

中学生の血圧について (2) —Mild Exercise に対する血圧反応の検討—

(昭和63年1月18日受付)

(昭和63年7月6日受理)

弘前大学医学部小児科学教室 (主任: 横山 雄教授)

吉 田 信 一 横 山 雄

key words: Blood pressure, Mild exercise, Junior high school pupils, Hypertension, Sympathetic nerve system

要 旨

mild exercise に対する血圧反応性を見る目的で本研究を行った。

健常中学生353名 (男子186名, 女子167名) を対象に, 安静時血圧と mild exercise (Bruce プロトコール Stage II, 6分間) 後の血圧を観察した。血圧は自動血圧計 (BP 201) により測定した。高血圧 (収縮期圧 ≥ 136 mmHg) の頻度は対象全体の2.5%に認められたが, その中では3年生男子が最も高血圧の頻度が高かった (7.5%)。mild exercise に対する血圧反応により, 対象はA上昇群, B不変群, C下降群の3群に分けられた。group Aに属するものが最も多く, 65.7%であり, group Cは最も少なく, 6.8%であった。group Aは血圧上昇の程度により, さらに軽微, 軽度, 中等度, 高度の4群に分けられたが, 中等度および高度 (それぞれ20mmHg, 30mmHg以上の上昇) の群は年齢が進むにつれて増加した。このように年齢の若い群と多い群の間で mild exercise に対する血圧反応が異なることは, 交感神経系の反応性に差があることを推定させる。

緒 言

最近, 本態性高血圧が小児期に少なからずみられること¹⁾, また成人の本態性高血圧の起始は小児期に既にあること^{2)~5)}, などが報告されている。一方, 本態性高血圧の発症機序としては, まず交感神経緊張状態があり, それが若年性高血圧 \rightarrow 圧受容体の反応性低下と resetting \rightarrow 持続性高血圧 \rightarrow 血管壁の器質的変化と進行するものと仮定される⁶⁾。したがって, 小児期の本態性高血圧発症のごく初期を, 交感神経緊張状態として把握できるか否かは, きわめて興味深い問題である。

自律神経機能検査としては, 薬物負荷など種々あるが, 運動負荷も内因性交感神経刺激試験の一つである⁸⁾¹⁶⁾。本研究においては, 思春期小児の交感神経刺激反応性を検索するために, 中学生を対象にトレッドミルによる運動負荷を用い, それによる血圧および脈拍

数の変動を調べた。なお交感神経系の過敏性を検出するには, mild exercise の方が有用であろうという仮定から, Bruce法2段階のきわめて弱い運動負荷を用いた。その結果, mild exercise に対する血圧反応には, 種々のパターンが存在するという興味ある成績が得られた。しかも年齢差を認めたので, 高血圧発症との関連について考察を加えて報告する。

1. 対象および方法

(1) 対象: 健常中学生353名 (男子186名, 女子167名, 13~15歳, 秋田県農村部中学生) を対象とした。

(2) 方法: 血圧測定には, 自動血圧計 BP-201 (日本コーリン社製) を使用とした。

a. 15分間坐位にて安静として, 仰臥位にて血圧を測定, もし収縮期圧が136mmHg 以上の場合は, 数回深呼吸後, さらに1~2度測定し, 最も低値を安静時血圧とした。

b. 続いてトレッドミルによる多段階運動負荷法を, Bruce法に従って, I段階: 速度1.7miles, 傾斜

別刷請求先: (〒036) 弘前市在府町5

弘前大学医学部小児科 吉田 信一

表1 安静時血圧(収縮期圧・拡張期圧・脈圧)

		1年	2年	3年
収縮期圧	男子	123±10	125±9	129±10
	女子	124±8	123±8	125±10
拡張期圧	男子	63±8	61±9	63±10
	女子	65±9	64±8	66±8
脈圧	男子	60±10	64±10	66±8
	女子	59±9	59±8	59±12

M±sd, mmHg.

10%, II段階: 速度2.5miles, 傾斜12%の2段階を各3分間ずつ計6分間負荷した。負荷後ただちに仰臥位として血圧を測定し, 6分間運動負荷直後の血圧(以下, 負荷後値と略す)とした。なお, 血圧は負荷終了後30秒以内に測定した。

2. 成績

(1) 安静時血圧

表1に示したごとく, 収縮期圧は男子では3年生が, 1, 2年生に比して有意に高かった(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.02$)。一方, 女子では学年間に有意差を認めなかった。収縮期圧の男女差は2, 3年生において認められ, 3年生男子は同学年女子に比して有意に高値であった ($p < 0.01$)。拡張期圧に関しては, 男女別や学年別の有意差を認めなかったが, 女子でやや高値傾向が認められた。

(2) 高血圧頻度: 既報¹⁵⁾のごとく, 高血圧を146mmHg以上, 境界域高血圧を136~145mmHgとすると, 高血圧の頻度は, 353名中9名で, 全体の2.5%であり, 男子では学年が進むにつれて増加する傾向がみられた(1年生1.4%, 2年生4.1%, 3年生7.5%)。女子では男子ほど著明でないが, 3年生にやや多い傾向がみられた(1年生1.4%, 2年生0%, 3年生3.2%)。境界域高血圧は, 353名中162名で4.5%を占めていた。3年生男子が10%を占めたほかは, 3~4%位であった。拡張期圧が85mmHg以上のものは4名(1.1%)であった(表2)。

(3) mild exercise に対する血圧反応

a. 血圧変動の多様性と分類

運動負荷後値は負荷前値に対して, 上昇するもの, 不変のもの, 下降するものと多様であった。そこで, 収縮期圧の変動から次の如く分類した。すなわち, 負荷前値(安静時)に対して, 収縮期圧が5mmHg以上上昇した群を上昇群, 5mmHg未満の上昇あるいは下降のものを不変群, 5mmHg以上の下降を下降群とした。

表2 高血圧頻度

		性	名	境界域高血圧 名 (%)	高血圧 名 (%)
1年	男子	72	3 (4.1)	1 (1.4)	
	女子	72	3 (4.1)	1 (1.4)	
2年	男子	74	3 (4.1)	3 (4.1)	
	女子	64	2 (3.1)	0 (0)	
3年	男子	40	4 (10.0)	3 (7.5)	
	女子	31	1 (3.2)	1 (3.2)	
全体		353	16 (4.5)	9 (2.5)	

高血圧 146mmHg以上.
境界域高血圧 136~145mmHg.

表3 運動負荷による血圧変動

		A 上昇群	B 不変群	C 下降群
一 年 生	男子	72 (%) 41(56.9)	23(31.9)	8(11.1)
	女子	72 48(66.7)	17(23.6)	7(9.7)
	総	144 89(61.8)	40(27.8)	15(10.4)
二 年 生	男子	74 46(62.1)	22(29.7)	6(8.1)
	女子	64 43(67.1)	18(28.1)	3(4.6)
	総	138 89(64.4)	40(28.9)	9(6.5)
三 年 生	男子	40 29(72.5)	11(27.5)	0(0)
	女子	31 25(80.6)	6(19.4)	0(0)
	総	71 54(76.0)	17(23.9)	0(0)
全体		353 232(65.7)	97(27.4)	24(6.8)

表3に示すように, 男女ともに上昇群が最も多く全体で65.7%を占めた。次いで不変群が約27%であり, 少数(6.8%)が下降群であった。

学年別の各群の頻度を図1に示したが, 上昇群は男子では学年が進むにつれて増加した。逆に不変群および下降群は減少し, 3年生では下降群は皆無であった。女子も類似のパターンを呈し, 3年生では下降群に属する者はみられなかった。

上昇群をその血圧上昇の程度により, さらに4群に分類した。すなわち上昇血圧が5mmHg以上, 10mmHg未満の群を軽微上昇群, 10mmHg以上, 20mmHg未満の群を軽度上昇群, 20mmHg以上, 30mmHg未満の群を中等上昇群, 30mmHg以上の群を高度上昇群とした。

表4(A, B)に, 上昇群の内訳を示したが, 4群の

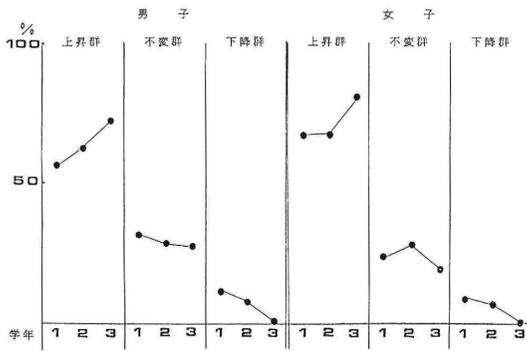


図1 運動負荷後の血圧変動(収縮期圧)

表4A 上昇群の内訳

		生徒数	上昇群	高度	中等度	軽度	軽微
1年生	男	72	41	0	6	19	15
	女	72	48	2	6	25	15
2年生	男	74	46	1	10	18	17
	女	64	43	3	12	21	7
3年生	男	40	29	0	10	12	7
	女	31	25	0	6	13	6
計		353	232 (65.7%)	6 (2.6%)	51 (22.0%)	108 (46.6%)	67 (28.9%)

表4B 中等度上昇以上の比率

1年生	男	7/72 (9.7%)
	女	8/72 (11.0%)
2年生	男	11/74 (14.8%)
	女	15/64 (23.4%)
3年生	男	10/40 (25.0%)
	女	6/31 (19.3%)

中では軽度上昇群の頻度が最も高く、男子で26.3%、女子では35.3%を占めた。表4Bにみられるように、中等度以上の上昇群の割合は、男女ともに学年が進むにつれて増加した。高度上昇群は全体の2.6%と最も少なく、年齢や性差との関連は明らかではなかった。

(4) 高血圧群の mild exercise に対する血圧反応

高血圧群に属する25名を対象とし、運動負荷 (mild exercise) に対する血圧反応を検討した。成績は表5に示したが、上昇群の合計64%、不変群32%、下降群4%と、その分布は対照群のそれと大差がなかった。しかし上昇群の内容についてみると、中等度以上の上昇群が25例中3例(12%)であり、対照群の24.6%(表4A)に比して少なかった。すなわち対照群と比較すると、mild exercise に対する血圧上昇の度合いが低いといえる結果であった。

表5 高血圧群及び境界域群の各群での分布

	境界域群		高血圧群		計
	男子	女子	男子	女子	
高度上昇群	0	0	0	0	0
中等度上昇群	2	0	1	0	3
軽度上昇群	3	3	2	0	8
軽微上昇群	3	0	2	0	5
不変群	2	3	2	1	8 (32%)
下降群	0	0	0	1	1 (4%)
計(名)	10	6	7	2	25

表6A 運動負荷後の脈拍数の変動 男子

	0分値	6分値	増加
高度上昇群	76	80	4
中等度上昇群	75±9	88±13	13±9
軽度上昇群	77±13	81±14	4±9
軽微上昇群	74±12	83±13	9±10
不変群	73±11	80±22	7±10
下降群	75±8	78±8	3±6

表6B 運動負荷後の脈拍数の変動 女子

	0分値	6分値	増加
高度上昇群	76±7	96±16	20±15
中等度上昇群	77±12	95±14	18±10
軽度上昇群	79±10	92±12	13±12
軽微上昇群	79±13	88±13	10±12
不変群	78±11	84±11	6±9
下降群	75±7	76±3	1±4

(5) 血圧変動と脈拍数の関連について

安静時に対する運動負荷後の脈拍数の変動を各群別に検討した(表6, A, B)。男女とも上昇群全体では、安静時と比較して運動負荷直後の脈拍数が増加していた ($p < 0.01$)。不変群でも上昇群ほどではないが増加がみられた (男子 $p < 0.05$, 女子 $p < 0.02$)。しかし下降群では、男女ともに負荷前後で脈拍数の大きな変動を認めなかった。全般に男子に比して、女子の方が脈拍数増加の程度が著明であった。

高血圧群についても同様に検討した(表7)。男子では、上昇群で負荷後に明らかな脈拍数増加を示した。不変群では上昇群の1/2程度の増加であった。女子でも上昇群は明らかに増加、下降群はほとんど変化なく、不変群の脈拍数は上昇群と下降群の中間にあった。以上の成績から、高血圧群(高血圧、境界域高血圧)における負荷後の脈拍数の変動は対照群のそれと類似し

表7A 運動負荷後の脈拍数の変動（高血圧群・境界域群）男子

	0分値	6分値	増加
高度上昇群	—	—	—
中等度上昇群	75±0	87±0	12±0
軽度上昇群	84±19	95±14	12±10
軽微上昇群	74±10	83±18	12±19
不変群	83±22	92±12	6±6
下降群	—	—	—

表7B 運動負荷後の脈拍数の変動（高血圧群・境界域群）女子

	0分値	6分値	増加
高度上昇群	—	—	—
中等度上昇群	—	—	—
軽度上昇群	68±15	84±13	16±1
軽微上昇群	95±0	112±0	17±0
不変群	94±5	105±5	11±0
下降群	73±13	76±1	3±14

ていたが、やや高血圧群の方が、増加の程度が大きい傾向がみられた。しかし脈拍数と血圧や血圧上昇度の間有意の相関はなかった。

(6) 肥満、その他との関連

mild exercise に対する血圧反応型と体重あるいは肥満度との関連について検討した。肥満度の大きいものに上昇型（軽度上昇型以上）が多い印象があったが、しかし肥満度と血圧上昇度との間に有意の相関はなかった。

その他、部活動の種類、日頃の運動の多少、家族歴（高血圧、脳卒中など）と血圧反応型の間には明らかな関係を見出しがたかった。

3. 考 察

運動負荷試験は内因性交感神経刺激法の一つであり、運動負荷により、血圧は上昇し、脈拍数も増加するのが通常であるが、その際、生化学的変化としては血中ノルアドレナリン（NA）の上昇、cyclic AMP の上昇、plasma renin activity の上昇などがみられる。前田⁷⁾は、運動負荷後の血中 NA の上昇は、若年性動揺性本態性高血圧では著明であり、負荷後の血圧上昇と血中 NA 増加、増加の間に有意の相関ありとしている。また土屋⁸⁾は、成人の本態性高血圧の患者では、安静臥床時の血漿 cyclic AMP が健常者に比して有意に高く、また運動負荷後の cyclic AMP の上昇も著明であること、そしてそれはβ遮断剤によって抑制されたことを報告している。

これらの成績は、本態性高血圧発症の原因として、交感神経優位の状態が関与していることを推定させる。

電解質のバランスの崩れ、内分泌異常、生体内代謝物、ストレス、その他の因子と体質が関連して交感神経優位を形成し→心拍出量増加、末梢血管収縮→高血圧→圧受容の resetting →持続的高血圧→血管抵抗の増大→心拍出量低下型高血圧という、高血圧進行の図式が考えられている。

本態性高血圧発症のひきがねが交感神経優位にあるとする説には注目される。

今回の中学生男子の検討では、学年が進むにつれて平均血圧は有意に上昇し、それに伴い中学3年生では、高血圧例の頻度が急増する結果が得られた。このような成績から、思春期年齢の小児、ことに男子では、生理的に交感神経優位の状態が発現し、それが一部の例では高血圧発症につながる可能性も推定できよう。したがって、この年齢の小児について交感神経の反応性を調べることに意義がある。

前述のごとく、交感神経刺激法の一つとして運動負荷試験があるが、強度の運動負荷試験（最大負荷試験）では、一律に急激な血圧上昇を示し、高血圧素因のある者や高血圧群と対照群の間に差を見出しがたい。小児でも強度の運動負荷では、Riopel ら¹⁰⁾のトレッドミルによる報告のように、収縮期圧は負荷開始と同時に上昇し始め、2分過ぎに最大血圧に達し、一方拡張期圧は不変か、やや低下傾向を示すのが一般的である。このように強度の運動負荷では血圧反応の個体差をとらえにくい。そこで本報告では mild exercise を試みた。

成人領域では亜最大負荷の報告はあるが、mild exercise の報告はみられず、小児については、泉および林⁹⁾による少数例を対象とした軽～中等度運動負荷試験があるのみである。

著者らはトレッドミルを用いて、Bruce 法の2段階までの軽運動を負荷したが、その反応は個体差が著しく多様であった。この反応性を類型化するために、できるだけ多数例のデータが必要と考えて、本報告では353名を対象とした。その結果、上昇型、不変型および下降型に分類することができた。さらに上昇型にも軽微から高度の上昇を示すものまであり、それらを同列に扱うことは適切でないと考えられたので、軽微、軽度、中等度、高度に分類して検討した。このような mild exercise に対する血圧反応の差は向に由来するののか

問題である。それは刺激に対する自律神経系の反応性の差と理解され、体質に依存するところが大きいと推定される。なお、それぞれの血圧反応型の頻度には学年差（年齢差）が認められた。この事は成長発達に伴う、自律神経系の生理的変化の反映と推察される。

成人では、亜最大負荷において、収縮期血圧20mmHg以上の上昇を上昇型としているが、それは本研究における中等度以上の上昇群に相当した。中等度上昇群+高度上昇群の頻度は1年生で9.7%、2年生で14.8%、3年生で25%と、年齢が進むにつれて増加する傾向がみられた。

本間ら¹¹⁾は、成人の亜最大負荷において、血圧上昇型(A型)、前期上昇、後期下降型(B型)、下降型(C型)の3型を認めている。そしてその中で、C型は狭心症の患者のみに見られたとしている。Levitesら¹²⁾も下降型を認め、それは左室機能不全の証拠であり、冠動脈疾患のsignであるとしている。本報告の成績では、健康中学生の6.8%に下降型を認めた。これは成人と大いに異なることである。下降型の存在は小児の特徴であり、自律神経系の反応性の表現型の一つとして生理的なものと考えることができよう。興味あることは、1年生で10.4%、2年生で6.5%にみられた下降型が、3年生では男女共に消失したことである。以上述べてきたように、中等度以上の上昇型の増加と、下降型の著減が、15歳前後に認められたが、この事は、この年齢頃、交感神経優位の状態が発現し、この生理的変化に伴い、高血圧の頻度が増加してくる可能性が示唆される。

Dlinら¹⁴⁾は運動負荷後の血圧上昇が著明なほど、高血圧発症のリスクが高いとしているが、これには異論も多く、今回のmild exerciseの反応型の中でも、どの反応型の中から最も多く持続的高血圧を発症してくるかは、今後のfollow upが必要である。

現段階では、本態性高血圧の発症予知としては、交感神経優位のsignとしての脈拍数増加しかないとする報告もみられる。著者の今回の検討では、上昇型は他に比して脈拍数の増加の程度が大きく、また、高血圧群の方が対照群よりも、やや負荷後の脈拍数増加が多い傾向にあった。

高血圧群に対するmild exercise負荷後の血圧変動は、対照群のそれと大差はなかったが、高度上昇群は無く、中等度上昇群も対照に比して頻度が少なく、対照群に比して血圧上昇反応が弱い印象があった。成人の高血圧患者でも、運動負荷後の血圧上昇度が、対照

より低いことを、本間ら¹¹⁾、南ら¹³⁾も認めている。その原因として、高血圧患者では何らかの血圧上昇抑制機構が強く働いていると推察している。小児の高血圧患者でも同様の機序が働いているのかもしれない。

まとめ

交感神経機能検査の一つとして、中学生を対象にmild exerciseを行い、それに対する血圧の反応性には個体差があり、多様であることが知れた。この多様性は何に帰因し、その意義は何かなど今後検討すべき問題である。ことに交感神経優位の状態をdetectし、小児期における本態性高血圧の発症の予知に役立つかが今後の課題である。今後生化学的所見等のパラメーターを増して検討していきたい。

文 献

- 1) Londe, S., et al.: Hypertension in apparently normal children. *J. Pediatr.*, 78: 569—577, 1971.
- 2) Miall, W.E. and Chinn, S.: Blood pressure and aging result of all 5-17 year follow up study in south wales. *Clin. Sci. Mol. Med.*, 45: 23, 1973. (文献12) 郡用)
- 3) Sneiderman, C., et al.: Predictions of blood pressure over a 16 year follow-up of 163 youths. *Circulation*, 54(Suppl. 2): 24, 1976.
- 4) 高橋英次, 他: 東北の三農村部落における血圧の観察. *医学と生物学*, 37: 209—211, 1955.
- 5) 佐々木直亮, 三橋禎祥: 秋田県水田単作地帯一小学校児童の血圧観察. *医学と生物学*, 44: 132—134, 1957.
- 6) 横山 雄: 高血圧. *小児科*, 23: 1213—1221, 1982.
- 7) 前田忠雄, 他: 本態性高血圧症の運動負荷による血中カテコラミン反応. *高血圧*, 1: 20, 1978.
- 8) 土屋整也ほか: 本態性高血圧症における亜最大運動負荷の血漿NEとcyclic nucleotidesに及ぼす影響. *高血圧*, 2: 42, 1979.
- 9) 泉 幸雄, 林 幹朗: 起立性調節障害における循環動態. *自律神経*, 8: 129—132, 1971.
- 10) Riopel, D.A., et al.: Blood pressure, heart rate, pressure-rate product and electrocardiographic changes in healthy children during treadmill exercise. *Am. J. Cardiol.*, 44: 697—704, 1979.
- 11) 本間 潤, 他: Treadmill運動負荷時の血圧反応の臨床的意義. *最新医学*, 35: 638—642, 1980.
- 12) Levites, R., et al.: The significance of hypertension developing during treadmill exercise testing. *Am. Heart J.*, 95: 747—752, 1978.
- 13) 南 勝, 他: 高血圧患者のトレンドミル亜最大運動負荷試験. *高血圧*, 1: 19, 1978.
- 14) Dlin, R.A.: Follow up of normotensive men with exaggerated blood pressure response to

- exercise. *Am. Heart J.*, 106 : 316—320, 1983.
- 15) 吉田信一, 横山 雄 : 中学生の血圧について, 小保研, 45 : 533—536, 1986.
- 16) Barortini, M.B., et al. : Sympathetic nervous

system response to graded exercise : Effect of beta-blockade. *Proc. Interamerican Soc. So. Suppl. II, Hypertension*, 3, No. 6, 155—159, 1981.

Blood Pressure in Junior High School Pupils —Blood Pressure Response for Mild Exercise—

Shinichi Yoshida and Masaru Yokoyama

Department of Pediatrics, Hirosaki University School of Medicine
(Director: Prof. M. Yokoyama)

Blood pressure at rest and immediately after mild exercise was observed in 353 healthy junior high school pupils (186 boys and 167 girls). Blood pressure (BP) was measured by auto-hemadynamometer (BP 201) and mild exercise was adopted by treadmill at the stage II of Bruce protocol, for 6 minutes.

Hypertension (systolic pressure was higher than 136 mmHg) was found in 2.5% of all subjects in whom the third grade boys showed highest frequency of hypertension (7.5%).

According to the response of blood pressure for mild exercise, subjects were divided into following 3 groups as A: increased BP, B: no change and C: decreased BP. the largest number of subjects (65.7%) was belonged to group A and the least one was group C (6.8%). The group A was further divided into 4 subgroups (slight, mild, moderate and high) according to the degree of increasing blood pressure after mild exercise.

The populations composed of moderate and high group in which rise of BP was more than 20 mmHg and 30 mmHg respectively were increased with advancing grade (age).

These different patterns of blood pressure response for mild exercise between younger and older pupils may reflect the different response of sympathetic nerve system in them.