words: 鼻腔抵抗, 運動負荷, 鼻アレルギー, 運動誘発鼻閉

A91-1419-32822

1. はじめに
鼻疾患の診断及び治療を考える際、鼻腔の通気性は、

非常に大きな問題である。鼻粘膜は安静状態において
も常に一定の状態に保たれている訳ではなく変化して

いる。事実、激しい運動をした後やまわりの、気温、湿度などにより、鼻の通気性の変化を実感する人は、正常人においても少なくない。これらの変化は、自律神経によって制御された血行動態の変化によるものと考えられている¹⁾²⁾³⁾。鼻腔の通気性に影響を与える因子は多数あるが、大別すると、構造的因子（骨格性因子）と、粘膜性因子に分けることができる⁴⁾⁵⁾⁶⁾。構造的因子とは、鼻中隔あるいは甲介骨の形態によるものであり、固定しており通気性の変化をひきおこさない。一方、粘膜性の因子は粘膜の変化に影響を与える因子で、鼻粘膜の分泌および鼻粘膜の腫脹収縮に関与し、鼻の通気性の変化を与えるものである。

この粘膜性因子としては、Nasal Cycle^{7)~13)}、姿勢^{13)~17)}、呼吸様式^{18)~21)}、温度および湿度^{22)~25)}、運動²³⁾²⁴⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾などが知られているが、中でも、運動は、最も鼻腔の通気性に著しい変化を与える因子と考えられている²⁹⁾。また、気管支喘息患者においては、運動した後に一過性に喘息発作をおこす、いわゆる運動誘発喘息（Exercise-induced asthma, EIA）という現象が知られている³⁰⁾。このように、運動は、上気道および下気道の呼吸動態に興味ある影響を及ぼすものと考えられる。しかしながら、これまでの運動による鼻腔の通気性に関する研究においては、そのほとんどが、運動直後のものであり、運動負荷後の鼻粘膜の変化に関する報告は少ない。また、鼻腔の通気度の測定方法についても、十分に信頼性のある方法であったとは言えない。ところが、1970年代に入り、鼻腔通気度計の開発により、鼻の通気性の変化を客観的に、より正確に測定することが可能となった³¹⁾。そこで、正常者、および、鼻アレルギー患者、小児気管支喘息患者に対し運動負荷を行い、鼻腔抵抗を鼻腔通気度計により測定することにより、運動が鼻粘膜に対しどのような影響を及ぼすのかについて、検討を行ってみた。

2. 対 象

今回対象としたのは、6歳～15歳までの小児と、16歳～38歳までの成人である。小児群としては、正常児5名（女児5名）、気管支喘息児50名、小児鼻アレルギー患者（気管支喘息を伴わない）15名である。成人群としては、正常成人26名（男性16名、女性10名）、鼻アレルギー患者66名（男性29名、女性37名）である。鼻アレルギー患者は、事前に、鼻鏡検査、アレルギー皮内テスト、RIST, RASTを行い、通年性か、季節性かの別を調べ、季節性鼻アレルギー患者に対しては、検

査時期として、発作期を選んだ。気管支喘息児においては、アレルギー皮内テスト、RIST, RASTを行い、検査は、喘息非発作時期に行った。なお、鼻アレルギー患者、気管支喘息児に関しては、患者あるいは家族に十分検査の有用性を説明し、同意を得、検査前24時間の間、一切の投薬、治療を中止した。

3. 方 法

(1) 運動量による鼻腔抵抗の変化の検討（成人）

正常成人26名のうち、男7名、女5名に対し、日本光電製のトレッドミルを用い、時速6km、傾斜10%の運動負荷を行い、同一人に負荷時間を2分、4分、6分間と変えて、運動負荷試験を施行し、その前後の鼻腔抵抗の変化を記録した。この際、3種の負荷試験施行にあたっては、最低48時間の間隔をあけ、また、測定にあたっては、座位にて30分以上の安静を保った後、行った。鼻腔抵抗の測定は、日本光電製 Rhinorheograph, MPR1100 にてノズルを用いた Anterior 法（前方誘導法）で、左右の圧一流速曲線（鼻腔通気度曲線）を描かせ、呼気時における $P=1.0\text{cmH}_2\text{O}$ の基準点における鼻腔抵抗を測定した。測定は各々、負荷前、負荷直後、5分、10分、15分、20分、25分、30分後に行った。全鼻腔抵抗の算出に関しては

$$1/\text{全鼻腔抵抗} = 1/\text{右側鼻腔抵抗} + 1/\text{左側鼻腔抵抗}$$
の式を用い圧差 $P=1.0\text{cmH}_2\text{O}$ における左右の鼻腔抵抗値から算出した。なお、測定時の室温は、 $21\sim 24^\circ\text{C}$ 、湿度は40～60%であった。

(2) 運動負荷（6分）と鼻腔抵抗との相互関係の検討（成人）

次に、正常成人26名、成人鼻アレルギー患者66名に、方法(1)と同様、トレッドミルにて、傾斜10%、6km/h、6分間の運動負荷を行い、負荷前、負荷直後、5分、10分、15分、20分、25分、30分後の鼻腔抵抗を測定した。測定方法は、すべて、方法(1)と同一条件下で行った。

(3) 運動負荷の鼻腔抵抗および下気道におよぼす影響（小児）

正常児5名、気管支喘息児50名、小児鼻アレルギー患者15名に方法(1)と同一条件下に、トレッドミルにて、傾斜10%、6km/h、6分間の運動負荷を行い、負荷前、負荷直後、4分、9分、14分、19分、24分、29分後の鼻腔抵抗を測定した。また、負荷前、負荷直後、5分、10分、15分、20分、25分、30分後に、フクダ電子製のスパイロメータを用いて、1秒量（FEV_{1.0}）を測定し、

図1 運動負荷時間による全鼻腔抵抗変化の比較

運動が下気道に及ぼす影響を検討した。1秒量測定にあたっては、鼻をクリップするので鼻腔抵抗測定を毎回1秒量測定の1分前に行った。

4. 結 果

(1) 運動量による鼻腔抵抗の変化 (成人)

正常成人12名の、2分、4分、6分の運動負荷試験の結果は図1に示す通りである。この3回の運動負荷前の座位安静時の全鼻腔抵抗には、有意の差は認められなかった。一定の運動負荷を行うと、直後には全鼻腔抵抗は低下し、その値は、2分、4分、6分において、それぞれ、元の値の70~80%に低下した。その後、5分後には、安静時の鼻腔抵抗に戻る傾向を示した。15~20分後には、安静時の鼻腔抵抗値にほぼ等しくなる。30分後までの経過をみると、安静時の鼻腔抵抗値より極端に大きくなる例はみられなかった。

2分、4分、6分と運動量を変えた時の、運動直後の全鼻腔抵抗値の割合はあまり変わらず、その後の全鼻腔抵抗の変化はあまり変わりなかった。

(2) 運動負荷(6分)と鼻腔抵抗の相互関係(成人)

③ 運動と全鼻腔抵抗

正常成人26名と、成人鼻アレルギー患者66名の、運動負荷による鼻腔抵抗の変化を表1、2、3、4に示

した。図2 a, bは、全鼻腔抵抗の変化および、その順位変換 (Rank Transformation) である。その処理は、Fleiss (1986)³²⁾, Conover & Iman (1981)³³⁾, 佐久間(1987)³⁴⁾らの解析方法に従って行った。反復測定によるデータの分散分析の結果、正常成人群、成人鼻アレルギー群と時間の交互作用は、 $P=0.0014$ で、有意差が認められた。すなわち、両群のプロフィールを比較してみると、安静時の鼻腔抵抗は正常成人群に対し、成人鼻アレルギー患者では、高い傾向にある。一方、正常成人群および、成人鼻アレルギー患者群において、6分間の運動負荷をかけると、その直後では全鼻腔抵抗は、両者とも有意に低下した。その低下率は、正常成人では20%、成人鼻アレルギー患者では、40%となり、このことから、全鼻腔抵抗は、運動により正常成人と成人鼻アレルギー患者では、ほぼ等しい値を示す結果となった。5分後になると運動により低下した全鼻腔抵抗は、正常群、鼻アレルギー群とも、すでに、元に戻りはじめる。続いて、15~20分後には、正常成人では、安静時の鼻腔抵抗値の近隣で安定するのに対し、鼻アレルギー群では、鼻腔抵抗の戻り方が、ダイナミックであり、むしろ、安静時の鼻腔抵抗より有意に大きくなって行く傾向がみられた (図2 a)。

④ 運動と片側鼻腔抵抗

運動をすると、その直後には、左右の鼻腔抵抗のいずれも低下するが、その低下の割合は、左右では必ずしも一致しない(図3)。正常成人26名の鼻腔抵抗値の左右差を求めてみると、安静時には、 $4.0 \pm 3.5 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ であったものが、運動直後には、 $1.0 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ となった。すなわち、左右鼻粘膜の腫脹側と収縮側とを比較すると、運動により、腫脹側の方がより収縮しやすいことを示した。従って、正常成人では運動負荷を行うと、左右の鼻腔抵抗値がほぼ等しくなった。一方、成人鼻アレルギー患者の鼻腔抵抗値の左右差は、安静時 $10.6 \pm 11.0 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 、運動直後には $2.5 \pm 3.1 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ であった。この結果は、成人鼻アレルギー群が正規性にとぼしいことを意味する。そこで、66名の鼻アレルギー患者を鼻中隔彎曲などの鼻腔骨格形態異常を伴った17名と、伴わない49名とに分けて、鼻腔抵抗値の左右差の累積分布曲線を、安静時および、運動負荷直後について、描いた。その結果を図4 a, bに示す。鼻腔骨格形態異常の有無は、2名の耳鼻咽喉科医の一致によりくだった。図4 a, bの2群の交点は、それぞれ $9.8 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$, $2.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ となった。さらに、両者の運動負荷前後の鼻腔抵抗値を線

表1 正常成人の運動負荷前後の全鼻腔抵抗の変化(単位: cmH₂O/L/S)

番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後
1	K.T.	29	M	4.0	3.2	3.5	3.1	4.2	3.5	3.5	4.4	14	M.O.	31	M	3.0	1.9	2.3	2.7	2.6	3.1	3.6	3.7
2	H.Y.	17	M	2.9	2.3	2.9	3.1	3.4	2.8	3.2	3.1	15	M.H.	20	M	1.5	1.0	1.1	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6
3	I.Y.	23	M	2.1	2.5	2.9	2.9	2.3	1.8	2.2	2.8	16	Y.I.	26	F	3.1	2.3	5.3	3.9	3.1	3.2	3.3	3.5
4	T.M.	24	M	2.4	2.5	2.6	3.1	3.3	2.9	2.6	3.0	17	N.N.	30	F	4.8	3.9	4.4	4.2	4.4	4.2	4.2	4.4
5	J.W.	26	M	2.8	1.9	3.1	3.0	3.0	2.5	3.0	3.3	18	M.N.	22	M	3.1	1.1	1.6	2.2	2.2	2.5	2.7	2.7
6	S.N.	25	M	3.4	2.7	2.9	2.6	2.7	3.0	3.0	2.7	19	K.H.	30	F	3.2	2.7	2.4	2.1	2.5	1.8	1.8	2.3
7	G.I.	23	M	3.9	3.0	3.7	3.4	3.7	4.0	3.4	2.7	20	Y.A.	25	F	1.9	1.8	1.8	1.9	2.1	2.3	2.3	1.9
8	J.M.	24	M	2.6	2.3	2.3	2.4	2.4	2.1	2.5	2.7	21	Y.I.	24	F	3.7	3.9	3.9	4.4	5.0	5.0	4.8	5.0
9	M.M.	25	M	2.6	2.0	1.6	1.4	1.6	1.7	1.7	1.9	22	A.H.	22	F	2.8	2.4	2.5	2.2	2.4	2.5	3.6	4.0
10	G.N.	25	M	4.0	1.9	2.2	2.5	2.2	2.2	2.4	2.4	23	K.F.	22	F	3.4	3.2	2.9	2.6	2.6	4.0	3.2	3.1
11	M.K.	20	M	3.0	2.9	2.9	2.6	3.1	2.6	2.4	2.4	24	K.T.	21	F	4.4	3.2	3.7	4.4	4.8	4.5	4.2	4.2
12	I.Y.	20	M	2.5	2.6	2.7	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	25	H.K.	23	F	2.1	1.9	2.5	2.2	2.3	2.9	2.5	2.6
13	C.S.	22	F	4.3	2.9	3.9	3.5	3.2	3.3	4.2	4.2	26	H.T.	23	M	4.0	1.8	2.0	1.7	2.2	2.7	3.7	3.7

表2 正常成人の運動負荷前後の片側鼻腔抵抗の変化
(上段: 左鼻腔, 下段: 右鼻腔, 単位cmH₂O/L/S)

番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後
1	K.T.	29	M	5.3 16.7	5.8 7.1	4.4 16.7	4.0 14.3	5.0 25.0	4.2 20.0	3.9 33.3	6.3 14.3	14	M.O.	31	M	3.9 12.5	3.5 4.2	4.0 5.3	5.9 5.0	5.6 5.0	8.3 5.0	7.7 6.7	12.5 5.3
2	H.Y.	17	M	9.1 4.3	4.2 5.3	7.1 5.0	8.3 5.0	7.1 6.7	5.3 5.9	7.1 5.9	6.7 5.9	15	M.H.	20	M	2.2 4.5	2.2 1.9	2.7 1.9	4.2 2.1	4.4 2.2	4.5 2.4	5.6 2.4	5.7 2.3
3	I.Y.	23	M	3.1 6.7	5.0 5.0	5.6 5.9	5.0 6.7	3.6 6.3	3.4 4.0	3.3 6.7	5.0 6.3	16	Y.I.	26	F	4.0 14.3	4.0 5.6	7.7 16.7	7.7 7.7	7.1 5.6	7.7 5.6	8.1 5.6	8.1 6.3
4	T.M.	24	M	6.3 4.0	5.3 4.8	4.3 6.3	7.1 5.6	5.6 8.3	5.0 7.1	3.6 10.0	4.2 10.0	17	N.N.	30	F	7.7 12.5	7.7 7.7	12.5 6.7	12.5 6.3	12.5 6.7	14.3 5.9	14.3 5.9	14.3 6.3
5	J.W.	26	M	6.7 4.8	5.3 2.9	10.0 4.5	10.0 4.3	11.1 4.2	16.7 2.9	16.7 3.6	14.3 4.3	18	M.N.	22	M	9.1 4.8	3.1 1.7	3.2 3.1	3.3 6.7	3.3 6.7	4.0 6.7	4.5 6.7	4.5 6.7
6	S.N.	25	M	6.7 7.1	5.9 5.0	6.3 5.3	7.1 4.0	7.7 4.2	7.7 5.0	6.7 5.3	7.7 4.2	19	K.H.	30	F	9.1 5.0	6.3 4.8	5.3 4.5	6.7 3.1	4.8 5.3	4.5 3.0	4.5 3.0	5.0 4.2
7	G.I.	23	M	7.7 7.7	6.7 6.7	7.7 7.1	5.9 8.3	5.3 12.5	7.7 8.3	5.9 8.3	4.0 8.3	20	Y.A.	25	F	3.1 4.8	3.0 4.5	3.2 4.0	4.2 3.6	3.4 5.3	4.0 5.6	4.0 5.6	3.1 4.8
8	J.M.	24	M	6.7 4.2	4.5 4.5	3.0 9.1	3.2 10.0	3.1 10.0	2.7 10.0	3.3 10.0	3.7 10.5	21	Y.I.	24	F	7.1 7.7	7.7 7.7	5.6 12.5	5.9 16.7	7.7 14.3	6.7 20.0	7.7 12.5	8.3 12.5
9	M.M.	25	M	4.5 5.9	5.0 3.2	3.3 3.1	2.6 2.9	2.8 4.0	3.8 3.1	4.0 2.9	3.7 3.8	22	A.H.	22	F	5.9 5.3	4.2 5.6	5.3 4.8	3.7 5.3	4.2 5.3	4.2 5.9	6.3 8.3	7.7 8.3
10	G.N.	25	M	9.1 7.1	4.2 3.6	4.3 4.5	5.9 3.8	5.3 3.8	5.3 4.0	6.3 4.0	5.9 3.9	23	K.F.	22	F	4.6 12.5	5.6 7.7	3.7 12.5	3.7 9.1	3.5 10.0	5.0 20.0	4.0 16.7	4.0 14.3
11	M.K.	20	M	7.7 4.8	5.0 6.7	6.7 5.0	5.6 5.0	6.7 5.6	4.5 4.5	4.5 5.0	4.5 5.0	24	K.T.	21	F	16.7 5.9	6.3 7.1	7.1 10.0	7.7 10.0	9.1 8.3	10.0 10.0	7.1 8.3	7.1 10.0
12	I.Y.	20	M	7.7 3.7	5.0 5.3	5.3 5.3	6.7 3.8	6.3 4.0	7.7 3.7	7.7 3.7	7.7 3.7	25	H.K.	23	F	4.0 4.6	3.6 4.2	4.6 5.6	4.2 4.6	5.0 4.4	5.6 5.9	5.0 5.0	4.0 7.1
13	C.S.	22	F	8.3 9.1	5.6 5.9	6.3 10.0	5.6 9.1	5.6 7.7	5.6 8.3	7.1 10.0	7.1 10.0	26	H.T.	23	M	14.3 5.6	4.5 2.9	3.3 4.8	3.6 3.3	5.6 3.6	8.3 4.0	9.1 6.3	9.1 5.3

表3 鼻アレルギー患者の運動負荷前後の全鼻腔抵抗の変化（単位：cmH₂O/L/S）

番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動直後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動直後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後
1	S.F.	19	F	4.8	1.9	3.6	3.2	2.7	3.0	3.4	3.2	34	K.K.	19	F	3.7	2.4	2.4	6.1	4.0	5.9	4.0	5.3
2	T.N.	22	M	3.2	2.3	2.8	2.9	3.0	2.9	3.3	3.0	35	M.M.	36	F	3.9	2.8	3.8	4.4	3.5	3.7	3.6	3.6
3	A.I.	24	M	3.0	2.0	2.0	2.1	2.6	3.5	2.4	2.6	36	T.K.	16	F	2.9	1.9	3.0	4.3	3.7	3.8	5.0	3.7
4	T.T.	38	M	5.0	2.5	3.4	3.6	4.2	4.0	3.6	3.6	37	Y.A.	17	M	6.7	2.6	2.1	1.9	2.5	3.0	4.0	4.0
5	H.I.	25	F	4.6	2.1	3.3	4.0	4.1	4.3	4.1	4.8	38	M.O.	37	F	2.7	2.6	2.2	1.9	2.1	2.1	2.0	2.7
6	S.S.	34	F	8.3	3.0	5.6	5.3	12.5	11.1	9.7	9.1	39	M.A.	16	F	4.4	1.5	2.2	3.4	3.7	4.4	5.3	5.0
7	Y.K.	22	M	8.3	1.7	1.7	1.9	2.0	2.0	2.4	2.3	40	N.U.	20	F	2.3	2.1	2.4	2.5	2.2	2.8	2.8	2.9
8	H.K.	25	F	5.9	3.9	6.2	16.7	6.7	11.1	10.0	10.0	41	N.M.	23	F	3.0	1.9	2.4	3.6	5.2	7.1	6.3	5.9
9	A.T.	19	M	2.3	2.1	3.9	5.9	4.3	4.6	4.6	4.6	42	K.S.	24	F	3.4	2.5	3.1	3.9	4.4	4.1	4.4	4.4
10	T.N.	26	M	2.8	1.5	2.9	3.8	3.2	2.9	3.5	2.9	43	Y.Y.	27	M	5.6	3.9	3.7	4.5	6.7	5.3	4.4	4.6
11	T.S.	29	F	3.0	2.5	2.9	2.7	3.2	3.2	4.2	3.2	44	M.H.	17	M	2.9	2.1	2.3	2.5	5.9	5.9	11.1	16.7
12	K.H.	25	F	2.8	1.8	2.5	3.0	2.2	3.9	3.0	3.3	45	M.K.	29	M	4.5	2.8	2.4	2.6	2.9	3.0	3.3	4.2
13	S.H.	30	F	2.6	2.6	4.8	4.0	4.5	4.5	3.4	3.4	46	H.K.	27	F	2.8	2.5	2.6	3.4	2.8	4.4	3.9	3.9
14	Y.Y.	31	F	5.6	2.9	2.8	2.4	3.0	3.6	4.3	5.0	47	M.D.	19	F	10.0	5.2	9.1	9.5	14.3	14.3	11.1	16.7
15	K.S.	16	M	6.7	2.3	4.0	4.2	5.1	5.3	5.6	5.9	48	F.W.	33	F	2.9	1.5	1.7	2.0	2.1	2.3	2.3	2.5
16	Y.M.	31	F	5.9	1.8	4.3	4.7	3.9	3.5	3.9	3.9	49	M.S.	22	M	4.4	4.0	7.1	6.9	9.1	4.6	4.4	4.6
17	K.T.	24	M	2.9	2.2	2.6	3.2	2.5	2.1	2.4	2.2	50	K.K.	24	F	6.6	3.0	5.5	8.3	6.3	10.0	7.7	6.7
18	M.M.	18	F	4.0	1.8	2.5	2.6	4.5	3.5	4.4	4.1	51	M.M.	16	M	2.3	1.4	2.3	1.9	1.8	2.6	3.2	2.4
19	S.Y.	16	F	10.0	5.0	7.1	8.3	8.3	11.1	10.5	10.5	52	T.O.	32	M	2.5	1.9	2.5	2.7	2.5	2.6	2.9	2.7
20	A.T.	27	M	20.0	3.7	25.0	50.0	50.0	100.0↑	100.0↑	100.0↑	53	Y.K.	28	M	3.1	2.6	2.9	3.0	2.9	3.1	3.2	3.2
21	T.N.	24	M	3.3	2.9	1.9	2.3	2.8	4.6	4.6	4.0	54	C.T.	22	F	4.4	2.2	2.7	2.6	2.0	2.4	2.8	2.3
22	K.S.	22	M	3.8	2.4	3.0	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	55	K.K.	25	F	4.2	2.0	2.5	3.4	4.0	4.8	5.0	4.2
23	T.T.	16	M	6.2	4.4	3.3	7.1	3.5	3.9	4.2	4.4	56	S.O.	19	M	2.5	1.8	2.3	2.0	2.5	2.4	2.8	2.5
24	A.M.	26	M	4.8	2.7	5.0	3.3	4.8	4.0	3.1	3.7	57	M.Y.	19	M	5.0	1.5	2.1	3.2	3.4	4.0	4.8	5.0
25	K.M.	21	F	5.6	2.7	5.9	5.3	4.2	6.3	4.2	4.8	58	T.M.	23	M	3.1	2.3	4.2	4.2	3.6	3.4	3.6	4.8
26	H.K.	26	F	1.9	1.4	1.6	2.0	1.8	1.8	1.5	1.9	59	M.T.	19	F	3.9	2.3	2.9	3.7	4.8	3.3	3.6	4.0
27	M.K.	19	F	7.1	7.7	7.1	14.3	25.0	25.0	100.0↑	100.0↑	60	M.O.	26	M	4.8	2.7	5.0	3.3	4.8	4.0	3.1	3.7
28	I.K.	20	F	5.0	2.2	3.0	3.7	5.3	6.3	7.1	9.1	61	H.O.	25	M	2.0	1.7	1.9	2.1	1.9	2.2	2.3	2.5
29	K.E.	36	F	3.0	2.8	3.8	4.3	3.4	3.4	3.6	3.7	62	H.F.	25	M	3.1	2.1	4.0	3.9	3.9	4.8	3.6	4.8
30	M.K.	20	F	4.2	2.8	2.8	3.6	3.7	3.5	3.5	2.9	63	A.O.	21	F	3.6	2.4	2.4	3.7	4.0	5.9	4.7	5.3
31	R.O.	37	F	2.8	2.1	2.3	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	64	S.K.	17	F	2.4	1.7	2.0	3.0	3.0	2.6	3.1	3.1
32	H.T.	35	F	2.4	2.1	2.1	2.6	2.7	3.7	4.0	3.9	65	H.H.	24	F	10.0	2.6	5.0	5.9	8.4	16.7	16.7	20.0
33	S.S.	23	M	4.2	2.4	3.4	5.0	3.8	5.6	5.1	4.6	66	N.N.	25	M	1.5	1.2	1.9	1.8	1.9	2.2	2.5	3.4

表4 鼻アレルギー患者の運動負荷前後の片側鼻腔抵抗の変化
(上段: 左鼻腔, 下段: 右鼻腔, 単位: cmH₂O/L/S)

番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動直後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後	番号	氏名	年齢	性別	運動前	運動直後	5分後	10分後	15分後	20分後	25分後	30分後
1	S.F.	19	F	16.7 6.7	3.6 4.2	4.0 33.3	3.5 33.3	3.0 25.0	3.5 20.0	3.6 50.0	3.5 33.3	34	K.K.	19	F	6.3 9.1	5.3 4.5	4.0 5.9	14.3 10.5	7.7 8.3	20.0 8.3	12.5 5.9	8.3 14.3
2	T.N.	22	M	12.5 4.3	5.3 4.0	11.1 3.8	9.1 4.3	10.0 4.3	9.1 4.3	12.5 4.5	10.0 4.3	35	M.M.	36	F	5.6 12.5	4.3 7.7	7.1 8.3	7.7 10.0	7.7 6.3	5.6 11.1	5.6 10.0	5.6 10.0
3	A.I.	24	M	16.7 3.7	5.3 3.3	4.6 3.5	4.4 4.0	5.9 4.8	6.3 7.7	4.8 4.8	5.0 5.6	36	T.K.	16	F	33.3 3.2	5.6 2.9	16.7 3.6	33.3 5.0	33.3 4.2	100.0 4.0	50.0 5.6	50.0 4.0
4	T.T.	38	M	10.0 10.0	6.3 4.3	6.7 7.1	7.7 6.7	8.3 8.3	7.7 8.3	6.7 7.7	6.7 7.7	37	Y.A.	17	M	33.3 7.1	5.6 5.0	5.3 3.6	5.6 2.9	7.1 4.8	4.5 9.1	6.3 11.1	6.3 11.1
5	H.I.	25	F	5.3 33.3	4.1 4.2	4.6 11.1	4.6 33.3	4.7 33.3	4.7 50.0	4.5 50.0	5.0 100.0	38	M.O.	37	F	5.0 5.9	4.5 5.9	4.5 4.3	4.0 3.7	3.4 5.3	4.5 3.8	4.3 3.7	5.9 5.0
6	S.S.	34	F	25.0 12.5	7.7 5.0	12.5 10.0	20.0 10.0	100.0 14.3	100.0 12.5	100.0 10.7	100.0 10.0	39	M.A.	16	F	5.3 25.0	3.2 2.7	8.3 3.0	50.0 30.0	50.0 4.0	100.0 4.6	100.0 5.6	100.0 5.0
7	Y.K.	22	M	12.5 25.0	4.0 3.1	3.7 3.0	100.0 1.9	100.0 2.0	100.0 2.0	100.0 2.4	100.0 2.3	40	N.U.	20	F	3.8 5.9	4.5 3.8	7.1 3.7	5.9 4.2	7.1 3.1	8.3 4.2	8.3 4.2	8.3 4.2
8	H.K.	25	F	10.0 14.3	9.1 6.7	14.3 11.1	33.3 33.3	11.1 16.7	20.0 25.0	16.7 25.0	16.7 25.0	41	N.M.	23	F	5.9 6.3	3.8 4.0	4.0 5.9	5.6 10.0	8.3 14.3	12.5 16.7	12.5 12.5	11.1 12.5
9	A.T.	19	M	33.3 2.5	5.9 3.2	4.2 50.0	6.7 50.0	4.5 100.0	4.8 100.0	4.8 100.0	4.8 100.0	42	K.S.	24	F	4.5 14.3	3.2 12.5	3.7 20.0	4.2 50.0	4.5 100.0	4.2 100.0	4.5 100.0	4.5 100.0
10	T.N.	26	M	3.6 12.5	3.1 2.9	5.0 6.7	8.3 7.1	5.6 7.7	4.2 9.1	4.5 16.7	3.4 20.0	43	Y.Y.	27	M	33.3 6.7	9.1 6.7	11.1 5.6	11.1 7.7	20.0 10.0	16.7 7.7	20.0 5.6	20.0 5.9
11	T.S.	29	F	6.7 5.3	5.0 5.3	7.1 4.8	7.7 4.2	8.3 5.9	11.1 5.3	8.3 6.7	8.3 5.3	44	M.H.	17	M	6.3 5.3	3.6 5.0	4.8 4.5	7.7 10.0	10.0 14.3	16.7 33.3	33.3 33.3	33.3 33.3
12	K.H.	25	F	4.2 8.3	2.9 5.0	4.0 6.7	4.5 9.1	3.4 5.9	5.6 12.5	4.8 8.3	4.5 12.5	45	M.K.	29	M	7.1 12.5	5.3 5.9	6.3 4.0	5.6 5.0	6.7 4.8	5.9 7.7	5.6 16.7	5.6 16.7
13	S.H.	30	F	5.0 5.3	6.3 4.5	12.5 7.7	10.0 6.7	10.0 8.3	10.0 8.3	7.1 6.7	6.7 6.7	46	H.K.	27	F	5.0 6.3	5.9 4.2	6.3 4.5	9.5 5.3	5.3 5.9	7.7 10.0	10.0 6.3	10.0 6.3
14	Y.Y.	31	F	10.0 12.5	7.1 4.8	5.9 5.3	4.5 5.0	6.9 7.7	7.1 7.7	8.3 11.1	8.3 12.5	47	M.D.	19	F	33.3 14.3	11.0 10.0	14.3 25.0	15.4 25.0	50.0 20.0	50.0 20.0	50.0 14.3	50.0 25.0
15	K.S.	16	M	11.1 16.7	3.7 6.3	7.1 9.1	9.5 7.4	15.4 7.7	11.1 10.0	11.1 11.1	12.5 11.1	48	F.W.	33	F	5.9 5.6	2.8 3.1	3.2 3.7	4.0 4.2	4.8 3.6	4.8 4.5	4.8 4.3	4.5 5.6
16	Y.M.	31	F	12.5 11.1	5.9 2.6	7.1 11.1	8.3 11.1	4.8 20.0	3.6 100.0	4.0 100.0	4.0 100.0	49	M.S.	22	M	20.0 5.6	20.0 5.0	25.0 10.0	100.0 7.1	50.0 20.0	5.6 25.0	5.6 20.0	5.6 25.0
17	K.T.	24	M	5.0 6.7	5.0 3.8	7.1 4.0	6.3 6.3	5.3 4.2	5.6 3.4	6.7 4.3	6.7 3.3	50	K.K.	24	F	33.3 8.3	12.5 4.0	16.7 8.3	11.1 33.3	12.5 12.5	20.0 20.0	11.1 25.0	7.7 50.0
18	M.M.	18	F	9.1 7.1	4.5 2.9	20.0 2.9	20.0 3.0	50.0 5.0	100.0 3.6	100.0 4.5	100.0 4.2	51	M.M.	16	M	3.1 8.3	3.3 2.5	4.0 5.3	4.2 3.6	3.6 3.6	5.6 5.6	5.9 7.1	3.6 7.1
19	S.Y.	16	F	50.0 12.5	16.7 10.0	25.0 11.1	33.3 10.0	50.0 12.5	100.0 11.1	100.0 11.1	100.0 11.1	52	T.O.	32	M	7.7 3.7	3.8 3.7	5.9 4.3	6.7 4.5	7.7 3.8	8.3 3.8	8.3 4.5	6.7 4.5
20	A.T.	27	M	33.3 50.0	14.3 5.0	50.0 50.0	100.0 100.0	100.0 100.0	100.0 100.0	100.0 100.0	100.0 100.0	53	Y.K.	28	M	6.7 5.9	7.1 4.0	7.1 5.0	7.7 4.6	7.7 5.3	7.7 5.9	7.1 5.9	7.7 5.6
21	T.N.	24	M	33.3 3.7	14.3 3.7	20.0 2.1	25.0 2.5	20.0 3.3	25.0 5.6	20.0 5.6	20.0 5.0	54	C.T.	22	F	12.5 6.7	4.5 4.2	5.3 5.3	5.0 5.6	4.3 3.8	7.1 3.6	5.9 5.3	5.0 4.3
22	K.S.	22	M	16.7 5.0	9.1 3.3	12.5 4.0	12.5 3.8	14.3 3.7	14.3 3.8	14.3 3.8	14.3 3.8	55	K.K.	25	F	14.3 5.9	4.0 4.0	7.1 3.9	25.0 4.0	14.3 5.6	33.3 5.6	25.0 6.3	25.0 5.0
23	T.T.	16	M	11.1 14.3	12.5 6.7	14.3 4.3	50.0 8.3	16.5 4.5	14.3 5.3	16.7 5.6	16.7 5.9	56	S.O.	19	M	3.2 12.5	3.2 3.9	3.1 9.1	2.6 10.1	3.3 10.0	3.0 11.1	3.6 12.5	3.3 11.1
24	A.M.	26	M	33.3 5.6	10.0 3.7	12.5 8.3	20.0 3.9	20.0 6.3	20.0 5.0	25.0 3.6	12.5 5.3	57	M.Y.	19	M	33.3 5.9	2.9 3.1	7.1 3.0	16.7 4.0	16.7 4.2	33.3 4.6	100.0 5.0	100.0 5.3
25	K.M.	21	F	50.0 6.3	6.3 4.6	50.0 6.7	33.3 6.3	100.0 4.4	33.3 7.7	33.3 4.8	20.0 6.3	58	T.M.	23	M	9.1 4.8	4.6 4.6	9.1 7.7	8.3 8.3	5.6 10.0	4.2 16.7	5.6 10.0	7.7 12.5
26	H.K.	26	F	6.7 2.6	3.4 2.5	4.0 2.6	5.3 3.3	3.6 3.7	3.4 3.7	3.2 3.0	4.0 3.8	59	M.T.	19	F	6.7 9.1	3.7 6.3	5.0 7.1	7.7 7.1	9.1 10.0	4.8 10.0	4.8 14.3	5.9 12.5
27	M.K.	19	F	9.1 33.3	12.5 20.0	11.1 20.0	16.7 100.0	33.3 100.0	33.3 100.0	100.0 100.0	100.0 100.0	60	M.O.	26	M	33.3 5.6	10.0 3.7	12.5 8.3	20.0 3.9	20.0 6.3	20.0 5.0	25.0 3.6	12.5 5.3
28	I.K.	20	F	5.9 33.3	4.3 4.5	4.3 10.0	4.0 50.0	5.6 100.0	6.7 100.0	7.7 100.0	10.0 100.0	61	H.O.	25	M	4.6 3.6	3.6 3.1	3.3 4.6	4.8 3.7	3.7 3.7	4.2 4.6	4.0 5.6	5.6 4.4
29	K.E.	36	F	5.9 12.5	4.3 7.7	7.1 8.3	7.7 10.0	5.6 6.3	5.6 9.1	5.9 10.0	5.9 10.0	62	H.F.	25	M	5.6 6.7	4.2 4.2	5.6 14.3	5.6 12.5	5.3 16.7	6.7 10.0	5.6 12.5	7.7 7.7
30	M.K.	20	F	6.7 11.1	6.3 5.0	6.3 5.0	9.1 5.9	10.0 5.9	9.1 5.6	9.1 4.2	9.1 4.2	63	A.O.	21	F	8.3 6.3	4.5 5.3	5.9 4.0	7.7 7.1	8.3 7.7	8.3 20.0	5.9 22.5	14.3 8.3
31	R.O.	37	F	7.1 4.6	4.8 3.6	5.3 4.0	4.0 4.4	5.3 3.9	4.8 4.8	4.6 5.6	5.3 5.0	64	S.K.	17	F	5.0 4.6	3.3 3.6	6.3 3.0	12.5 3.9	10.0 4.0	12.5 3.6	10.0 4.2	10.0 4.5
32	H.T.	35	F	6.7 3.8	4.5 3.8	5.0 3.6	5.6 5.0	5.9 5.0	6.7 8.3	6.7 10.0	6.7 9.1	65	H.H.	24	F	25.0 16.7	4.0 7.1	16.7 11.1	11.1 12.5	16.7 16.7	100.0 20.0	33.3 33.3	33.3 50.0
33	S.S.	23	M	5.9 14.3	4.0 5.9	7.1 6.7	11.1 9.1	7.1 8.3	14.3 9.1	13.3 8.3	9.1 9.1	66	N.N.	25	M	3.0 3.2	2.0 3.3	2.2 14.3	1.9 25.0	2.2 12.5	2.4 33.3	2.7 33.3	3.5 100.0

図2 運動負荷による全鼻腔抵抗の変化

a) 鼻腔抵抗値

b) 鼻腔抵抗値の順位変換

図3 正常成人の運動負荷前後の片側鼻腔抵抗の変化

形判別分析(重回帰分析)を行った。線形判別分析は、佐久間(1987)によって解説された方法³⁴⁾によった。その結果、スコアは、

$$\text{SCORE} = 0.0011A + 0.0082B - 0.0080C + 1.1344$$

A = 安静時の左右差

B = 運動直後の左右差

C = 安静時の全鼻腔抵抗値

の式のようになり、そのスコアによる累積分布曲線は、図4cのようになり、2群の交点は、SCORE=1.26と

なった。

次に、運動後の片側鼻腔抵抗の変化をみると成人鼻アレルギー患者のうち、15例、23%に、運動後、片側鼻腔抵抗値が、著しく上昇した(100cmH₂O/L/S以上)症例があった。このような現象は、正常成人には1例も認められなかった。また、鼻腔形態異常を伴った鼻アレルギー患者は6名で、伴わなかった者との間には、有意の差はみられなかった。

また、運動後の30分の観察中に左右の鼻腔抵抗値の大小が逆転した例、すなわち Nasal Cycle の逆転が認められたものが、正常成人26例中11例(42%)、成人鼻アレルギー患者66例中21例(32%)あった。

(3) 運動負荷の鼻腔抵抗および下気道におよぼす影響(小児)

正常児5名、気管支喘息児50名、小児鼻アレルギー患者15名に、トレッドミルにて運動負荷を行った結果は次の通りである。正常児および、小児鼻アレルギー患者には、運動後に、FEV_{1.0}が前の値に15%以上の低下を示した症例は、一例もなかった。一方、気管支喘息児については、運動直後から30分後までの間に、FEV_{1.0}が、運動前の値の15%以上の低下を示した症例が、32例(64%)あった。その中で、FEV_{1.0}が、5分後に最も低下した症例が、23例、10分後が7例、20分後が2例であった。最も著しい例においては運動前の値の63%の低下をみた。

次に、正常児、小児鼻アレルギー患者、気管支喘息児の運動負荷による鼻腔抵抗の変化では、成人と同様に、運動により、直後では鼻腔抵抗の減少がみられ、正常児、気管支喘息児、小児鼻アレルギー患者の全鼻

図4 鼻腔骨格形態異常を伴った鼻アレルギー患者と伴わない患者における鼻腔抵抗値の左右差の比較

a) 安静時 (実線: 鼻腔骨格形態異常のない症例, 破線: ある症例)

b) 運動直後

c) 安静時と運動直後の鼻腔抵抗値の左右差をスコア化した場合

$$\text{SCORE} = 0.0011A + 0.0082B - 0.0080C + 1.1344$$

A = 安静時の左右差

B = 運動直後の左右差

C = 安静時の全鼻腔抵抗値

表5 気管支喘息児50名における運動によるEIAとEINOとの相関

	EIA (+)	EIA (-)	計
EINO (+)	12例	7例	19例
EINO (-)	20例	11例	31例
計	32例	18例	50例

*EIA(+): 運動後の1秒量($FEV_{1.0}$)が運動前の値の15%以上の低下を示したもの

EINO(+): 運動後, 片側鼻腔抵抗値が $100\text{cmH}_2\text{O/L/S}$ 以上になるもの

(χ^2 test: N.S.)

腔抵抗値は, $3.3 \pm 0.8\text{cmH}_2\text{O/L/S}$, 3.2 ± 0.8 , 3.0 ± 1.5 とほぼ等しい値を示した。続いて, 5分後からは, 再び

鼻腔抵抗は上昇傾向を示し, 気管支喘息児, 小児鼻アレルギー患者の中には, 15~20分後から運動前の鼻腔抵抗値をはるかに越える症例があり, その中で, 運動後に, 片側鼻腔抵抗値が $100\text{cmH}_2\text{O/L/S}$ を越えた症例が, 小児鼻アレルギー患者では, 15例中6例(40%), 気管支喘息児では, 50例中18例(36%)にみられた。しかしながら, この現象は正常児には全くみられなかった。次に, 気管支喘息児において, $FEV_{1.0}$ が15%以上の低下がみられた症例と, 運動後, 片側鼻腔抵抗が $100\text{cmH}_2\text{O/L/S}$ を越えた症例の相関をみると, 表5になり, この2つの現象における相関はみられなかった。

5. 考 察

(1) 鼻腔抵抗測定法

鼻腔生理学において、鼻腔の通気性に関する研究は、永年のテーマとして、諸家により研究されてきた。まず、鼻腔の通気性の表現を、はじめて記載したのは、Zwaardemaker (1896)³⁵⁾ だと言われている。間接的鼻腔通気度観察法としては Glatzel (1901)³⁶⁾ の金属板がよく知られている。これは、呼吸斑の大きさおよび曇りの消失時間を測定する方法である。その後も鼻腔の通気性を観察するいろいろな工夫がなされてきたが³¹⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾、直接鼻腔内の流速および圧差を測定する方法が一般的になり、本邦でも鼻腔通気度の測定法の標準化が検討されている⁴⁰⁾⁴¹⁾。この方法は、Pneumotachograph を用いて、呼吸流速を測定し、同時に前鼻孔と後鼻孔の圧差を測定し、その圧差と流速から気道抵抗を算出する方法であり、これには、Anterior 法（前方誘導法）と Posterior 法（後方誘導法）がある¹³⁾。この鼻呼吸時の圧差と流速の値を X-Y レコーダで記録させてみると直線にはならず、S 字状の曲線になる。これを圧一流速曲線⁴²⁾ または、鼻腔通気度曲線という⁴³⁾。鼻腔の通気性の表現法は、鼻腔抵抗、鼻腔通気度⁴⁴⁾、あるいは、鼻腔有効断面積⁴⁵⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾ などがあるが、現在は鼻腔を通過する空気を、電気になどえ、鼻腔抵抗 $R = P$ （圧差）/ $\dot{V}$ （流速）と定義し、X-Y レコーダにより記録された圧差および流速から、鼻腔抵抗値を算出する方法が広く用いられている。しかしながら、この鼻腔通気度曲線から求める $P/\dot{V}$ は、一定の値にはならず、各測定点により、異なった値をとる⁴⁸⁾。これは、鼻内の気流が、層流と乱流によって成り立っているからである^{49)~52)}。Rohler (1915)⁵³⁾ は、この曲線が、 $P = k_1 \dot{V} + k_2 \dot{V}^2$ に近似できるとし、 k_1 を層流係数、 k_2 を乱流係数とした。従って、 $\dot{V} = 0$ に近いほど層流係数の影響が強く、反対に $\dot{V}$ が大きくなればなるほど乱流係数の影響が非常に強くなる。従って、鼻腔抵抗値の算出する基準点には、層流成分と乱流成分の影響を十分加味できる点にとるのが理想的である。日本人の鼻腔通気度曲線の到達率から考えると⁵⁴⁾、日本人では、基準点としては、 $P = 1.0 \text{ cmH}_2\text{O}$ あるいは $\dot{V} = 0.25 \text{ L/S}$ が良いと考えられる。しかしながら Anterior 法を用いた場合、片側の鼻腔抵抗値から、全鼻腔抵抗値を算出しなければならず、この算出には

図5 全鼻腔圧-流速曲線の求め方

T: 全鼻腔圧-流速曲線 $\dot{V}_T$: 全鼻腔の流速
R: 右鼻腔圧-流速曲線 $\dot{V}_R$: 右鼻腔の流速
L: 左鼻腔圧-流速曲線 $\dot{V}_L$: 左鼻腔の流速
(圧一定)

表6 鼻腔抵抗に影響を与える因子

(1) 粘膜性因子
• Nasal Cycle
• 姿勢 (Posture)
• 呼吸様式
息こらえ (Breath holding)
再呼吸 (Rebreathing)
過換気状態 (Hyperventilation)
• 運動
• 温度、湿度
(2) 構造的因子

わち、生理的には、両側鼻腔で呼吸した場合、左の圧差も右の圧差も等しい。そのため、Bachmann (1976)⁵⁵⁾ は、右側と左側鼻腔の圧差 (P) を一定にした時の、各々の流速 ($\dot{V}_R$, $\dot{V}_L$) を加算した $\dot{V}_t = \dot{V}_R + \dot{V}_L$ が、その圧差 (P) における全鼻腔の流速になると述べている。そこで、右の圧一流速曲線と左の圧一流速曲線を、圧差 (P) を基準とし、加算することにより、新たな全鼻腔の圧一流速曲線を描くことができる (図5)。ところが、片側鼻腔で鼻呼吸する時と、全鼻腔で鼻呼吸

1/全鼻腔抵抗 = 1/右鼻腔抵抗 + 1/左鼻腔抵抗
を用いるのが一般的である。この式が、厳密にいうと正しく成り立つのは、 P を一定とした時である。すな

する時では、1回の呼吸は、片側鼻呼吸で必要な圧差を必要としないため、実際の圧一流速は、この方法で求めた圧一流速曲線の一部になる⁵⁴⁾。また、この曲線は、Posterior法で測定した、圧一流速曲線に近似する。従って、今回の鼻腔抵抗測定にあたっては、生理的な意味と、計算式で求められることから、 $P = 1.0 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ での鼻腔抵抗値を算出した。

一方、圧一流速曲線は、呼気および吸気時の、鼻腔抵抗を算出できるが、それらの値は、必ずしも一致しない²²⁾⁽⁴⁸⁾⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾。鼻の機能の一つに、呼気性ブレーキがあり、呼吸の際の鼻腔抵抗は、呼気時の肺の収縮を円滑にするため、喉頭、とくに声帯とともに、鼻が重要な働きをしている⁵⁸⁾。また、呼吸機能検査においてはPeak Flow値、 V_{50} 、 V_{25} 、など、呼出機能を問題としている場合が多い。したがって、今回の鼻腔抵抗の測定に対しては、呼気時の抵抗値を採用した。

(2) 鼻腔抵抗の生理的変動

鼻腔の通気性に影響を与える因子としては、粘膜性因子と、構造的因子とに大別することができる。構造的因子とは、鼻中隔や甲介骨などの骨格構造に起因するもので、日常生活においては、通気性に大きな変化は与えない。一方、鼻中隔粘膜や甲介粘膜は、安静状態にあっても、常に一定の状態にあるわけではなく、自動的あるいは生体周囲環境の影響を受け、変動する。これらの変動をひきおこす因子を、粘膜性因子という。鼻粘膜に変動を与える因子としては表6にあげたものが考えられる。したがって、今回の鼻腔抵抗の測定においても、これらの因子の影響を最小限にするように、条件設定を行った。しかしながら、そのなかでNasal Cycleは、今回の測定においても無視できない因子と考えられる。

◎Nasal Cycle

左右の鼻粘膜は、安静にしているとき、常に一定の状態には保たれてはいない。生体のバイオリズムの1つに、Nasal Cycleが存在する。これは、左右の鼻腔の粘膜が、交代性に、腫脹、収縮をくりかえす現象である。例えば、右鼻腔抵抗が増大しても、左鼻腔抵抗は低下するので、その結果、全鼻腔における抵抗はあまり大きな変動はない。Nasal Cycleは、Eccles(1981)⁵⁹⁾によると、中枢性、おそらく視床下部によって制御されている可能性が高い。また、この現象は正常人の72%に認められ¹⁰⁾、性差はなく、平均2.6時間の周期であると言われ、高齢者程、延びる傾向にある。鼻アレルギーや血管運動性鼻炎の患者では、このNasal Cycle

運動前

運動直後

図6 正常成人の運動前後の鼻粘膜

図7 正常成人における運動負荷による全鼻抵抗の変化

は誇張された形で現われ、交代性鼻閉として、自覚される¹²⁾。今回の測定においては、運動後に左右の鼻腔抵抗値の逆転が認められたのは、正常成人において、26例中11例(42%)、成人鼻アレルギー患者において66例中21例(32%)であった。これは、運動が、Nasal Cycleをも変動させる強い刺激であることを示唆するものである。

(3) 運動と鼻腔抵抗

運動も、鼻粘膜に変動を与える因子として重要である(表6)。一般には運動により、鼻腔抵抗値は小さくなり、この状態は3~4分続くと言われる²⁹⁾。しかしな

がら、これまでの報告では、主として運動直後の鼻腔抵抗の変化のみに注目し、運動後の鼻腔抵抗の変化、特に鼻アレルギー患者における鼻腔抵抗の変化については、あまり関心が払われていなかった。下気道においては、運動誘発喘息という現象が、存在し、運動直後だけではなく、その後の経過により、気道の粘膜に変化を生ずる可能性が示唆される。したがって、鼻粘膜においても運動後の変化について追跡し、検討する必要があると思われる。そこで、今回は、鼻腔通気度計により、客観的に、より正確に鼻腔抵抗を測定することにより、鼻粘膜の運動による変化について、検討を行った。

④ 正常者における運動と鼻腔抵抗

正常者の運動前後の鼻腔内をみると、運動によって下甲介が収縮し、総鼻道が開く(図6)。したがって、鼻腔抵抗測定に際しては、検査前に、一定の時間、安静を保たせる必要がある。被験者に日常の行動をとらせた後、安静をとらせた場合の鼻腔抵抗をみてみると、30分後に、抵抗が安定してくるのが分かる(図7)。従って、鼻腔抵抗の測定にあたっては、最低30分以上の安静が必要であり、これは、国際標準化委員会の基準(Committee report on standardization of rhinomanometry, 1983)⁶⁰⁾とも一致する。

運動による鼻腔抵抗値の減少は、生理的変動の中でも、特に顕著なものである。これまでの報告では、運動直後、約50%前後の鼻腔抵抗の減少があると言われている²⁹⁾。また、運動の強さによっても、鼻腔抵抗の減少は異なる²⁹⁾。今回のトレッドミルによる10%、時速6km 6分間の運動負荷は、小児の運動誘発喘息の運動負荷検査の基準に従って行った⁶¹⁾。この負荷基準は、小児における最大運動許容量の約70%にあたると言われている。次に、運動の持続時間の差による、鼻腔抵抗値の減少を比べるため、運動負荷量を一定にして(10%、時速6km、6分間)、負荷時間を2分、4分、6分と変えて、測定してみた結果からは、この程度の負荷時間の変化では、減少の割合は、あまり変化しないことが明らかになった。これは、Forsyth (1983)²⁹⁾の結果と、一致した。

⑤ 鼻腔形態と運動の関係

運動直後の片側鼻腔抵抗の値は、Nasal Cycleの収縮側では、運動前後におけるその変化は少ないが、腫脹側においては、その変化は大きい。その結果、運動直後においては、左右の鼻腔抵抗の差が、安静時に比較すると、小さくなる。これは、ある一定の運動負荷

を与えると、鼻粘膜の血管の容積に変化を与え、左右鼻粘膜の容積が、Maximumに近い状態まで収縮するためと考える。従って、正常成人での運動による左右差 $1.0 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ は、すなわち、正常人の鼻腔形態の左右差の範囲内を示す一つの指標であろうと考える。そこで、この正常成人の鼻腔形態の左右差を越えた場合に鼻腔形態異常が存在すると考えた。事実、鼻アレルギー患者では、運動直後においても、鼻腔抵抗値に左右差が存在していた。これは、鼻アレルギー患者が、鼻粘膜病変だけでなく、鼻中隔彎曲などの鼻腔骨格形態異常を伴っていることが多いためと考えられる。66名の成人鼻アレルギー患者の中で、鼻腔骨格形態異常を伴った群と伴わない群とに分けて、それぞれ、安静時と運動直後の鼻腔抵抗値の左右差を比較してみた。この二群は、正規性がとばしいため、累積分布曲線を作ってみた。安静時においては、その二群の交点(すなわち、false positiveとfalse negativeの頻度が等しくなる点)は、 $9.8 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ であり、false positive, false negativeの頻度(誤診率)は24%であった。一方、運動直後では、 $2.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 、18%となった。この結果は、鼻腔骨格形態異常を鼻腔抵抗値から、診断する場合、安静時より運動直後の鼻腔抵抗値の左右差の方が、参考になることを意味する。そこで、さらに、運動前後の鼻腔抵抗値から、線形判別分析を行い、スコア化による判別を試みたがあまり有効ではなかった。いずれにせよ、今回の結果は、鼻腔抵抗値からも、鼻鏡検査、X-P検査だけではなく鼻中隔彎曲症などの鼻腔形態異常を客観的に評価することが可能であることを示唆している。つまり、運動負荷は、運動直後の鼻腔抵抗値の左右差により、運動前の左右差が、粘膜性のものか、鼻腔形態異常などの、構造的のものかが推測できる。さらに、正常成人における鼻腔抵抗値の左右差の95%信頼限界の値(平均値 $\pm 2\text{SD}$)も、 $2.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ であったことも考え合わせると、運動直後の左右の鼻腔抵抗値の差が $2.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 以上の値となる場合、鼻腔形態異常の存在が強く示唆される。

⑥ 鼻アレルギーと運動

鼻アレルギー患者は、正常者に比べて、運動により、ダイナミックな鼻腔抵抗の変化がみられる。成人鼻アレルギー患者66名と正常成人26名の全鼻腔抵抗値の変化をみてみると、安静時には鼻アレルギー患者の抵抗値は、正常成人に比べて高い傾向にあるが、運動負荷を行うと、正常成人も鼻アレルギー患者も、直後の抵

図8 鼻アレルギー患者の運動負荷による片側鼻腔抵抗の変化

a) 症例18

b) 症例7

抵抗値は、それぞれ、 $2.4 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$, $2.4 \pm 0.8 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ とほぼ等しくなる。これは、鼻アレルギー患者の鼻閉の原因は、主として粘膜性に腫脹していることをあらわしている。一方、運動後の鼻腔抵抗の変化は、正常者も、鼻アレルギー患者も、運動後15~20分後で高くなるが、正常者では、安静時より極端に高くなる傾向は少なく、むしろ安静時の抵抗値を越えず、ゆっくり元の抵抗値へ戻るのがみられた。一方、鼻アレルギー患者では戻り方もダイナミックであり、15~20分後には、安静時の抵抗値より、はるかに大きくなっていく傾向がみられた。すなわち、鼻アレルギー患者は、運動前後で、正常者に比べて、鼻腔抵抗の著しい変化がある。これは、鼻アレルギーの粘膜には、血流、血管容積あるいは、血管の透過性などに、正常者とは異なる何らかの特異的な病的反応が存在するように思われる。

その中で、鼻アレルギー患者の一部には、運動を負荷することによって、15~20分後に、片側鼻腔の抵抗値が極端に上昇し、完全鼻閉(鼻腔抵抗値 $100 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 以上)を起こす例がある。症例18では、両側鼻腔抵抗は、安静時は、それほど高くないが、運動により、両側とも抵抗値は極端に小さくなる。ところが、

その後左鼻腔抵抗は5分後には、安静時の抵抗値をはるかに越え、20分後には完全鼻閉となっている。一方、右鼻腔抵抗は、左鼻腔の完全鼻閉により、安静時の抵抗値よりむしろ低い値で安定している(図8a)。また、症例7では、安静時に高値を示した右鼻腔抵抗は運動後には、高くはならず、反対に、安静時に低値を示した左鼻腔が、10分後には、完全鼻閉を示している(図8b)。このような完全鼻閉の現象は正常者には全くみられなかった。また、安静時における、腫脹側、収縮側との関連性も認められない。症例7のような腫脹、収縮側が逆転する例も、運動が、Nasal Cycleを、変化させる程の刺激となりうることを意味する。従って、このような完全鼻閉の現象は、単なる鼻粘膜局所の問題ではなく、中枢を介した反応である可能性を示唆している。また、この現象と鼻腔骨格形態異常の有無に関しては、有意差はみられなかった。これは、骨格構造とこの現象の間には、関連性がないことが示唆されるものである。運動によってもたらせる鼻閉の現象を、運動誘発鼻閉 (Exercise Induced Nasal Obstruction, EINO) と称し、『安静時の鼻腔抵抗値が両側とも $35 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 以下であり、運動直後、片側(どちらか一側)の鼻腔抵抗値が $100 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 以上になる現

象』と定義し、研究の一部はすでに報告した⁶²⁾。スポーツマンと鼻アレルギーについては、Katz (1984)⁶³⁾が、2人の陸上ランナーが、運動により鼻腔抵抗が上昇したことを、報告している。さらに、Widdicombeとその共同研究者ら (1985)⁶⁴⁾も全鼻腔抵抗を別の方法により測定し、運動後の鼻腔抵抗が上昇するという現象を指摘しており、rebound として報告している。一方、運動の下気道に及ぼす影響としては、運動誘発喘息 (EIA) が知られている。EIA は、特に小児の気管支喘息患者に起こりやすく、運動後 5—10 分後に喘息発作を生ずる。その機序としては、様々な機序が考えられている。その中で、気道の Cooling によって EIA が引き起こされるという考え方が最も一般的である⁶⁵⁾。今回、気管支喘息児 50 名に運動負荷を与えたところ、64% に EIA を生じ、上気道の変化として 38% に EINO を生じた。しかしながら、EINO と EIA の発現には、明確な相関はみられなかった。さらに、気管支喘息の症状のない小児鼻アレルギー患者でも 15 例中 6 例、40% に EINO がみられた。また、成人鼻アレルギー患者では、23% に EINO が認められた。つまり EINO は、鼻アレルギーにみられる一つの特有な病態現象であると思われる。興味深いことに、EIA と EINO では負荷後の発現時間に、5—10 分程度のズレがある。このような時間的ズレがなぜ生ずるかは明らかではないが、EIA、EINO が必ずしも同一の神経伝達物質や、オータコイドによって、引き起こされるとは限らない可能性が示唆される。EINO の反応機序は現在のところ不明な点が多い。しかしながら、今回の正常者、鼻アレルギー患者の運動負荷に対する研究から、鼻腔抵抗の変化は、鼻粘膜への血流、血管容積、血管透過性などが変動するものと考えられ、その変化は、中枢により制御され、さらに様々な化学伝達物質が関与しているものとする。特に鼻アレルギー患者は、この刺激反射系に異常を生じ、その患者の一部には、15—20 分後に、過敏反応を示して、EINO といわれるような現象が現われるものとする。何故、小児と成人に EINO の発現率に差があるかは、不明であるが、その考え方の一つとしては、過敏反応の機序として、小児と成人は、反射系自体の閾値に差があること、第 2 点として、小児は、もともと、鼻腔の容積が小さくて、そのため、安静時においても成人に比べて、鼻腔抵抗が高く、それだけ、反応が出やすいことなどが考えられる。

このように、運動により鼻腔抵抗は、大変興味ある変動を示す。しかし、その生理学的、病態生理学的意

味付けは、いまだ、十分とはいえない。その変動は、血流、あるいは、血管容積の変化などによるものであると思われるが、それには、交感、副交感神経系、化学受容器、あるいは、各種ケミカルメディエータが、どのように関与しているかは、今後の研究に待たれるところである。

6. ま と め

鼻腔の通気性は様々な条件の下で、変化する。その通気性に影響を与える因子としては、構造的因子と粘膜性因子に大別することができる。これらの因子がどのように鼻腔に影響を与えるかを検討するため、今回、鼻腔通気度計を用い、鼻腔抵抗を測定した。本法により、鼻腔の通気性を客観的に評価することができた。その中で、運動負荷を行い、鼻腔抵抗の変化を測定したところ以下のような結果が得られた。

(1) 正常成人、成人鼻アレルギー患者、正常児、小児鼻アレルギー患者、気管支喘息児に運動負荷 (トレッドミル 10% 6km/h, 6 分間) 行くと、運動直後には鼻腔抵抗の減少がみられ、鼻アレルギー患者は、正常者に比べて、著しい鼻腔抵抗の減少がみられた。

(2) 運動直後の鼻腔抵抗値は、正常者、鼻アレルギー患者もほぼ等しい値となった。

(3) 運動負荷時間を、2 分、4 分、6 分と変化させたが、運動直後の鼻腔抵抗値の減少には、有意差がみられなかった。

(4) 正常者の運動直後の片側鼻腔抵抗値の左右差は、 $1.0 \pm 0.7 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ と安静時の $4.0 \pm 3.5 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ に比べて減少した。しかしながら、鼻腔骨格形態異常を伴った鼻アレルギー患者は、運動直後も、鼻腔抵抗値の左右差は、大きく、累積分布曲線による分析からは、 $2.4 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ より大きい値を示した者には鼻腔形態異常を示す例が多かった (誤診率 18%)。従って、運動負荷は鼻腔骨格形態異常の客観的評価に有用であると考えられた。

(5) 運動負荷後の全鼻腔抵抗の変化は、運動後 5 分後から鼻腔抵抗値の上昇傾向を示した。正常者が安静時とほぼ変わらない鼻腔抵抗値を示すのに対し、鼻アレルギー患者では安静時に比べて全鼻腔抵抗値が上昇する傾向がみられた。

(6) 運動後の片側鼻腔抵抗の変化では、10—20 分後に極端に片側鼻腔抵抗値の上昇がみられ、 $100 \text{ cmH}_2\text{O/L/S}$ 以上になる例、すなわち運動誘発鼻閉 (EINO) が成人鼻アレルギー患者では、15 例 (23%)、小児鼻アレ

ルギー患者, 6例(40%), 気管支喘息児18例(36%)にみられた。

⑦ 気管支喘息児においては運動誘発鼻閉(EINO)と運動誘発喘息(EIA)の間には明らかな相関がみられなかった。

このように, 運動負荷は, ダイナミックに鼻粘膜を腫脹, 収縮させ, 生理的変動を検索するうえで, 非常に有益な方法であることが明らかになった。運動直後の片側鼻腔抵抗値の左右差からは, 鼻腔の骨格構造の異常をある程度のところまで, 推測することができ, 例えば, 鼻中隔彎曲症の手術適応を, 決めるのにも有効であろうと考えられる。また, 運動後の鼻腔抵抗の戻り方をみていくと, 鼻アレルギー患者においては, 気管支喘息患者(特に小児)の, 運動誘発喘息(EIA)と似たような現象, すなわち運動誘発鼻閉(EINO)という現象が発現することが確認された。しかしながら, EIAとの間には発現時期の差があり, その発現メカニズムは, まだ不明な点が多い。また, 小児と成人の発現率は, 小児の方が高い傾向にあった。このように, EINOは鼻アレルギー粘膜の非特異的刺激に対する反応プロセスを考えるうえで, 極めて示唆に富むものである。したがって, EINOの発現機序の解明は, 鼻腔生理, および, 鼻アレルギーの病態生理の研究の上で, 重要であると考えられた。

参考文献

- 堀江 滋: Phototransistorを応用した鼻用光電式 Plethysmographの試作と, 鼻中隔粘膜の血管反応。日耳鼻 64: 284-309, 1961.
- 加藤秀雄: 反射光電式 Plethysmographによる下鼻介粘膜血行の臨床的研究。日耳鼻 68: 305-332, 1965.
- 山川 薫: 下鼻介粘膜の血行動態に関する臨床的研究。日耳鼻 70: 754-785, 1967.
- Cody DR, Kern EB, Pearson BW: Ears, Nose, and Throat. Year Book Medical Publishers, Chicago, London 1981.
- Broms P: Rhinomanometry III (Procedures and criteria for distinction between skeletal stenosis and mucosal swelling. Acta Otolaryngol (Stockh) 94: 361-370, 1982.
- 野村恭也, 飯沼壽孝: 耳鼻咽喉科治療ハンドブック。南山堂, 東京, 1986.
- Kayser R: Die exacte Messung der Luftdurchgängigkeit der Nase. Arch Laryngol 3: 101-120, 1895.
- Heetderks DR: Observations on the reaction of normal nasal mucous membrane. Am J Med Sci 174: 231-244, 1927.
- Stoksted P: The physiologic cycle of the nose under normal and pathologic conditions. Acta Otolaryngol (Stockh). 42: 175-179, 1952.
- Hasegawa M, Kern EB: Human nasal cycle. Mayo Clin Proc 52: 28-34, 1977.
- Eccles R: The domestic pig as experimental animal for studies on the nasal cycle. Acta Otolaryngol (Stockh) 86: 464-468, 1978.
- 長谷川 誠: Nasal Cycleの研究。耳鼻 26: 535-543, 1980.
- 長谷川 誠: nasal cycle. 日耳鼻 86: 619-622, 1983.
- Rundcrantz H: Posture and congestion of nasal mucosa in allergic rhinitis. Acta Otolaryngol (Stockh) 58: 283-287, 1964.
- Rundcrantz H: Postural variations of nasal patency. Acta Otolaryngol (Stockh) 68: 435-443, 1969.
- Hasegawa M, Saito Y: Postural variations in nasal resistance and symptomatology in allergic rhinitis. Acta Otolaryngol (Stockh) 88: 268-272, 1979.
- Haight JSJ, Cole P: Reciprocating nasal airflow resistances. Acta Otolaryngol (Stockh) 97: 93-98, 1984.
- Hasegawa M, Kern EB: The effect of breath holding, hyperventilation and exercise on nasal resistance. Rhinology 16: 243-249, 1978.
- McCaffrey TV, Kern EB: Response of nasal airway resistance to hypercapnia and hypoxia in the dog. Acta Otolaryngol (Stockh) 87: 545-553, 1979.
- McCaffrey TV, Kern EB: Response of nasal airway resistance to hypercapnia and hypoxia in man. Ann Otol Rhinol Laryngol 88: 247-252, 1979.
- 長谷川 誠: 斎藤洋三, 渡辺建介, 高山 哲: 「息こらえ」による鼻腔抵抗の変化について。日耳鼻 79: 30-35, 1976.
- Salman SD, Procter DF, Swift DL et al: Nasal Resistance: Description of a method and effect of temperature and humidity changes. Ann Otol Rhinol Laryngol 80: 736-743, 1971.
- Dallimore NS, Eccles R: Changes in human nasal resistance associated with exercise, hyperventilation and rebreathing. Acta Otolaryngol (Stockh) 84: 416-421, 1977.
- Cole P, Forsyth R, Haight JSJ: Effects of cold air and exercise on nasal patency. Ann Otol Rhinol

- Larygol 92: 196-198, 1983.
- 25) 谷本秀司, 石田祐子, 坂口喜清, 渡瀬隆雄, 奥田 稔: 温熱負荷による鼻腔通気度の変化. 日鼻科 24: 132, 1985.
- 26) Hasegawa M, Kern EB: The effect of breath holding, hyperventilation, and exercise on nasal resistance. Rhinology 16: 243-249, 1978.
- 27) Richerson HB: Seeböhm PM: Nasal airway response to exercise. J Allergy 41: 269-284, 1968.
- 28) Sakethoo K, Kaplan I, Sackner MA: Effect of exercise on nasal mucous velocity and nasal airflow resistance in normal subjects. J Appl Physiol Respirat Environ Exercise Physiol 46: 369-371, 1979.
- 29) Forsyth RD, Cole P, Shephard RJ: Exercise and nasal patency. J Appl Physiol Respirat Environ Exercise Physiol 55: 860-865, 1983.
- 30) 飯倉洋治, 乾 宏行, 西川和子, 梅里義博: 運動誘発性喘息. 医学のあゆみ 123: 393-400, 1982.
- 31) 長谷川 誠, 斎藤洋三, 渡辺建介, 高山 哲: 鼻腔通気度測定に関する研究の進歩. 耳鼻 21: 135-153, 1975.
- 32) Fleiss JL: The design and analysis of clinical experiments. 1st Ed. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- 33) Conover WD, Iman RL: Rank transformation as a bridge between parametric and nonparametric statistics. The American Statistician 35: 124-33, 1981.
- 34) 佐久間 昭: 医学統計Q & A. 金原出版, 東京, 1987.
- 35) Zwaardemaker H: Ademaanslag als diagnosticum der nasale stenose. Ned Tydschr Geneesk 25: 297-300, 1889.
- 36) Glatzel: Zur Prüfung der Luftdurchgängigkeit der Nase. Ther Gegenw 42: 348, 1901.
- 37) 臼井信郎 他: 呼吸抵抗計による鼻腔抵抗測定法. 耳鼻臨床 69: 1083-1089, 1976.
- 38) 戸川 清 他: 鼻腔通気測定法の現況. 耳鼻 26: 665-676, 1980.
- 39) 堀部幸元 他: 鼻腔通気度測定法の検討—オッシレーション法による—. 耳鼻臨床 76: 1023-1030, 1983.
- 40) 戸川 清 他: 「鼻腔通気度測定法の標準化」研究報告集. 昭和52年度文部省科学研究費による試験研究, 1978.
- 41) 戸川 清 他: 鼻腔通気度測定法の標準化. 昭和58年度科学研究費補助金試験研究(1)研究成果報告書, 1984.
- 42) 戸川 清: 鼻呼吸障害—その病態生理と臨床—. 第83回日耳鼻宿題報告, 1982.
- 43) 長谷川 誠, 大木幹文: 鼻腔抵抗値の測定法—基準点のとり方について—. 昭和58年度科学研究費補助金試験研究(1)研究成果報告書, 1984.
- 44) Keuning J: On the nasal cycle. Int Rhinol 6: 99-136, 1968.
- 45) Foxen EH et al: The assesment of nasal air-flow: A review of past and present methods. J Laryng and Otol 85: 811, 1971.
- 46) 熊沢忠躬, 野村恭也: 鼻科学臨床所見の定量化. 金原出版, 東京, 1985.
- 47) 海野徳二 他: 鼻腔有効面積の測定について. 日耳鼻 76: 1060-1066, 1973.
- 48) 長谷川 誠: 鼻腔抵抗測定法とその臨床的応用. 日耳鼻 76: 126-146, 1973.
- 49) Ingelstedt S: Humidifying capacity of the nose. Ann Otol Rhinol Laryngol 79: 499, 1970.
- 50) Tonndorf W: Der Weg der Atemluft in der menschlichen Nase. Arch Ohren Nasen Keh 146: 41, 1939.
- 51) Proetz AW: Air currents in the upper respiratory tract and their clinical importance. Ann Otol Rhinol Laryngol 60: 439, 1951.
- 52) Proctor DF: "Physiology of the upper airway" in Handbook of Physiology Vol 1. The Williams and Williams Co, Baltimore, 1960, pp. 309-345.
- 53) Rohler F: Der Stromungswiderstand in den menschlichen Atemwegen und der Einfluss der unregelmässigen Verästelung des Bronchialsystems auf den Atmungsverlauf verschiedenen Lungenbezirken. Pflüg. Arch ges Physiol 162: 225, 1915.
- 54) Ohki M, Hasegawa M: Studies of transnasal pressure and airflow values in a Japanese population. Rhinology 24: 277-282, 1986.
- 55) Bachmann W: The present status of rhinomanometry. Rhinology 14: 5-9, 1976.
- 56) Ferris BG, Mead J, Opie L: Partitioning of respiratory flow resistance in man. Appl Physiol 19: 4, 1964.
- 57) 今野昭義: 鼻内気流と鼻腔抵抗, 第2編. 日耳鼻 72: 49-65, 1969.
- 58) Jackson RT: Nasal-Cardiopulmonary reflexes: A role of the larynx. Ann Otol Rhinol Laryngol 85-70, 1976.
- 59) Eccles R, Lee L: The influence of the hypothalamus on the sympathetic innervation of the nasal vasculature of the cat. Acta Otolaryngol (Stockh)

- 91: 127-134, 1981.
- 60) Clement PAR: Committee report on standardization of rhinomanometry. *Rhinology* 22: 151-155, 1984.
- 61) 四宮敬介 他: Exercise induced asthma (EIA) 誘発に関わる運動の種類および量の検討, トレッドミルによる運動負荷について. *アレルギー* 30: 235-243, 1981.
- 62) Hasegawa M, Kabasawa Y, Ohki M et al: Exercise-induced change of nasal resistance in asthmatic children. *Otolaryngol Head Neck Surg* 93: 772-776, 1985.
- 63) Katz RM: Rhinitis in the athlete. *J Allergy Clin Immunol* 73: 708-711, 1984.
- 64) Syabbalo NC, Bundgaard A, Widdicombe JG: Effects of exercise on nasal airflow resistance in healthy subjects and in patients with asthma and rhinitis. 507-513, 1985.
- 65) 川村悟朗, 飯倉洋治: スポーツとアレルギー. 治療

68: 101-106, 1986.

稿を終えるに臨み, 統計学的御指導を賜った佐久間昭東京医科歯科大学臨床薬理学教授に深謝します。小児科学的にアドバイスを頂いた花沢靖弘国立王子病院小児科医長に深謝します。流体力学的に御助言をいただいた富永昭筑波大学第一学群講師に感謝します。また, 直接御指導を賜った長谷川誠講師をはじめ, 東京医科歯科大学医学部耳鼻咽喉科学教室員に深謝します。

本論文の要旨の一部は, 第22, 23回の日本鼻科学会総会において発表し, さらに, 第24回日本鼻科学会シンポジウムにおいてまとめて発表した。

本研究に対しては, 文部省科学研究費(奨励研究A, 課題番号62771303)の援助を受けた。

(原稿受付 昭和63. 3.30日急載)

別刷請求先 〒351-01 和光市本町31-2-703 大木幹文