

高気圧環境下における気管支喘息児に対する運動負荷時の 呼吸機能変化（人工気象室を用いて）

国立小児病院 富川盛光
(共同研究者) 同 齊藤博久
同 赤澤晃
東京慈恵会医科大学 松田秀一

Changes in the Lung Function of Asthmatic Children when Tasked with Exercise at High Atmospheric Pressure Using an Atmosphere-Changing Chamber

by

Morimitsu Tomikawa

National Children's Hospital, Department of Allergy

Hirohisa Saito

National Children's Hospital Research Center, Department of Allergy and Immunology

Akira Akasawa

National Children's Hospital, Department of Allergy

Shuichi Matsuda

The Jikei University School of Medicine, Department of Pediatrics

ABSTRACT

Recently divers who have asthma are increasing along with the increase in the population of divers. The purpose of this study was to evaluate changes of lung function of asthmatic children with exercise at high atmospheric pressure using an atmosphere-changing chamber.

Changing of pressure for 3m under sea-level, asthmatic patients were put in a chamber fixed temperature and humidity. And we measured their lung function after exercise with a cycle ergometer. The other day we used same protocol expect no change of pressure, and measured

it. The lung function was a tendency to decrease as atmospheric pressure is high, but this result is not significant because of very few cases. As some reports of asthma and diving were reviewed, asthmatic patient can dive under a very careful guidance of doctor. The environment of safety diving with asthma should be made by investigating the studies from various different aspect.

要 旨

近年スキューバダイビング人口の増加にともない気管支喘息患者もダイビングをする機会が増えてきた。そこで、加圧環境下での生体反応について呼吸機能の側面から運動負荷を加えてどう変化するかを検討した。気管支喘息患者を人工気象室に入室させ、気温、湿度一定で水深3m (1.3気圧)まで加圧し、自転車エルゴメーターによる固定運動負荷をかけ、呼吸機能を測定した。別日、同一条件で圧変化を行わず同様の負荷テストを行った。症例が少なく統計学的検定は行えなかったが、加圧条件で呼吸機能の低下傾向がみられた。ダイビングと喘息について文献的考察から、個々に徹底した指導下で予防薬の投与などを行い慎重に対処すれば、ダイビングも可能と考えられる。しかし、喘息とダイビングに関しまだ結論は出ていないため、今後各方面からの基礎研究を続け、それらを統合し喘息患者でも安全なダイビングができる環境をつくることが望まれる。

1. はじめに

今まで当施設では、人工気象室を用いて気管支喘息患者を対象に、気圧変化、とくに減圧の際の呼吸機能についての研究を行ってきた。加圧に関しては木村らにより水深2m相当での運動負荷を行い、大気圧条件と比較し1秒量 (forced expiratory volume 1.0 : FEV_{1.0}) の変化率での有意差はない¹⁾と報告されているのみである。近年、スキューバダイビング人口の増加は著しく、加圧環境下での生体反応がいかなるものか注目されている。そこ

で、今回我々は、水深3mの加圧による気管支喘息患者における呼吸機能の変化を調べることを目的とした。

2. 目 的

実験1：大気圧から水深3m相当に加圧するときの安静時の呼吸機能の変化を調べる。

実験2：水深3m相当での運動負荷時の呼吸機能変化を調べる。

研究方法

2. 1 人工気象室について

人工気象室は、国立小児病院小児医療研究センター内に設置されているタバイエスペック社製高低圧環境シミュレーターPEC-30を使用した。収容定員は4名、設定範囲は温度-30~+40℃、湿度30~80%、気圧250hPa (0.25気圧、標高10,000m) ~2,000hPa (2気圧、水深10m)である。

2. 2 スパイロメーターについて

呼吸機能はミナト社製オートスパイロAS-300

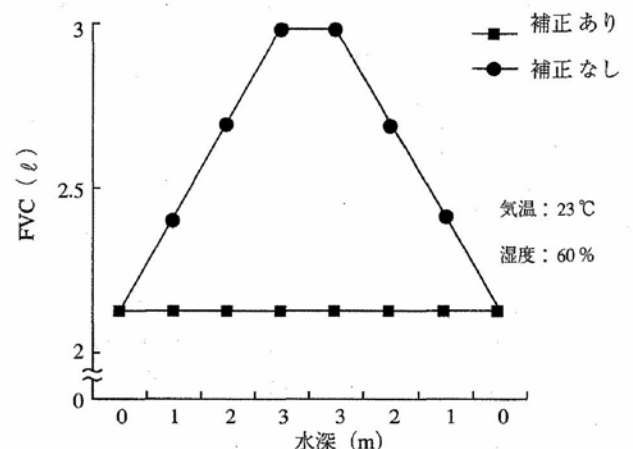


図1 FVC補正のグラフ

を使用した。

このスパイロメーターのセンサーの感知の方法は通過する空気分子数により努力性肺活量 (forced vital capacity : FVC) を決定するので、較正用の2ℓポンプは気温23℃、湿度60%、1気圧の条件では空気の体積は約2,12ℓとこのオートスパイロメーターには表示される。加圧に伴い空気密度は増加するが、較正ポンプの体積は一定であるためオートスパイロメーターのFVCの表示は増加する。そこで、2ℓの較正用定量ポンプを用いて、各気圧ごとに、FVC値の補正を行った。図1に示す通り補正するとFVCは一定となった。

2.3 対象

実験1) 気管支喘息児9名 (男児5名, 女児4名), 年齢は7歳から16歳, 平均11.5歳。重症度では, 重症5名, 中等症1名軽症3名。また, 気管支喘息のない成人5名, 男子3名, 女子2名, 年齢は22歳から27歳, 平均23.6歳を対照とした。

実験2) 気管支喘息患者4名 (男子2名, 女子2名), 年齢は13歳~36歳, 平均20.0歳。重症度では軽症4名であった。

2.4 運動方法

運動の負荷方法は日本小児アレルギー学会研究試案²⁾の変法による固定負荷試験を行った。すなわち, 自転車エルゴメーターを使用し, 負荷量 = (体重 kg) × 0.035kp/kg, 4min, 60rpm, の運動を行った。ちなみにオリジナルでの負荷量は6分間である。

2.5 実験方法

実験1: 気温を23℃, 湿度60%の一定条件のもとで, 気圧を1分あたり0.02気圧づつ加圧を行い, 5分で1.1気圧水深1m相当, 呼吸機能測定的时间を含め25分で1.3気圧水深3m相当に達する加圧を行った。その後, 約15分間留まり, 同様の変圧速度で大気圧まで戻した。呼吸機能測定に関する実験計画を図2に示した。

実験2: 気圧を1気圧, 気温を23℃, 湿度

60%の一定条件のもとで, 前述の運動負荷を行い, 運動負荷前, 直後, 5分後, 15分後に呼吸機能を測定した (図3)。後日, 気温を23℃, 湿度60%の一定条件のもとで, 気圧を1分あたり0.02気圧づつ加圧を行い, 5分で1.1気圧水深1m相当, 呼吸機能測定的时间を含め25分で1.3気圧水深3m相当に達する加圧を行った。その後, 前述の運動負荷を行い, 1気圧の測定同様4回の呼吸機能を測定し, 同様の変圧速度で大気圧まで戻した (図4)。

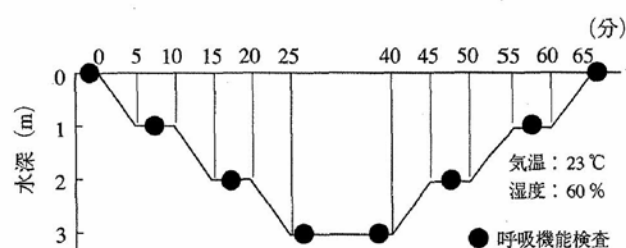


図2 加圧時の安静時呼吸機能測定

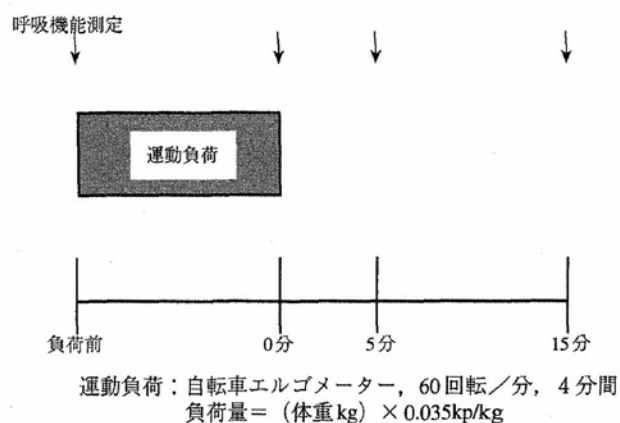


図3 実験2の運動負荷時の呼吸機能測定法

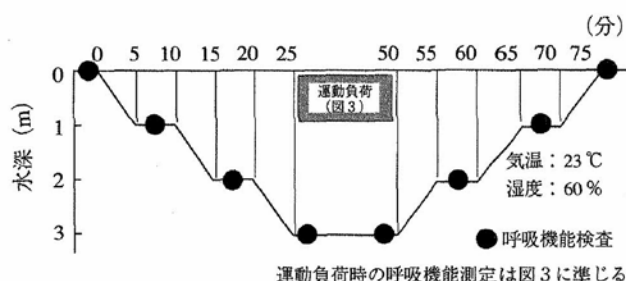


図4 加圧時運動負荷時の呼吸機能測定

3. 結果

実験1) 努力性肺活量, 1秒量に関しては喘息群, 非喘息群間ではっきりとした傾向はみられなかった。また, 肺活量 (vital capacity : vc) の50%の点における流量 \dot{V}_{50} に関しては正常人では下に凸のラインを呈していた (図5)。FEV_{1.0} に関しては, 喘息, 非喘息に限らず下に凸のラインを呈していた例もみられた。例数も少ないため統計的な検討は行えなかったが, 加圧環境下において安静時呼吸機能が低下する傾向が認められた。

実験2) FEV_{1.0}, \dot{V}_{50} いずれについても運動負荷を行った方が呼吸機能がより低下する傾向がみられた (図6, 7)。安静時でも呼吸機能の低下がみられる上にさらに運動を負荷するという状況にあり呼吸機能の低下がさらに増強した。

4. 考察

気管支喘息患者に対するダイビングに関して外国での報告を見ると, 病態生理学的な実験で報告している論文は少なく, アンケート調査や, 今までに発表された論文の総説にしかすぎない。今回我々は喘息患者の呼吸機能の面から検討を行った。運動誘発性喘息については飯倉らの報告^{3, 4)} など, 広く認められている現象であるが, 加圧環境下での運動誘発性喘息についての報告は見られない。

実験1で安静時呼吸機能がやや低下している状態が認められる。これは, 加圧により空気密度の増加するため同一量の一回換気でも分子量が増加した分, 空気流低下が起こり, 呼吸機能が低下する⁵⁾ と考えられる。安静時でこのような現象が起きているが, 運動を負荷すると (実験2), さらに著明に露見される。とくに図7の \dot{V}_{50} の変化率で見るとわかりやすい。従来の運動負荷の報告通り, 負荷直後は体内の酸素需要量の増加から呼吸機能の改善が見られる。しかし, 運動終了後5分後に

は呼吸機能の低下が見られ, 15分後には改善する。このパターンに変化はないが, 同一人物で比較すると, 加圧状態の方が呼吸機能が低下しているのがわかる。この現象も先述の機序で起こると考えられる。今回, 年齢, 性別, 症状を適合させた対照と比較できなかったが, この実験は症例を増やすことによってより明確な加圧での生体反応

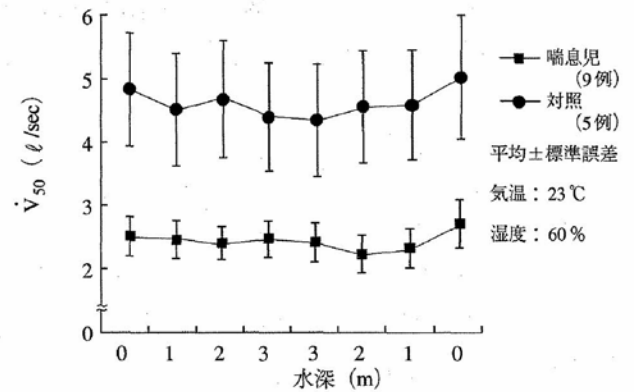


図5 加圧による \dot{V}_{50} の変化

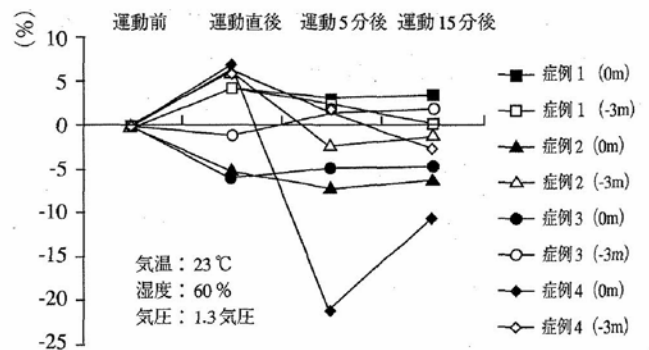


図6 水深3m相当加圧下の運動負荷後のFEV_{1.0}の変化率

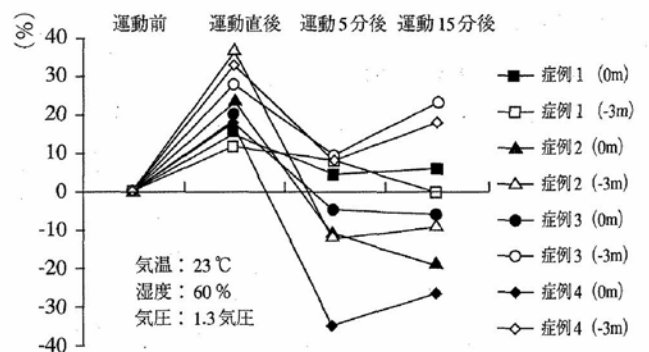


図7 水深3m相当加圧下の運動負荷後の \dot{V}_{50} の変化率

を証明できる手段であると考えられた。

先述のごとくダイビングを行う際の生体反応の病態生理は解明されていないし、また、今回の実験で示唆できたのは呼吸機能の1面にすぎず、いろいろな側面を持ち合わせているダイビングでは一元的に喘息との関係に関連づけることはできない。

Jenkins, Vealeらは、ダイビングは乾燥した冷たい空気を吸入し、運動を行うため、また、ダイビング自身が呼吸器への圧障害、動脈寒栓を含む減圧病を起こし得るため、喘息を含む呼吸器疾患患者はダイビングを厳しく制限すべき⁶⁾と報告しており、それらを支持する発表も多く存在する。しかしながら、先にも述べたように、病態生理学的に検討した発表がないだけに、Neuman, Kelsenらは喘息、非喘息間のリスクにおいて差はない⁷⁾、またEhmは今後の研究発表次第での慎重な検討を必要とする⁸⁾等の報告をしている。興味深い発表として、Farrell, Glanvillはアンケート調査の結果から喘息のある104人のダイバー（延べ12,864回のダイビング；ダイビング記録より）に発作後どの程度間隔をあけてダイビングするかを調べると、9人ものダイバーが発作後1時間以内にダイビングをし（延べ124回）、一度も異常は起きていない。ほとんどの人は予防薬を使用していた。そこで彼らは48時間以上間隔をおいてダイビングは安全だろう⁹⁾と述べている。ただし、ダイビングの経験不足で起こる事故には、喘息以外の要因が強く、各ダイビングライセンス発行元の判断となると考えられる。

5. まとめ

加圧により運動負荷時の呼吸機能の低下傾向がみられた。

また喘息とダイビングに関しまだ結論は出ないが、今後、各方面からの基礎研究を続け、それらを統合し喘息患者でも安全なダイビングができる環境をつくることが望まれる。

文 献

- 1) 木村康子, 飯倉洋治, 他；小児気管支喘息児の運動耐容能の検討—人工気象室を用いての基礎的研究—, *デサントスポーツ科学*, 15, 119—128 (1994)
- 2) 西間三馨；運動誘発喘息の自転車エルゴメーターによる運動負荷量の検討, *日児誌*, 85, 1030—1038 (1981)
- 3) Iikura-Y, et al ; Factors predisposing to exercise-induced late asthmatic response., *J. Allergy Clin. Immunol.*, 75, 285—289 (1985)
- 4) 飯倉洋治, 永倉俊和；運動誘発性喘息, *新小児医学大系* (早川浩ら著), 中山出版, 東京, 第21巻B, 83—98 (1981)
- 5) Lenggenhager-K ; Treatment of Severe Bronchial Asthma with a Low-Pressure Chamber and 100% O₂, *ANESTH ANALG*, 64, 551—553 (1985)
- 6) Jenkins-C, Veale-A, et al ; Compressed air diving and respiratory disease, A discussion document of the Thoracic Society of Australia and New Zealand, *Med-J-Aust*, 158 (4), 275—279 (1993)
- 7) Neuman-TS, Kelsen-SG, et al ; *Asthma and Diving*, *Ann-Allergy*, 73 (4), 344—350 (1994)
- 8) Ehm-OF ; Who may dive?, *Ther-Umsch*, 50 (4), 258—262 (1993)
- 9) Farrell-PJ, Glanvill-P ; Diving practices of scuba divers with asthma, *BMJ*, 300 (6718), 166 (1990)