

運動誘発性喘息における終末呼気陽圧法 (PEEP) の効果に関する検討

Effects of positive end-expiratory pressure on exercise -induced asthma

梶 沢 靖 弘*, 伊 藤 拳**, 天 羽 敬 祐**

Yasuhiro KABASAWA *, Susumu ITO ** and Keisuke AMAHA **

ABSTRACT

Bronchoconstriction in asthmatics is so prominent after running but much less after swimming. We hypothesized it was stemmed from the differences of breathing between two exercises. It is noticed that most of swimmers are giving the positive end-expiratory pressure(PEEP)to their lungs by expiring in the water.

We made a device to give PEEP during running. In order to test our hypothesis, pulmonary functions of asthmatic children were studied using the protocols, including positive or zero end-expiratory pressure during running on the treadmill of a slope of 10% at a speed of 6kmph for 6 minutes. The results showed that exercise-induced asthma did not occur after the treadmill running with PEEP loading.

We concluded that the results supported our hypothesis.

はじめに

喘息患者が運動後に喘息発作を起こすことはよく知られた事実である。このことは、運動誘発性喘息 (Exercise-induced asthma=EIA) と呼ばれている。小児喘息児のEIA頻度は64%であったり。成人に比べて小児喘息患者での発生頻度は高く、重症患者の方が軽症よりEIAは起こりやすい。

このEIAは同じ運動量でも陸上運動で発現しやすく、一方、水泳運動では少ないという特徴がある。このメカニズムは不明であるが、現在のところ運動時における体位の違い (直立と水平位の違

い)、さらに吸気の湿度、気道粘膜における熱喪失、水分喪失などの違いなども考えられている¹⁾。

筆者らは、水泳時の呼吸法が陸上運動の場合のそれと大きく異なっている点に注目した。すなわち、多くの泳者は水中で勢いよく呼気を吐き出すことによって終末呼気陽圧 (Positive end-expiratory pressure=PEEP) を自らの肺に与えているのではないかということである。そこで今回は、考案したPEEP負荷装置を用いて、水泳時における呼吸法 (特に自由形泳法におけるもの) をトレッドミル運動中に再現し、その検討結果を報告する。

* 国士館大学体育学部スポーツ医科学科、東京医科歯科大学医学部小児科 (Dept.of Sports Medical Science, Faculty of Physical Education, Kokushikan University Dept.of Pediatrics, Tokyo Medical and Dental University)

** 国士館大学体育学部スポーツ医科学科 (Dept. of Sports Medical Science, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

研究方法

I：被験者

東京医科歯科大学小児科に通院したEIAを有する小児喘息患者7名である。7名の内訳は、男3名、女4名、年齢は9歳から13歳であった。被験者本人ならびにその保護者から研究参加への承諾を得ている。本試験に入る前に、被験者にはトレッドミル運動、運動前後に行われる肺機能検査、そしてPEEP負荷装置の説明を行い、さらに十分な準備練習期間を設けた。

II：トレッドミル運動負荷

EIA誘発のための適当な負荷量として、本邦のEIA基準作製委員会のものを採用した²⁾。すなわち、速度6 km/h、傾斜角10%、運動時間6分間である。

III：PEEP負荷装置

図1にPEEP負荷装置を示した。被験者の口、鼻に密着するマスク、内径3.5cmのホースに連結する部

分に吸気弁と呼気弁が組み込まれている。ホースの先には貯水槽があり、水面からホース先端までの距離がいわゆるPEEP圧となる。予備実験から、本試験に用いた至適PEEP圧は7.5cm水柱とした。

IV：検査プロトコル

検査のデザインを図2に示した。2時間の途中休憩をはさんで、2回の運動負荷を行った。主たる検査は、1回目の運動中にPEEP負荷を行った

DEVICE TO GIVE PEEP

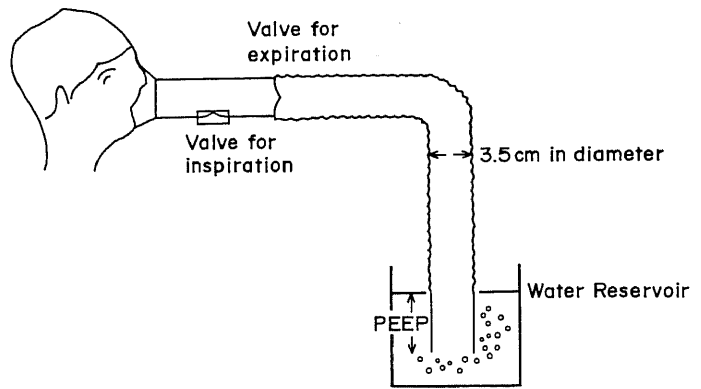


図1

DESIGN FOR STUDY

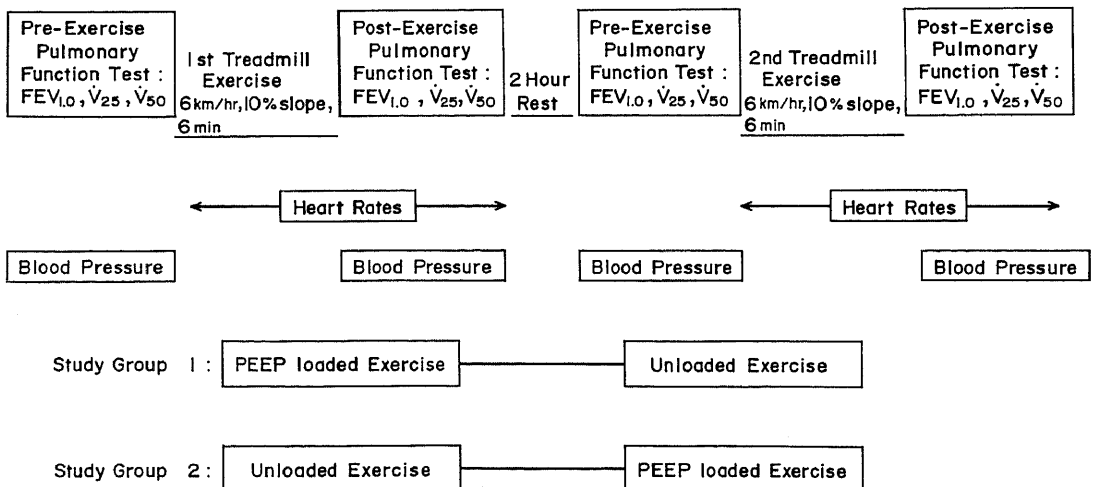


図2

もの (PEEP圧7.5cm水柱)、2回目はPEEPの負荷をかけなかった (PEEP圧0 cm水柱) のものからなっている。図のグループ1として示されている。グループ2は検査日をかえて (7日以内) PEEP負荷法の順番を変えたものである。

運動前後に施行され、肺機能としての1秒量 (FEV_{1.0}) はEIA評価のための標準の検査パラメーターとして推奨されているのでこれのみを検査結果に示した。1秒量は運動前、運動後5分、10分、15分、20分、25分、30分の時点で測定した。結果は運動前値からの%変化値にて表示した。EIAの評価は運動終了後5分の時点で1秒量の最大低下率を示すので、とくにこの時点を重視した。なお、検査中の被験者には心電図によるモニターを実施し、血圧も測定した。

結 果

予備検査にて、被験者7名全員がトレッドミル運動終了後5分の時点で1秒量の変化率が15%以

上の低下がみられたことを確認している。喘息重症度が中等症から重症の範疇に属する被験者7名の1秒量の変化率が図3に描かれている。図の左半分には1回目の運動時におけるPEEP負荷時の変化率が示されている。重症の2名 (■と▲印)を除いて、運動後5分の時点で、3名の1秒量の低下率は軽減し、2名は運動前より改善していた。図の右半分は、2時間の休息後に施行された2回目の運動時における同じ被験者7名のPEEP無負荷の場合のパターンである。予備検査の時のものと類似した結果であった。すなわち、被験者全員、運動後5分の時点の1秒量の低下率は基準である15%を超えていた。図4は運動後5分の時点の1秒量低下率をPEEP負荷群とPEEP無負荷群とで比較したものである。両群の平均値の差をt検定でみると、5%の危険率でPEEP負荷群の低下率はPEEP無負荷群より有意に少なく、EIA予防効果が示された。

図2の検査デザインの中のグループ2の結果は1秒量変化率のパターンとして図5に示した。被

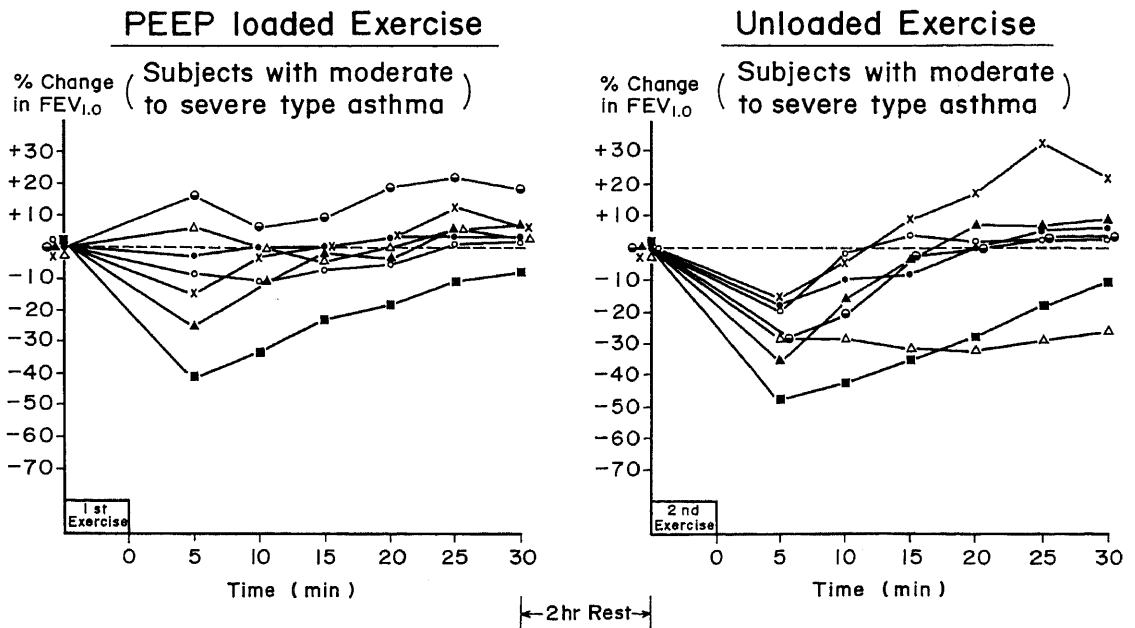


図3

VALUES AT 5 MIN. AFTER EXERCISE

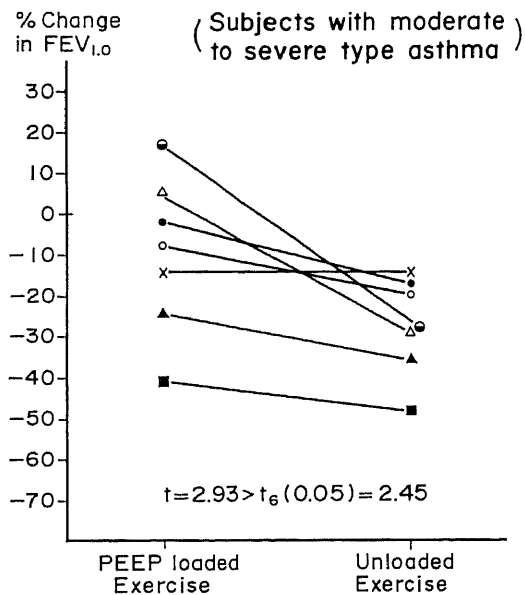


図4

験者7名の中、2名が検査に参加できず、5名の結果が描かれている。図の左半分に示されているように、PEEP無負荷である1回目の運動後5分の時点で5名被験者の1秒量はそれぞれ15%以上の最大低下を示し、聴診上も喘鳴が聴取された。一方、図の右半分は2時間後に施行されたPEEP負荷された同じ被験者5名のパターンである。重症(■印)と中等症(●印)2名の患者における1秒量の改善が著しい。図6は図4と同じくPEEP負荷群とPEEP無負荷群の1秒量低下率の比較であるが、負荷の順番を変えても、5%の危険率でPEEP負荷群の低下率はPEEP無負荷群より有意に少なかった。

考 察

運動誘発性喘息(EIA)についてのいくつかの仮説がだされている。今回の研究はそのなかの1つに迫ったものである。これまで発表されたもの

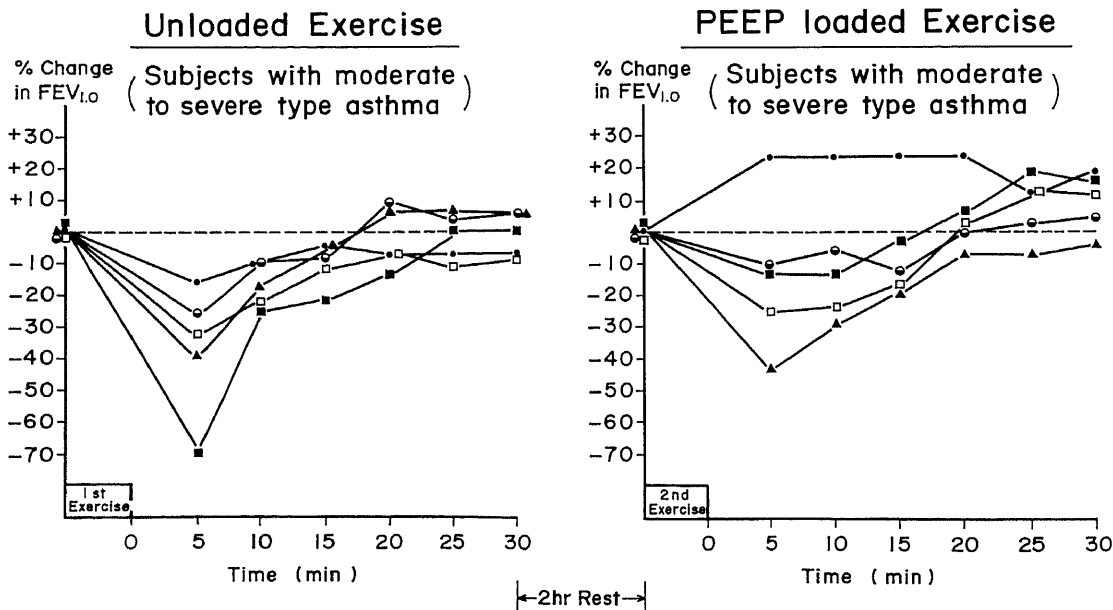


図5

についてまとめてみたい¹⁾。気道からの熱喪失説 (Heat loss説) : これは喘息患者に運動を行わせた場合、喘息患者の呼吸は過換気の状態となる。冬期にEIAの頻度は高まるのであるが、冬場の乾燥した冷気を過換気によって吸入した場合、気道からの熱喪失が起こる^{3) 4)}。気道の熱喪失のために気道粘膜に存在する肥満細胞が刺激を受け、その結果、種々の化学伝達物質が遊離し、気管支の収縮が発生してくるものである。

気道からの水分喪失説 (Water loss説) : 熱喪失が起こらない条件を設定して運動を行ってもEIAが発生することや、蒸留水などの低張性液や反対に高張性液の微粒子を気管支に吸入すると気管支収縮が起こってくるという事実がある。EIAは水分喪失の結果、気道上皮の浸透圧の変化が引き金になるという説である⁵⁾。

交感神経系の反応性低下説 : 運動をすることによって内因性のノルアドレナリンやアドレナリンが分泌されてくる。健康者の場合、運動によって

これらのカテコラミンの分泌が亢進し、運動による生体のバランスを保つように調節されている。一方、喘息患者の場合、カテコラミンの分泌が少なく、EIAの成因の1つであるとする説である⁶⁾。前記の3つ説が現在までEIAの成因として提唱されてきた。

今回、筆者らはEIAの成因として肺胞膜における物理的摩擦が関与するであろうという仮説を立て研究を行った。喘息患者の特徴として、肺の過膨張があげられている。一方、一部の肺胞では虚脱している部分もあることがクリプトンガスなどの吸入実験で確認されている⁷⁾。呼吸時に肺胞はより虚脱傾向にあるため、運動時の吸気、呼気の激しい反復によって肺胞膜の摩擦が生じる。さらに局所の低酸素や加水分解も加わり、肺胞膜の構成成分からアラキドン酸が遊離し、さらにアラキドン酸カスケードが活性化し、化学伝達物質が生成され気管支の収縮が惹起されるという考え方である。

ランニングなどの陸上運動を喘息患者が行った時にEIAが発生しやすく、一方水泳ではEIAが起こり難いという臨床的事実は前述した通りである。おそらく陸上運動時には、この虚脱肺から肺胞膜の摩擦が惹起され、先に述べた気管支収縮へのカスケードが働くのであろう。

筆者らは水泳時における呼吸法が陸上運動の場合のそれと大きく異なっている点に注目した。すなわち、多くの泳者は水中で勢いよく呼気をはき出すことによって終末呼気陽圧法 (PEEP) を自らの肺に与えているものと考えられる。そこで筆者らは図1のようなPEEP負荷装置を考案し、水泳時における呼吸法 (主として自由形泳法のもの) を陸上のトレッドミル運動による再現を喘息患者で試みた。結果の項で示されているように気管支収縮が軽減できることを見出した。このことは、喘息患者の肺胞の一部に起こっている虚脱肺を運動中のPEEP負荷によって防止が可能であり、さらにPEEP効果として、肺胞膜の摩擦が減り、アラキドン酸カスケードの活性化防止、そして局所

VALUES AT 5 MIN. AFTER EXERCISE

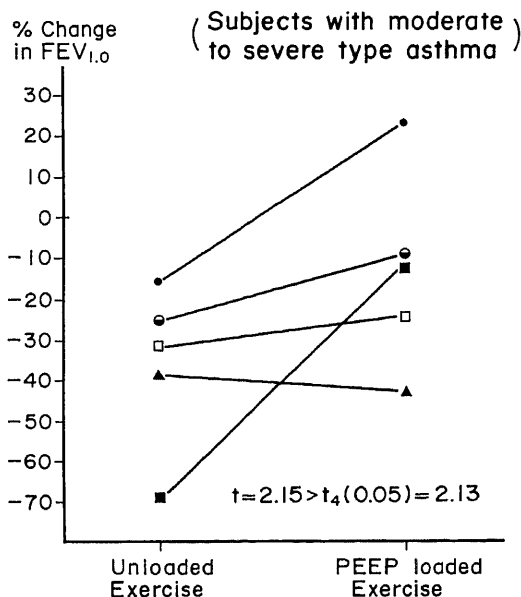


図6

の低酸素も改善してくるものと考えられる。

おわりに、EIAの予防法について述べたい。薬物を用いずに予防する方法と、薬物療法の2つに大別される¹⁾。薬物を使用しない方法として、運動の選択（EIAを起こし難い運動の種類として水泳、剣道、野球など）、準備運動としてのwarming upと本運動中のインターバル運動の導入、マスクの着用、呼吸法の工夫などである。

今回の研究結果からマスクの着用と呼吸法の工夫について強調したい。マスクの着用は、マスク内の暖められ、湿度の高い空気を吸気することによって、前述した熱喪失、水分喪失の防止というメカニズムによりEIAが軽減するというものである⁸⁾。筆者らはマスクの有用性は、前記のメカニズムとPEEP効果も加わってもたらされるものと考えた。

運動中のマスク着用は面倒でもあり、陸上運動（ランニングなど）初期に短時間施行し、その後は呼吸法の工夫を試みると良いと思われる。すなわち、年少患者には難しい点もあるが、呼気時（口すぼめ）を行って意識的に自らの肺にPEEPをかけるものである。

以上の工夫をすることによって喘息患者であっても、学校体育におけるランニング、マラソンなどEIAを起こし易い運動にも参加への機会を与えることができる。

引用・参考文献

- 1) 栴沢靖弘：運動誘発性喘息、小児医学、21(3)：447-459, 1988.
- 2) 四宮敬祐、赤坂 徹、荒井康男：exercise induced asthma (EIA) 誘発に関する運動の種類および量の検討、日本小児科学会雑誌、30:235-243, 1981.
- 3) Deal, E.C., McFadden, E.R., Ingram, R.H.: Role of respiratory heat exchange in production of exercise-induced asthma, J. Appl. Physiol., 46: 467-475, 1979.
- 4) Deal, E.C., Mcfadden, E.R., Ingram, R.H. :Hyperpnea and heat flux :initial reaction sequence in exercise-induced asthma, J. Appl. Physiol., 46: 476-483, 1979.
- 5) Smith, C.M., Phty, Anderson, S.D. : Hyperosmolarity as the stimulus to asthma induced by hyperventilation?, J. Allergy Clin. Immunol., 77: 729, 1986.
- 6) Barnes, P.J., Brown, M.J., Silverman, M., : Circulating catecholamines in exercise and hyperventilation induced asthma, Thorax, 36: 435-440, 1981.
- 7) Iikura, Y., Inui, H., Masaki, T.:81m Kr gas inhalation tests for exercise-induced bronchospasm Oseid, S. and Edwards, A.M.(eds), The Asthmatic Child in Play and Sports, pp119-127, Pitman Books Limited, London, 1983.
- 8) 正木拓朗、永倉俊和、飯倉洋治：気管支喘息児における運動負荷前後の病態に関する研究（第5編）—寒冷暴露下における運動誘発喘息に対するマスク着用の予防効果—、アレルギー、31:941-947, 1982.