

養護・訓練中の運動誘発性喘息について 〈第1報〉

A study of exercise-induced asthma in physical training class (I).

蜂 矢 鉄 心* 永 治 秀 男* 近 藤 博 仁*
土 屋 恭 子* 田 中 ひろみ* 宮 村 実 晴**

Tessin HACHIYA*, Hideo NAGAYA*, Hirohito KONDO*,
Kyoko TSUCHIYA*, Hiromi TANAKA*, and Miharuru MIYAMURA**

In order to examine the relationship between exercise-induced asthma (EIA) and exercise intensity or items in physical training class of protective care school, pulse rate and peak flow before and after exercise were determined by means of palpation and peak flowmeter, respectively.

The subjects were four asthmatic pupils aged from 9 to 15 years.

Predetermined peak flow for each subject was estimated from equation (male : $5.02 \times \text{height} - 347$ l/min, female : $4.71 \times \text{height} - 326$ l/min).

Observed peak flow and predetermined peak flow were used as an indicator of condition of respiratory tract and degree of EIA.

It was found in this study that the occurrence rate of exercise-induced asthma was lowest in the swimming class as compared with volleyball, soccer, basketball and running classes. Furthermore, there are a considerable intraindividual variation; exercise-induced asthma was observed even if peak flow did not decrease before exercise and vice versa. These results suggesting that the swimming will be one of the suitable sports for asthmatic pupils, and have to carefully instruct various sports according to conditions and characteristics of each asthmatic pupils.

喘息児は気管支の気道抵抗がさまざまに変化する特徴をもっており、発作的には一時的に気管支が狭くなり、気道抵抗が増大し呼吸が苦しくなる。その原因としては、アレルギー体質やウイルスによる感染などが考えられている。また、発作を誘発するものとして、ホコリ、花粉、ウイルス、運動、気象、さらに、心理的ストレスが挙げられている。これらの要因の中でも運動によって引き起こされる発作を運動誘発性喘息 (exercise-induced asthma ; 以下 EIA と略す)、また、本人に発作の自覚症状がないときでも気道の狭窄を認めることがあり、これを運動誘発性気管収縮 (exercise-induced-bronchoconstriction ; EIB) と呼んでいる。

喘息の治療としては、アレルギーの原因となる

物質、例えば、塵、花粉などを喘息児の周囲から取り除く、気管支拡張剤や発作の予防剤の服用、発作に打ち克つために呼吸筋の筋力増大、および体力の向上などがあげられる。特に体力向上に関しては、ある程度の運動強度と継続が必要なことはよく知られている。前にも述べたように、EIAによって運動を続けることができなくなると、喘息の治療としての運動効果も期待できなくなってくる。そこで、喘息児にいかに関与を起こさせることなく運動を継続させ、体力や肺機能の向上をはかるか考えなければならないが、喘息児はEIAになると呼吸が苦しく、運動を続けることができなくなり、ひどい場合には呼吸困難を訴えることもある。したがって、現状の学校体育の授業では

*岐阜県立長良養護学校

**名古屋大学

* Nagara protective care school

**Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

EIA を恐れるあまり、喘息児を見学させるといったケースも少なくない。

我々は昭和59年度まで、喘息児の体力の向上が期待できると思われるサーキットトレーニングを中心とした養護・訓練の授業を行ってきた。しかし、このような授業内容に対し、生徒はあまり興味を示さず、全力を出して運動を行うといった状態には遠く及ばず、周囲から激励されなければ続けられない生徒や、運動後の RPE（主観的運動強度）表を用いたチェックでは、あまり意欲的に取り組めなかったと反省する生徒が多かった。また、総合的な体力の向上をねらいとしたため、運動強度の面からみてやや高い種目も含まれており、時々 EIA も認められた。さらに、同じ運動を行った場合でも必ずしも全員に EIA が認められなかったことから、運動の強度や種目と EIA の発現とは何んらかの関係を有することも考えられる。

そこで本研究では、単調なトレーニングやランニングなどに比べ、生徒の関心が高い球技種目を養護・訓練の年間授業に多く取り入れ、意欲的に運動できるよう配慮すると同時に、授業の中で喘息児の症状、運動種目、運動強度によって EIA の発現頻度にどのような差がみられるかを検討しようとした。

方 法

1. 対象

対象児は岐阜県立 A 養護学校生徒男子 3 名（11 才～15 才）、女子 1 名（9 才）計 4 名である。対象児の身体特性は表 1 に示した通りであるが、喘

息の重症度については併設病院医師の判定に従った。肺活量は竹井機器製簡易肺活量計を用いて測定し、予測ピークフロー値は内田の式から算出した⁵⁾。昭和60年4月から61年3月の1年間、下記に示すような内容の運動を週3回、1回45分間、12時50分から13時35分の時間帯の養護・訓練の授業の中で行った。ただし、被検者 N・K は途中、肝機能障害のため12月以降、運動を行わせなかった。

2. 運動内容

- 1) バレーボール（4月～6月）体育館にて実施。
練習内容はオーバーハンドパス、アンダーハンドパス、アタックの練習を経てゲームを行った。低学年（F・T）はビーチボールを用いた。
- 2) 水泳（6月～9月ただし夏季休業中は除く）
泳力に応じて三班に分け、プールにて実施。
①全く泳げない（F・T, Y・S）
水に慣れることを中心とし、水遊びや水の中を走ることを経て、呼吸法を主としたドル平泳法を行った。
② 25m 未満（H・K）
ドル平泳法を用いて長く泳ぐ。
③ 25m 以上泳げる（N・K）
平泳ぎで自由に泳ぐ。
- 3) バスケットボール（10月～12月）体育館にて実施。

チェストパス、コンビネーションパス、ゲームを行った。ゲームは小学生、中学生別々に行った。

表 1 被検者の身体特性

		年 齢 (学年)	ぜ ん 息 の 症 状	身 長 (cm)	体 重 (kg)	肺 活 量 (ml)	予 測 ピークフロー 値 (1/分)
F・T	女	9 (小3)	重 症	123.5	20.0	800	255
H・K	男	11 (小5)	中 等 症	136.0	33.5	1480	335
Y・S	男	12 (小6)	軽 症	145.2	36.5	2800	381
N・K	男	15 (中3)	中 等 症	174.4	60.0	4000	528

ピークフロー値の予測式 男子 $5.20 \times \text{身長} - 347.74$
女子 $4.71 \times \text{身長} - 326.28$

4) ランニングおよびサッカー (1月～3月) 屋外グラウンドにて実施。

ランニングは距離 1km, 学校周辺でタイム計測をしながら行った。EIA の予防としてマスクの着用を義務づけた。

サッカーはランニングの後、十分に休憩し実施した。練習内容はインステップキック、トラッピングなどの基礎練習を経てゲームを行った。

3. ピークフロー値の測定と EIA の伴定

本研究では、ピークフロー値 (最大呼気流量) を空気が気管支を通る時の抵抗 (気道抵抗)、つまり運動誘発性喘息 (EIA) の指標とした。ピークフロー値は、取り扱いが簡単で低年齢の児童でも使用できるライト製ピークフローメーターを用いて、運動前後で測定した。なお、各対象児のピークフロー値は、1分以内に連続して3回呼出させたうち最大値を採用した。

まず、運動前の気道の状態を知るために、ここでは各被検者の運動前に測定したピークフロー値が、予測ピークフロー値から20%未満の低下を良好、20%以上の低下を不良と判断した。さらに、運動前に測定したピークフロー値と、運動終了後に測定したピークフロー値を次式に代入し、運動後の EIA を判定した。すなわち、発作の自覚症状がみられたもの、またはピークフロー値の変化率が15%以上の降下を、EIA 陽性とした。

ピークフロー値の変化率＝

$$\frac{\text{運動前のピークフロー実測値}-\text{運動後のピークフロー実測値}}{\text{運動前のピークフロー実測値}}$$

4) 運動強度の判定

運動強度の指標として脈拍を用いた。脈拍の測定は全員、準備運動後と主運動後の2回、各自で30秒間触診で測定し、それを1分間値に換算した。測定に際して、運動終了後直ちに測定できるように注意をうながし、主運動は測定直前に運動の強さが最高となるよう配慮した。

また、授業全体の運動強度を知るために、運動前後の触診による脈拍測定とは別に、毎時間1名ないし2名を対象に竹井機器製心拍メモリーを装

着し、授業中の心拍数を連続的に記録した。

結 果

表2は、授業中の種目別に運動前の気道の状態 (良好な場合：運動前に測定したピークフロー値が予測ピークフロー値より20%未満の低下と、不良な場合：運動前に測定したピークフロー値が予測ピークフロー値より20%以上の低下) が EIA に及ぼす影響について示したものである。なお、表2の上段に示した発現率 (%) は、下段に示した授業回数に示める発作回数から求めたものである。まず、気道の状態が良好なとき (ピークフロー値から20%未満の低下) の EIA の発現率は、バレーボール42%、水泳19%、バスケットボール37%、ランニング45%、サッカー42%で、水泳以外の種目では、あまり差が認められなかったが、水泳が最も低かった。このような傾向は、気道の状態が悪い (予測ピークフロー値から20%以上の低下) 場合もほぼ同様であった。すなわち、気道の状態とは無関係に EIA 発現率は水泳が最も低く、水泳の次がバスケットボールの21%で、バレーボール、ランニング、サッカーの順で低くなった (表2)。

表3は、各個人における種目別の EIA の発現率を示したものである。個人別にみた場合、EIA の発現率は必ずしも水泳が最も低くなるとはかぎらなかった。例えば、被検者 Y. S はバスケットボールでは EIA の発現率が0%であるにもかかわらず、水泳においては18%の発現率を示している。また、バレーボールは19%とあまり高くないが、ランニング、サッカーでは30%以上であった。被検者 F. T は日頃から症状が重く、ピークフロー値からみた運動前の気道状態は不良の日が多く、バレーボールと水泳の期間中、運動前の気道の良好な状態は一度もなかった。しかし、被検者 F. T の場合は、バレーボール、サッカー、ランニングにおける EIA 発現率 (約50%) と比べると、水泳のそれは (9%) であった。被検者 H. K は、6月に転校してきたために、バレーボールの授業に出席した回数は2回である。バスケットボール、ランニング、サッカーでは授業回数は少ないが、

表2 授業中の種目別 EIA の発現率

運動前の気道の状態	種目	バレーボール	水泳	バスケットボール	ランニング	サッカー
良	好	42% (8/19)	19% (3/16)	37% (17/46)	45% (14/31)	42% (13/31)
不	良	45% (13/29)	14% (4/28)	21% (11/52)	43% (16/37)	43% (16/37)
全	体	44% (21/48)	16% (7/44)	29% (28/98)	44% (30/68)	43% (29/68)

表3 個人別にみた授業中の種目別 EIA の発現率

種目	運動前の気道の状態	被験者	F. T.	H. K.	Y. S.	N. K.
バレーボール	良	好			11% (1/9)	70% (7/10)
	不	良	44% (7/16)	100% (2/2)	29% (2/7)	50% (2/4)
	全	体	44% (7/16)	100% (2/2)	19% (3/16)	64% (9/14)
水泳	良	好			20% (2/10)	17% (1/6)
	不	良	9% (1/11)	27% (3/11)	0% (0/1)	0% (0/5)
	全	体	9% (1/11)	27% (3/11)	18% (2/11)	9% (1/11)
バスケットボール	良	好	25% (1/4)	67% (4/6)	0% (0/20)	75% (12/16)
	不	良	14% (3/22)	30% (6/20)	0% (0/5)	40% (2/5)
	全	体	15% (4/26)	38% (10/26)	0% (0/25)	67% (14/21)
ランニング	良	好	0% (0/1)	78% (7/9)	33% (7/21)	
	不	良	56% (10/18)	27% (4/15)	50% (2/4)	
	全	体	53% (10/19)	46% (11/24)	36% (9/25)	
サッカー	良	好	0% (0/1)	75% (6/8)	32% (7/22)	
	不	良	61% (11/18)	25% (4/16)	33% (1/3)	
	全	体	58% (11/19)	42% (10/24)	32% (8/25)	

運動前の気道の状態が安定しているときの方が EIA の発現率は高い。そして、水泳でも運動前の気道の状態が良好なときはなく、EIA の発現率も27%と他児に比べると高い。被検者 N. K は、EIA の発現率をみると、バスケットボールの授業では16回中12回 (発現率75%)、EIA が認められた。しかしながら、水泳においてはその発現率は9%であった。

図1-(1)~図1-(3)は、Y. S, N. K の2名についてバレーボール、水泳、バスケットボールの運動強度と EIA の関係を示したものである。この両名は運動強度と EIA の関係に対照的な傾向が認められた。N. K は中学3年生で中学2年まで前籍校でひととおり、体育の授業を経験している。Y. S は小学6年生で、運動は好きであるが、水泳は初心者である。なお、図中の白丸 (○) 印は、

月/日		5/9	10	13	16	17	20	23	24	27	30	6/3	6	7	10	13	17
主な練習内容		キャッチボール オーバーパス アンダーパス			バス アタック			バス ゲーム			バス アタック ゲーム						
被験者	運動前の気道の状態	○						○		○	○	○				○	○
	運動直後の 150 脈拍数 ※ 100 50																
	平均値						141	132	133	138	136	132	129			150	
毎分心拍数※※	最高値						159	167	160	154	163	144	158			172	
被験者	運動前の気道の状態		○	○							○					○	
	運動直後の 150 脈拍数 ※ 100 50																
	平均値			129		107	102					104					
毎分心拍数※※	最高値			162		136	139					110					

図 1-(1) Y S, N K について種目別にみた運動強度と E I A の関係 (バレーボール)

月/日		6/28	7/1	8	11	12	15	18	9/2	5	6	9
主な練習内容		長い距離を泳ぐ (平泳ぎ)										
被験者	運動前の気道の状態							●				
	運動直後の 150 脈拍数 ※ 100 50											
	平均値											134
毎分心拍数※※	最高値											170
被験者	運動前の気道の状態			○		○	○	○	○			
	運動直後の 150 脈拍数 ※ 100 50											
	平均値									85		
毎分心拍数※※	最高値									110		

図 1-(2) Y S, N K について種目別にみた運動強度と E I A の関係 (水泳)

覚症状が1回認められた。この時の脈拍数は138拍/分であった。運動前の気道の状態が不良な時が5回あったが、いずれもEIAの発現は認められず、そのときの脈拍数は130拍/分未満であった。

図1-(3)は、バスケットボールの結果について示したものである。Y.SはEIAが1回も認められず、運動強度もランニングパスやゲームを行うようになると、脈拍数はほとんど150拍/分以上となり、最高心拍数は190拍/分前後まで増大した。一方、N.Kは数回欠席しており、EIAの発現は運動前の気道の状態とは無関係に、脈拍数あるいは最高心拍数が130拍/分以上になると必ずEIAを誘発した。

このように、Y.Sについては、運動強度とEIAの誘発とは一定の関係は認められなかったが、N.Kでは、ある運動強度に達するとEIAを発現するという結果を得た。

図2は、被検者F.Tのバレーボール(A)とバスケットボール(B)における授業中の心拍数の変動を示したものである。上図(A)は、F.Tが運動前に発作を誘発していることから、心拍数も135拍/分と高い値を示している。さらに、平均値136拍/分、最高値143拍/分であったが、授業中もあまり動けず心拍数の変動も少ない。下図(B)は、運動前の気道の状態が比較的安定しているバスケットボールの授業の結果を示したものである。気道の状態が良い場合は、活動の激しい運動を行って

も発作を起さず、コンビネーションパスのときの心拍数は150拍/分まで上昇し、平均心拍数は127拍/分であった。

考 察

Godfrey等²⁾は、水泳がフリーランニング、トレッドミルランニング、サイクリングと比較して、酸素摂取量や心拍数、換気量が同じでもEIAの発現が少ないと報告している。稲葉等は³⁾、master two step法(1分間24回の昇降スピード、6分間の運動負荷)でEIAが起きることを確めた被検者に対し、100mと500mの水泳を行わせた。その結果、100mではEIAは認められず、500mで喘鳴を聴取した者は2名(ただし、5分後に消失)認められ、運動負荷が多い場合には、EIAの誘発は認められるものの、全体的にみると水泳はEIAの発現が少ないと報告している。

本研究では、養護・訓練の授業時間内に限ったものであるが、バレーボール、バスケットボール、ランニングおよびサッカーと比較して、水泳におけるEIAの発現率は明らかに低かった。これらの結果は、先のGodfrey等や稲葉等の結果と一致するものである。また、個人的にみた場合、Y.Sはバスケットボールでの発現率0%にもかかわらず、水泳では18%を示した。この理由については明らかでないが、Y.Sは水泳は初心者ということに加え、小さい頃溺れかけた経験が水に対する恐怖心となり、精神的ストレスとして作用し発作

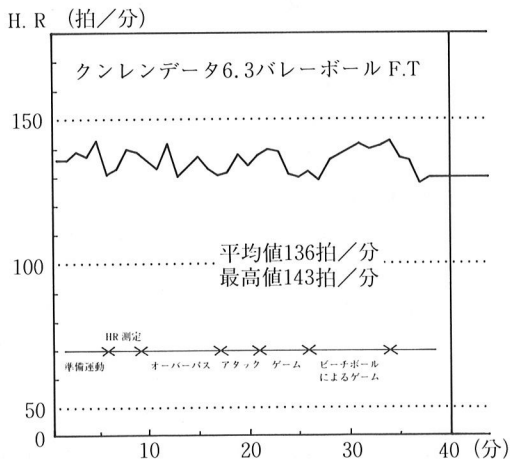


図2(A) 授業中の心拍数の変動

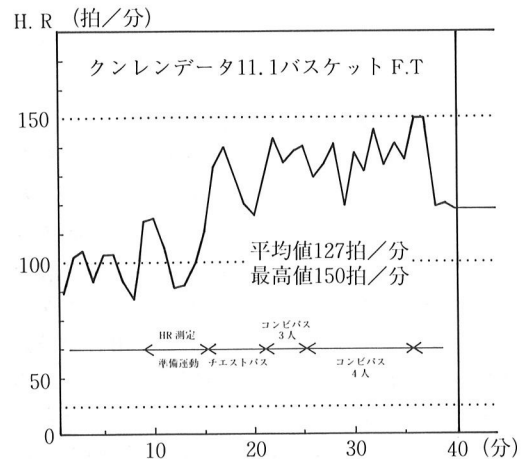


図2(B) 授業中の心拍数の変動

を誘発したかもしれない。

水泳において EIA が誘発されない理由に関して、湿度の高い環境が気道からの熱損失を防ぐという報告や¹⁾、呼吸法の違いによるという報告がみられる。本研究でも、重症児である F. T や H. K が11回中3回水泳後ピークフロー値が上昇したことや、水泳を行う前に発作がみられたが、プールに入ることによって喘鳴が消失したことから、高湿度という環境が喘息児にとって適しているということがいえよう。しかし、初心者を対象にした場合には、環境条件よりむしろ指導に十分配慮し、水泳そのものが精神的ストレスにならないように注意する必要があると考えられる。さらに、今回の水泳の授業では、長い距離を平泳ぎやドル平泳法でゆっくり泳ぐことを中心としたものであった。そして、運動強度も脈拍でみる限り高くなく、ペースも変わらなかったことも EIA の誘発が少なかった理由と考えられる。しかし、水中では心拍数が低くなることや、図1で示したように、心拍メモリーで測定した最高心拍数と比べ、脈拍数はいずれも低い値であったことから、他の種目と同程度の運動強度になっていた可能性も考えられる。いいかえれば、水泳では運動強度が高くなっても喘息発作が起きにくいともいえるかもしれない。

喘息発作が心理的要因によっても誘発されることはよく知られている。EIA の発現においても、運動種目の好き嫌いによる心理的影響が作用することも考えられる。そのため、今回は、生徒の関心の高い球技種目も取り入れた。その結果、球技とランニングとでは、EIA の発現率に、顕著な差は認められなかった。特に、ランニングは1月から3月の冬期に行ったにもかかわらず、球技とランニングの EIA の発現率がほぼ同じとなったことは、ランニングの走行距離が1kmとあまり長くなかったこともさることながら、マスク着用の義務づけと密接に関係すると思われる。すなわち、表4で示したように、マスクを着用した場合の EIA の発現率は、マスクを使用しなかった時のそれと比べ明らかに低くなっている。冬期のランニングでは、気管からの水分損失は夏期よりも

大きいことが予想されるが、今回のランニングでは、この水分損失を防ぐためにマスクの着用を義務づけたことにより、ランニングと球技の EIA の発現率がほぼ同じになったものと考えられる。さらに、球技種目における基礎練習、発展練習、ゲームなどの練習内容別に EIA の発現率を検討したが差は認められなかった。N. K の場合、バスケットの授業において基礎練習からランニングパス、ゲームへと移行するにつれ EIA が多くみられるが、これはゲームになるに従って運動強度が高くなったことより、EIA を誘発したものと考えられる。なお、冬期における球技では、マスクの着用は EIA の予防につながるかもしれないが、この可能性については今後検討しなければならないだろう。

表4 ランニングの E I A の発現におよぼすマスクの効果

被験者	E I A 発現率	
	マスク使用	マスク不使用
F. T.	41.2% (7/17)	100% (4/ 4)
H. K.	38.9% (7/18)	50% (3/ 6)
Y. S.	28.6% (6/21)	100% (3/ 3)

EIA の発現と運動強度の関係については、Y. S (軽症) は、バスケットボール以外で EIA の発現は認められたが、心拍数が高くなると EIA が誘発するといった一定の関係は認められなかった。H. K (中等症) は、運動強度と EIA の関係には一定の関係は認められず、運動前の気道の状態が良好の時発現率が高い。しかしながら、同じ中等症の N. K の場合、心拍数からみて毎分130拍/分以上の運動強度になると必ず EIA を誘発した。F. K (重症) は、運動前の気道の状態が不良のときや、運動前に喘息発作を誘発していることが多く、十分に活動することができなかった。先の図2に示したように、重症児 F. T の運動前に発作を誘発していない場合(B)は、健常児と同様な反応を示し、平均心拍数127拍/分、最高心拍数は

150拍/分であり、養護・訓練の授業としては十分な運動量が確保されているものと思われる。しかし、運動前に発作を認めたととき(A)は、運動前の心拍数がすでに135拍/分に達している。運動前に喘息などの自覚症状が認められる場合は、生徒は苦しく練習をひととおりにこなすものの、あまり動くことができなかった。このように、発作のときの運動が苦しくてできなかったにもかかわらず、授業中の平均心拍数136拍/分、最高心拍数は143/分と高い値を示した。

以上述べてきたように、EIAの発現に個人差や症状によって異った反応がみられることが明らかとなった。これらの結果は、喘息児に運動を行わせる時には、個人の特徴を知ることが非常に重要であることを示唆するものである。つまり、運動強度とEIAの発現とは無関係なタイプの児童に対しては、運動強度にあえて制限を加えることが体力の向上の妨げとなるかもしれない。逆に、ある一定以上の運動強度でEIAを誘発するタイプの場合には、個人の限界強度を把握しそれに基づいて指導すれば、EIAを誘発することなく運動を継続させることは十分可能であろう。また、H. K.のようなタイプは、運動前の気道の状態が

良いときに、無理をさせない様に配慮することによりEIAの誘発を防ぐことができるかもしれない。さらに、運動前のピークフロー値が予測ピークフロー値から極端に低くなりやすい重症児の場合には、運動中止も考慮に入れ、注意深く様子を見ながら運動させる必要があると思われる。このように、個人や症状に合った運動を処方することによって、EIAを起させることなく運動を継続させ体力の向上が期待できるものと思われる。

参 考 文 献

- 1) Bar-or, O., I. Neuman, and R. Dotan : Effects of dry and humid climates on exercise-induced asthma in children and preadolescents. *J. Allergy Clin. Immunol.* Vol 60 (No. 3) : 163-168, 1977.
- 2) Godfrey, S. M. Silverman, and S. D. Anderson : Problems of interpreting exercise-induced asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* Vol 52, No. 4 : 199-209, 1973.
- 3) 稲葉 博 : 喘息児と水泳, 第1編呼吸機能について, *アレルギー* 28 (1) : 15-21, 1979.
- 4) 砂本秀養 : ぜんそく児のための水泳療法, *体育科教育* : 41-45, 1985.
- 5) 内田幸憲, 乾 拓郎, 谷本康夫, 吉住 完, 奥田博, 刀根驥一郎 : 健康小児のピークフロー値の検討, *小児保健研究*第40巻6号 : 510-516, 1981.

(昭和62年1月20日受付)

