

運動負荷の鼻腔通気性におよぼす影響

—— 特に水泳と陸上運動後の変化について* ——

朴沢 二郎, 松井 匡治, 佐藤 佑, 藤井 邦夫
宮城 進, 佐藤 久, 粟木 一博, 石三 香織

(1995年10月31日受付)

I. はじめに

呼吸を行う際、第1図に示すように外鼻孔より吸い込まれた空気(吸気)は鼻腔を通過して喉頭より気管内に入り、更に気管支および細気管支を経て肺に到達する。一方、肺より排出された空気(呼気)は、吸気と逆の径路を通過して気管より後鼻孔に入り、更に鼻腔内を通過した後、外鼻孔から外界へ排出される。(吉川ら¹⁾)

このように鼻腔は気道の最先端に位置し、鼻腔内の抵抗(鼻腔通気度)が気道全体の抵抗に

大きく影響する。

鼻腔内の空気は第1図右のように吸気・呼気とも同じ道を通り、層をなして流れる事が実験によって確かめられて居るが、鼻腔の形態の異常(例えば鼻中隔が左右どちらかに曲がっているなど)や鼻腔内に鼻汁、異物などがある場合に気流が妨げられて鼻閉(鼻づまり)が起こる。又、生理的にもヒトの体には鼻腔内の気流を調節する働きがあり、例えば寒期に冷たい空気が入って来た場合は反射的に鼻腔が狭くなって気流を遅くし、空気を暖めて肺に送る仕組みになっ

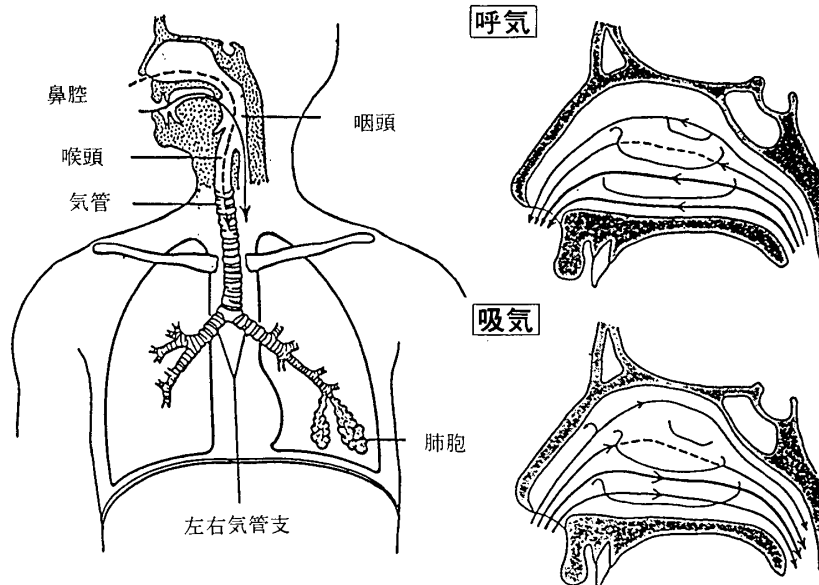


図1 呼吸器の全景(吉川ら¹⁾)と鼻腔内の気流

* 本研究は平成6・7年度教育研究新規事業・研究計画に基づく研究費によるものである。

ている。(切替ら²⁾)

このように、鼻腔通気度は常に一定している訳ではなく、外界の温度変化や鼻および体の状態に影響されて変化している。

さて、運動を負荷した場合に鼻腔通気性が一時的に上昇する事が海野³⁾, 戸川⁴⁾らによって報告されている。しかしこれらの研究はトレッドミルやエルゴメーターを使った運動負荷直後の影響を調べたものであり、健康成人について競技別に各種スポーツの影響を具体的に調査した報告は見当たらない。

そこで我々は仙台大学の水泳部および陸上競技部の学生を対象として各自がそれぞれ競技前にウォーミングアップとして行っている運動メニューの実施前後に鼻腔通気検査を行い、水泳および陸上運動の鼻腔通気性に及ぼす影響を調査したので報告する。

II. 方法

1. 対象

水泳部学生(男子5名, 女子5名)及び陸上競技部学生(男子11名)について調査を行った。何れも18歳から21歳までの健康な学生で耳鼻咽喉科専門医の診察によって特記すべき鼻疾患の認められない正常者を選んだ。

2. 鼻腔通気度測定の方法と運動負荷の内容

鼻腔通気度の測定は全て仙台大学室内プールサイド及び陸上競技場で行い、まず運動負荷前の鼻腔通気性を計測した。次に以下の様な練習メニューに従い、運動負荷直後の鼻腔通気性を計測した。

(1) 水泳メニュー

運動負荷の目的で使用したメニューは100m自由型競泳用に組まれたもので、選手が試合にベストコンディションで臨めるよう試合前3週間の調整期に行うプログラムである。凡そ90分間、距離にして約4,100mを次の順に泳ぐ。な

お、室温は19.5°C、水温は26.5°Cであった。

1) ウォーミングアップ

体全体の筋肉をほぐし、身体を温める目的で50%の力でトータル800mを約15分泳ぐ。

2) 400mおよび200m個人メドレー泳法

まずバタフライ・背泳・平泳ぎ・自由形の順で各100mずつ、トータルを7分以内で泳ぐ。次いで、200m個人メドレー(各泳法50m)を2回連続して行い、1回につき3分30秒以内で泳ぐ。

3) ロールキック

下肢の耐久性を養う目的で、次の方法により次第にピッチを上げながらトータル1,600mを約30分泳ぐ。

(i) 自由形のキックで400mを7分30秒以内で泳ぐ。

(ii) 同様の泳法で100mを1分45秒以内で泳ぎ、これを10回繰り返す。

(iii) 同じく50mを全力で泳ぎ、1回50秒以内で、連続4回繰り返す。

4) パドルスイム

負荷のかかった状態でも安定感のある泳ぎを持続する力を養う練習として、泳ぐ距離が増すにつれて呼吸を制限して行く泳法を約14分間行う。すなわち、

(i) 自由形で800mを最初の200mは3回かく毎に1回呼吸、次の200mは5回かく毎に1回、次は7回に1回、そして最後の200mは9回に1回という具合に呼吸を制限し乍らトータルを12分以内で泳ぐ。

(ii) バタフライで1区切りを100mをとり、同様の呼吸制限を加えながら6回連続して行う。

5) 全力泳法

100m自由形種目に好タイムを出す練習として150mを自由形で全力で泳ぐ。これを2回行う。

6) イージークールダウン

体全体の筋肉をほぐす目的で水中でゆっくり約10分泳ぐ。

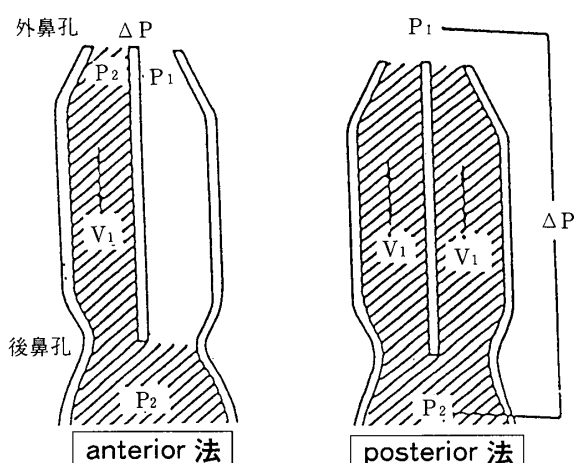


図2 鼻腔通気度測定原理 (海野³⁾)

- P_1 : 鼻腔前部の圧
- P_2 : 鼻腔後部の圧
- ΔP : 鼻腔前後の圧差
- V : 鼻腔流量

以上の運動量が生体に及ぼす影響として終了直後、呼吸数は練習前の平均 20.8 から 30.2 に増加し (増加率 45.1%)、心拍数は平均 63 から 96 に増加 (増加率 52.4%)、体温 (舌下温度) が 36.0°C から 36.3°C に増加する (上昇率 0.8%) のが確認された。

(2) 陸上運動メニュー

運動負荷の目的で使用したメニューは次の通りである。

被検者は短距離を専門とするグループで、運動量としてウォームアップから 100 m タイム

トライアルまで所要時間にして約 40 分である。すなわち、ウォームアップとして、ジョギング (800-1,000 m)、体操、ストレッチング、動きづくり、及び 150 m 流し (2 回) を行い、次いで 100 m タイムトライアルを行った。

以上の運動量が生体に及ぼす影響として、終了直後、呼吸数は練習前の平均 19.3 から 35.8 に増加し (増加率 85.5%)、心拍数は平均 63.5 から 114 に増加 (増加率 78.9%)、体温 (舌下温度) が 36.5°C から 37.0°C に増加する (上昇率 1.2%) のが確認された。

3. 鼻腔通気度測定法

a) 測定法の原理

今回我々は、鼻腔通気度測定法として広く用いられている active 法 (戸川⁴⁾) を使用して測定を行った。この方法は被検者が自発的な呼吸を行っている際の鼻腔通気度を測定するもので、鼻腔の抵抗 R は鼻腔を通過する空気の流れ速度 V と、その際に生ずる鼻腔前後の圧差 $\Delta P (P_1 - P_2)$ を実測し、 $R = \Delta P / V$ の式から算定する事ができる。 ΔP を求めるための鼻腔後方圧 P_2 の測定には、図 2 に示す様に、口腔内に挿入した経口圧導出用プローブを介して後方より計る方法 (後方誘導法, posterior 法) と、一側の外鼻孔に圧導出用ネーザルキャップを挿入し、経鼻的に前方より計る方法 (前方誘導法, anterior 法) とがあるが、今回は anterior 法によって左右各々

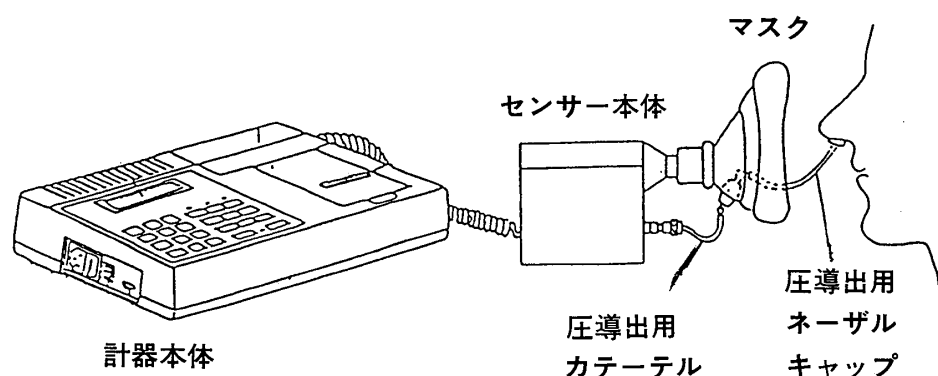


図3 鼻腔通気度計 KOC-8900 (チェストエムアイ⁵⁾)

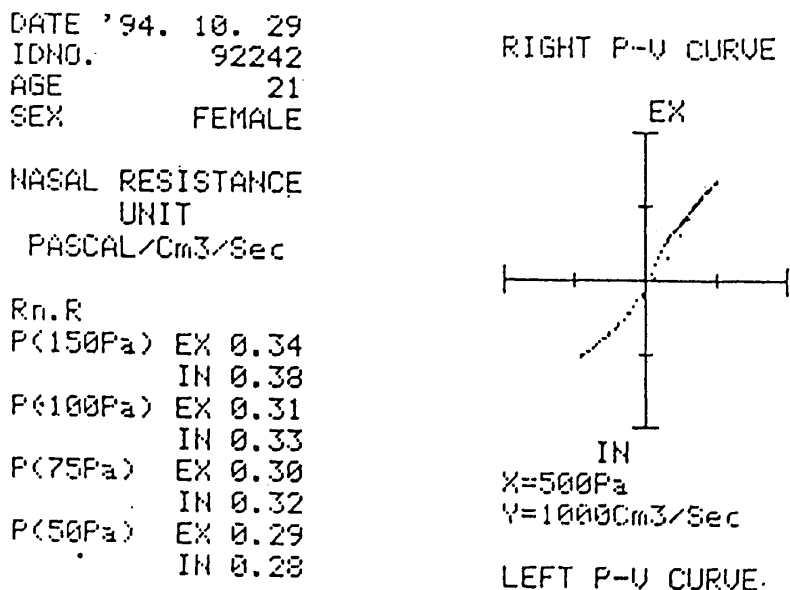


図4 鼻腔抵抗実測値プリントアウト例 (右)

の鼻腔抵抗を単独に計り, 計算により両側の鼻腔抵抗値を求める方法をとった。

b) 測定法の実際

使用した鼻腔通気度計はチェストエムアイ社製のスタンダードライノグラフ, KOC-8900でJIS規格に合致した圧力検出部と流量検出部を持ち, 図4に示す様に本体とセンサー及びマスクから成り立っている。図4に示す様にまず, マスクに圧導出用ネーザルキャップを取り付け, これを被検者の右の外鼻孔に挿入してから鼻全体をマスクで覆い測定を開始する。本装置に内蔵されたコンピューターは3呼吸分のデータを自動的に測定し, その中から最適のデータを選択して解析する。次に同様の方法で左鼻腔の測定を行う。こうして得られた鼻腔抵抗値は圧流量曲線と共に液晶ディスプレイ上に表示され, 同時に, 内蔵のプリンターによってプリントアウトされる。

図4は実際にプリントアウトされたデータで, 基準点を50, 75, 100および150 Pascalとした時のそれぞれの鼻腔抵抗 (Pascal/cm³/sec)が記され, 同時に圧流量曲線が記録されている。

さて, 鼻腔通気度計は一般に耳鼻咽喉科診療

に使用され, 治療によって, 鼻閉(鼻づまり)がどの程度改善されたかを判定する目的のために開発された器械であるため, JIS規格でも, 鼻腔抵抗値が表出されるように設定されている。しかし, 今回我々の研究は鼻づまりよりも鼻の通り具合が運動の前後で, どのように変化したかを調査するのが目的なので, 抵抗値の逆数である鼻腔コンダクタンス(海野³⁾)を算定し, これを指標として鼻腔通気性を検討した。すなわち, 本研究では, 基準点を ΔP が100 Pascalである時の鼻腔抵抗値をまず測定し, その値の逆数であるコンダクタンスを算定して鼻腔通気性を評価した。

III. 成 績

1. 水泳前後の鼻腔通気性の変化

被検者全例の水泳前後における鼻腔通気性を表1に一括表示した。

呼気の両側鼻腔コンダクタンスの平均値は水泳前 2.21 ± 1.15 cm³/sec, 水泳後 3.61 ± 1.26 cm³/secで, t検定(杉田⁶⁾)を行った結果, 有意水準1%で水泳後の鼻腔通気性が水泳前よりも上昇する事が確認された。

表 1. 水泳前後に於ける鼻腔通気性（コンダクタンス）の変化

氏名	鼻腔コンダクタンス* (cm ³ /sec/PASCAL)					
	呼気			吸気		
	右	左	両	右	左	両
	前/後	前/後	前/後	前/後	前/後	前/後
杉○	1.43/0.85	2.27/2.70	3.70/3.57	1.04/1.59	2.56/4.17	3.70/5.88
竹○	0.43/0.84	0.89/0.32	0.98/1.16	0.11/0.98	0.89/1.56	1.01/2.56
金○	0.29/2.27	3.85/2.63	2.03/5.00	0.28/3.33	2.00/1.26	2.33/4.76
三○	2.17/2.08	0.66/1.32	2.86/3.45	2.27/2.56	1.10/1.89	3.45/4.55
小○	0.63/1.47	1.04/1.10	1.67/2.63	1.09/1.33	0.09/1.45	1.96/2.86
渡○	0.25/2.22	0.32/1.59	0.56/3.85	0.27/2.27	0.65/1.75	0.93/4.35
清○	0.77/3.33	1.33/0.51	2.13/3.85	0.76/0.76	1.41/1.28	2.17/2.04
瀬○	0.85/2.08	1.01/2.56	1.89/4.76	0.71/1.14	1.54/1.72	2.27/2.94
宮○	0.71/1.15	1.19/1.37	1.92/2.56	0.78/0.74	1.12/1.14	1.92/1.89
松○	1.61/3.23	1.33/2.63	4.35/5.26	1.60/3.03	1.41/2.08	3.03/5.36

*：圧が 100 パスカルの時の鼻腔コンダクタンス

表 2. 水泳中の呼気法の差異と水泳後の鼻腔通気の変化との関係

呼気径路	鼻腔通気の変化（呼気/吸気）			
	増加	不変	減少	計
鼻腔経由	2/3	1/0	0/0	3/3
口腔経由	4/5	3/2	0/0	7/7
計	6/8	4/3	0/0	10/10

数字は例数

吸気の両側鼻腔コンダクタンスの平均値も水泳前 2.28 ± 0.92 cm³/sec, 水泳後 3.72 ± 1.43 cm³/sec で, t 検定の結果, 水泳後の鼻腔通気性が有意の上昇を示した。(有意水準 1%)

個々の例でも水泳後の通気性は, 呼気で 10 名中 9 名, 吸気で 10 名中 8 名が水泳前より 20% 以上の上昇を示した。

2. 水泳中の呼気法の違いと鼻腔通気性の変化との関係

水泳中の吸気は全員口腔を経由して行ってい

るが, 呼気では鼻腔を経由する者 3 名, 口腔を経由する者 1 名, 鼻と口の両方を経由する者 6 名と, 各々呼気法に違いが見られた。これを表 2 のように, 鼻腔経由群と, 主として口腔を経由する群に別けて, 呼気法の違いが水泳後の鼻腔通気性の変化に影響するかどうかを検討した。その結果, 水泳後に鼻腔通気性が 20% 以上上昇した例の割合は, 鼻腔経由群で 3 例中 2 例 (66.7%) に対し, 口腔経由群では 7 例中 4 例 (57.1%) であり, χ^2 検定の結果両群の間に有意の差は認められなかった。(有意水準 5%)

3. 運動（陸上）前後の鼻腔通気性の変化

被検者全例の運動（陸上）負荷前後に於ける鼻腔通気性を表 3 に示した。

呼気の両側鼻腔コンダクタンスの平均値は運動前 2.30 ± 0.87 cm³/sec, 運動後 3.53 ± 1.21 cm³/sec で, t 検定を行った結果, 有意水準 1% で運動後の鼻腔通気性が運動前よりも上昇する事が確認された。

吸気の両側鼻腔コンダクタンスの平均値も

表 3. 運動 (陸上) 前後に於ける鼻腔通気性 (コンダクタンス) の変化

氏名	鼻腔コンダクタンス* (cm ³ /sec/PASCAL)					
	呼気			吸気		
	右	左	両	右	左	両
	前/後	前/後	前/後	前/後	前/後	前/後
遠○	1.16/1.32	1.35/1.59	2.17/2.94	2.56/1.72	2.78/1.54	2.22/3.33
菅○	1.25/2.27	0.42/1.11	1.70/3.45	1.24/2.27	0.45/1.06	1.70/3.45
湯○	1.21/4.17	0.50/0.95	1.72/5.26	1.54/4.17	0.79/0.74	2.38/5.00
星○	1.06/0.35	1.56/2.38	2.63/2.78	0.66/0.75	1.52/1.96	2.22/2.78
森○	0.46/1.18	0.70/0.58	1.16/1.79	0.23/1.16	1.16/1.79	0.91/1.72
高○	0.50/1.79	1.21/0.28	1.72/2.08	0.14/1.92	0.56/0.12	0.70/2.08
岡○	1.72/2.13	1.39/2.38	3.13/4.55	0.39/1.61	0.89/1.47	1.30/3.13
村○	0.41/1.24	1.02/0.94	1.45/2.22	0.42/1.39	1.06/1.27	1.49/2.70
坂○	0.83/2.56	3.03/2.38	4.00/5.00	0.81/1.79	3.33/1.61	4.17/3.45
清○	1.96/2.27	0.24/2.13	2.22/4.55	1.54/1.82	0.30/1.72	1.85/3.70
堀○	1.96/2.08	1.32/1.92	3.33/4.17	2.27/3.03	1.01/2.63	4.00/5.88

*: 圧が 100 パスカルの時の鼻腔コンダクタンス

表 4. 運動 (陸上) 負荷後の呼吸・脈拍数の変化と鼻腔通気性の変化との関係

呼吸数の増加*	鼻腔通気性の増加**		
	著名	増加	計
100% 以上	3名	3名	6名
100% 以下	2名	3名	5名
計	5名	6名	11名

* 運動負荷前に比して負荷後の呼吸・脈拍数が 100% 以上増加した群とそれ以下の増加を示した群に区別した

** 運動負荷前に比して負荷後の鼻腔通気性が 50% 以上増加したものを著名増加, それ以下のものを増加とした

運動前 2.09 ± 1.09 cm³/sec, 運動後は 3.38 ± 1.20 cm³/sec で, t 検定の結果, 運動後の鼻腔通気性が有意の上昇を示した。(有意水準 1%)

個々の例でも図 5 に示すように運動後の鼻腔通気性の増加が認められている。

4. 運動負荷後の呼吸・心拍数の増加率と鼻腔通気性の増加との関係

同じ運動量でも呼吸・心拍数の増加率に個体差がある。そこで運動後の呼吸・心拍数が運動前に比べて 100% 以上増加した群と 100% 以下の群に分けて運動負荷後の鼻腔通気性に差があるかどうかを検討した。その結果, 表 4 に示すように運動後の鼻腔通気性が著明に (50% 以上) 増加した者の割合は呼吸・心拍数が 100% 以上増加した群で 6 名中 3 名, 100% 以下の群では 5 名中 2 名であり, χ^2 検定の結果, 両群間に有意の差は認められなかった。(有意水準 5%) 従って呼吸・心拍数の変化が著明な者ほど鼻腔通気性の増加が顕著であるとは言えなかった。

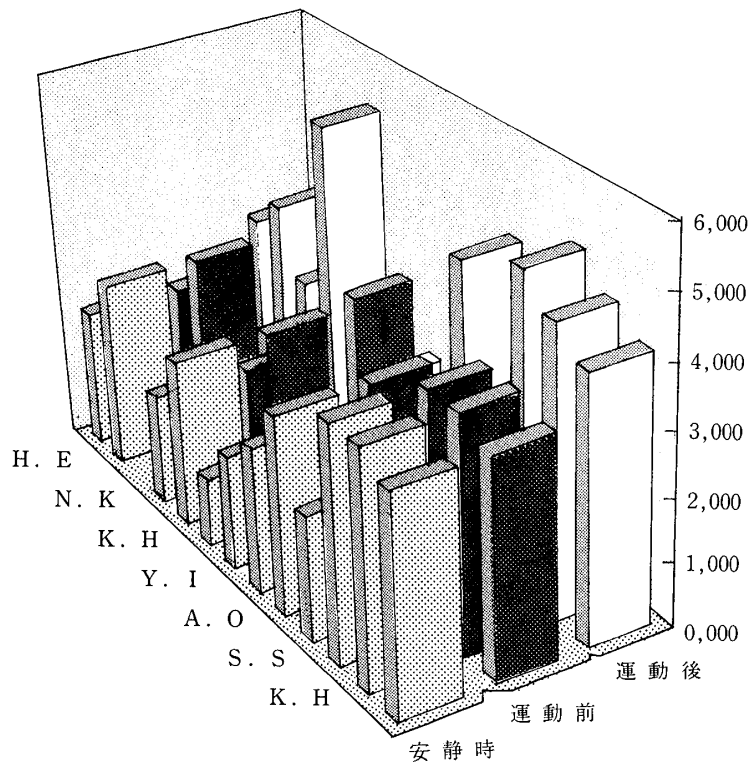


図5 運動（陸上）前後の鼻腔通気性の比較

表5. 運動負荷後の鼻腔通気性の変化と鼻腔所見との関係

鼻腔	鼻腔通気性の変化							
	呼気				吸気			
	増加	不変	減少	計	増加	不変	減少	計
鼻中隔彎曲側	4(2)	2(0)	2(2)	8(4)	5(2)	3(2)	0(0)	8(4)
反対側	4(1)	4(3)	0(0)	8(4)	3(1)	4(3)	1(0)	8(4)
計	8(3)	6(3)	2(2)	16(8)	8(3)	7(5)	1(0)	16(8)

数値は陸上・水泳の合計例数，カッコ内の数値の水泳のみの例数但し，鼻腔通気が+20%以上増加したものを増加，-20%以上減少したものを減少，20%以内の増減を不変とした。

5. 運動後の鼻腔通気性の増加と鼻腔所見との関係

鼻鏡検査によって鼻中隔の彎曲が認められた8名(中4名は水泳)について，彎曲側の鼻腔(狭い)と反対側鼻腔(広い)とで運動後の鼻腔通気性の変化に差があるかどうかを検討した。その成績は表5に示す通り，運動後20%以上鼻腔通気性の増加した割合は鼻中隔彎曲側で8例中4例，反対側鼻腔で8例中4例であり χ^2 検定の

結果，有意の差は認められなかった(有意水準5%)。これは呼気・吸気の場合とも同様であり，また水泳と陸上の各々について検討した結果も，運動後の鼻腔通気性の増加と鼻中隔彎曲側との間に全て有意の関係は認められなかった。(有意水準5%)

IV. 考 察

以前にも運動負荷後鼻腔通気性が一過性に改善するという報告がある。海野³⁾は健康男子11名及び女子7名にトレッドミルを使って傾斜10%, 速度4-6 km/hrの条件で2-4分間運動を負荷し, 運動直後の鼻腔通気性の変化を経時的に観察した結果, 鼻腔通気性は一過性に上昇してから徐々に元に復し, 運動負荷条件が4 km/hrよりも6 km/hr, 負荷時間が2分よりも6分と増やすにつれて通気性の上昇が大きくなり, 元に回復するまでの時間も延長したと報告している。

運動負荷によって何故鼻腔通気性が上昇するかに関して, 戸川⁴⁾はサイクルエルゴメーター(30 Watt, 20回転/分)を用いて10分間の運動負荷中の正常被検者8名の鼻粘膜腫脹度の変化を観察した結果, 全例に鼻粘膜が収縮し, 鼻腔有効断面積が拡大した事から, これが鼻腔通気性の増加の原因であろうと述べている。運動生理学から見ても, 運動時は安静時に比べて呼吸循環系の機能促進が必要となり, 分時換気量(中野⁷⁾)も増加するので, 鼻腔通気性もこれに依って上昇する事は目的に適った反応といえる。しかし, 今回の調査では運動後の心肺系の機能促進と鼻腔通気性との間に有意の相関は認められず, 両者の間には別の生理学的機構が働くものと思われる。Paulsson⁸⁾も運動によって鼻粘膜の血流に変化は認められなかったと述べている。

さて, 運動負荷後に鼻腔通気性が増加することは文献上, 明らかであるが, 負荷する運動の種類によって鼻腔通気性がどのように変化するかに関しては, これまで全く検討がなされていない。特に水泳は陸上と異なった水中という特殊な環境でなされるものであり, その詳細な検討が必要と思われるが, これに関する報告は見当たらない。石川ら⁹⁾は喘息の子供に対し, 治療の目的で行った水泳の前後に鼻腔通気性を測定しているが, この場合水泳直後に通気性が一時

悪化し, それから改善すると報告している。長谷川¹⁰⁾はアレルギー性鼻炎の粘膜では運動負荷直後, リバウンドによる腫脹が起こると述べているが, 石川らの観察した喘息の子供もこうした正常粘膜と異なったりリバウンド反応を示したものである。

今回我々が行った健康成人に対する調査結果は水泳も陸上運動も基本的にはトレッドミルやエルゴメーターによって運動負荷した場合と同様に, 運動負荷後に鼻腔通気性の増加を認めた。しかし, オリンピック選手の花粉症がスポーツ医学でも問題視されているように鼻腔通気性が競技力や競技中の注意力に影響を及ぼすことを考えると, 今後更にこれらの影響を各種目別に詳しく検討する必要があると思われる。

V. ま と め

仙台大学水泳部学生10名(男子5名, 女子5名)及び陸上競技部学生11名(男子)について, 各々練習メニューの運動を行った前後に鼻腔通気性を測定し, 運動の鼻腔通気性に及ぼす影響を検討した。その結果

1) t検定の結果水泳後の鼻腔通気性は水泳前に比べて有意に上昇する事が確認された。(有意水準1%)

2) 水泳中の呼吸法の違いによって水泳後の鼻腔通気性の増加に差が現われるかどうかを検討したが, χ^2 検定の結果有意の差は認められなかった。(有意水準5%)

3) t検定の結果, 陸上運動後の鼻腔通気性は運動前に比べて有意に上昇することが確認された。(有意水準1%)

4) 運動による呼吸・心拍数の増加率と鼻腔通気性の増加率との関係を検討したが χ^2 検定の結果, 両者に有意の相関は認められなかった。(有意水準5%)

5) 鼻中隔彎曲症のある8例について彎曲側の鼻腔と反対側鼻腔の通気性を比較検討したが, χ^2 検定の結果, 運動負荷による鼻腔通気性

の増加に有意の差は認められなかった。(有意水準 5%)

文 献

- 1) 吉川文雄 他：解剖生理学，金原出版(東京)1991
- 2) 切替一郎 他：新耳鼻咽喉科学，南山堂(東京)1982
- 3) 海野徳二：鼻呼吸障害の解析と機能回復，文光堂(東京)1992
- 4) 戸川 清：鼻呼吸障害，宿題報告モノグラフ1982
- 5) 戸川 清：鼻腔通気度測定法の標準化 昭和58年科研費研究成果報告書1983
- 6) 杉田輝道 他：統計学入門，医学書院(東京)1993
- 7) 中野昭一 他：図説・からだの仕組みと働き，医歯薬出版1991
- 8) PAULSSON B., BENDE M. and OHLIN P.: Nasal Mucosal Blood Flow at Rest and during Exercise Acta Otolaryngol (Stockh) 99: 140-143, 1985
- 9) 石川 孝：鼻アレルギー患者の運動負荷による鼻腔通気度の変化 日胸疾患誌 25(1)57-61, 1987
- 10) 長谷川誠：鼻腔通気度検査法，耳鼻咽喉科検査法マニュアル 123-124 南江堂(東京)1992

Influence of Swimming and Running on Nasal Patency

Jiro HOZAWA, Masaharu MATUI, Tasuku SATO,
Kunio FUJII, Susumu MIYAGI, Hisashi SATO,
Kazuhiko AWAKI and Kaori ISHIMI

It is well known that exercise on a cycle ergometer causes a fall in nasal resistance. However, the influence of several sports on nasal resistance has not been actually investigated.

So, to clarify the effects of swimming and running, nasal patencies of 10 swimming club students and 11 running club students were investigated by anterior rhinomanometry. Ages of the subjects ranged from 18 to 21 years, and no pathological findings were not detected by rhinoscopic examinations in all subjects. The test of nasal patency was performed before and after doing the swimming program and the running program, which were enough to induce dominant elevations of respiration, heart rate and body temperature. From the results, it was confirmed that nasal patency was significantly increased after swimming as well as running ($p < 0.01$).