

トレッドミルともに同じ傾向を示した。しかしCase 2, Case 12のようにマスターダブル負荷やホルター心電図では異常が認められず、トレッドミルのみ異常が発見できたものもみられた。Case 12のトレッドミルに関しては今回我々が使用したプロトコールでは異常が見いだされたが、Bruce 変法では何ら異常は発見されなかった。Case 1とCase 11は診断上ホルター心電図がより有用と考えられた症例であった。

#### 〔まとめ〕

マスターダブル負荷とトレッドミルによる負荷を比較すると、後者の方がRisk factorの発見にはすぐれていた。トレッドミルのプロトコールはBruce 変法が普及しているが、それよりも急激に負荷をかけるプロトコールが有用な場合もあると思われる。ホルターとトレッドミルの組合せが、Risk factorの検出には最もよい方法である。

## Bruce 法トレッドミル最大運動負荷における 健康学童の循環器系応答と酸素消費量

弘前大学小児科 康 井 制 洋  
弘前大学医療短大 川 村 幸 悦

トレッドミルによる運動負荷法は被検者がよく慣れた歩行、走行などの生理的動的運動により成し得る点、負荷試験に非協力的な幼若小児においても最大負荷に至るまでの大きな負荷量を被検者の意志に無関係に施行しうる点で小児における運動負荷法として大きな利点を有している。著者等はBruce protocolによる自覚的的最大トレッドミル運動負荷を健康学童において施行し、本法における正常小児の循環器系応答ならびに酸素消費と aerobic working capacityの最もよい指標である最大酸素消費量の検討を行ない、本法運動負荷の負荷強度ならびに臨床応用における基礎的検討を行なった。

#### 〔対象、および方法〕

弘前市某小学校の健康学童男児34名、女児30名の合計64名を対象とした。対象の年齢は6歳より12歳、体重は20ないし53 kg、身長は1.09ないし1.61 mであり、それぞれの構成に有意の男女差を認めなかった。Bruce protocolによる各stage 3分毎の自覚的的最大運動負荷を施行し、心拍数、酸素消費量、運動持続可能時間(以下、Max. Treadmill time, Max TMT)、最大酸素消費量の測定を行なった。Max. TMTは負荷開始より被検者がトレッドミルのストップボタンを押すまでの時間とした。酸素消費量は負荷開始10分前より安静坐位時消費量

表1 Bruce 法トレッドミル負荷における心拍数

			male	female
At rest (坐位)			97±14 (34)	103±16 (30)
	speed (km/h)	gradient (%)		
Stage I	2.7	10	125±14 (34)	130±14 (30)
Stage II	4.0	12	138±14 (34)	147±12 (30)
Stage III	5.4	14	155±15 (33)	166±13 (30)
Stage IV	6.7	16	174±15 (33)	189±13 (29)
Stage V	8.0	18	192±12 (27)	203±10 (18)
Stage VI	8.8	20	198±9 (17)	—
Stage VII	9.6	22	205±12 (7)	—

mean±ISD

( ): number

を測定した後負荷を開始し負荷終了まで1分毎の呼吸より測定, 算出した。測定された最大値を最大酸素消費量とした。また各 stage 2分より3分までの1分間の酸素消費量を各 stage の steady state における酸素消費量とした。心拍数は心電図上の6心拍より算出し, 各 stage 3分終了直前の値を steady state における心拍数とした。トレッドミルのガードは負荷開始より終了ま

で握ったままとした。トレッドミルは日本光電社製 STS 5,200 B, 酸素消費量測定装置はアニマ社製 R1,500 S を使用した。

### 〔結果〕

対象64名のうち男児1名が本負荷試験に非協力的であったため最大負荷を施行し得たものは63名であった。負荷施行中に男児1名, 女児4名では酸素消費量測定用マスクが偏位あるいは脱落し, 最大負荷時までの酸素消費量を測定し得たものは合計59名であった。

(1) 各 stage の完遂率: 各 stage を3分間完遂し得たものは Stage III, 男児 33/34 (97.1%), 女児 30/30 (100%), Stage IV 男児 33/34 (97.1%), 女児 29/30 (96.7%), Stage V 男児 27/34 (79.4%), 女児 18/30 (60.0%), Stage VI 男児 17/34 (50.0%), 女児 1/30 (3.3%), Stage VII 男児 7/34 (20.6%), 女児 0/30 (0%) であった。

(2) 各 stage における心拍数: 安静座位における心拍数は男児  $97 \pm 14/\text{min}$ , 女児  $103 \pm 16/\text{min}$  であり, 安静時としてはやや大きな値を示した。負荷開始後の心拍数は各 stage 2分をすぎるとほぼ一定となり steady state における心拍数は男女とも Stage IV までは直線

表 2 各 stage における酸素消費量

	male	female
At rest	6.6+1.4 (33)	6.5+1.4 (27)
Stage I	21.3+3.6 (33)	21.6+4.2 (27)
Stage II	27.7+4.0 (33)	27.2+4.1 (27)
Stage III	33.0+4.1 (32)	34.3+4.8 (27)
Stage IV	41.2+5.6 (32)	41.9+6.1 (27)
Stage V	49.6+6.1 (30)	48.3+8.2 (16)
Stage VI	55.7+8.0 (19)	—
Stage VII	64.0+7.5 (6)	—

mean+1SD

( ): number

単位: ml/kg/min

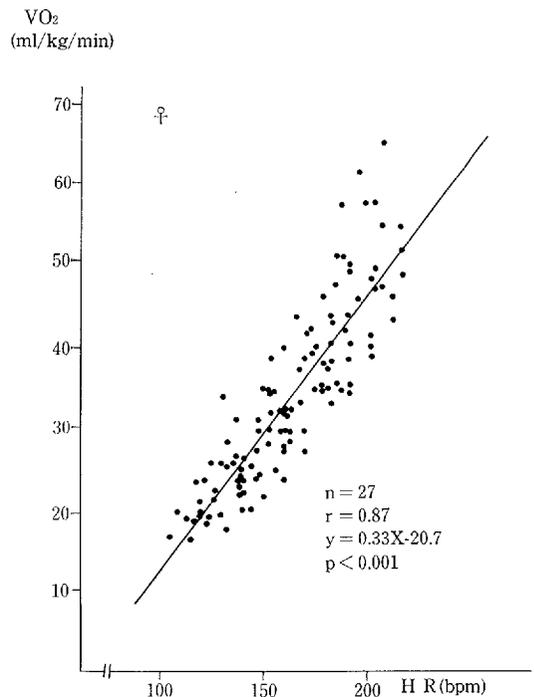
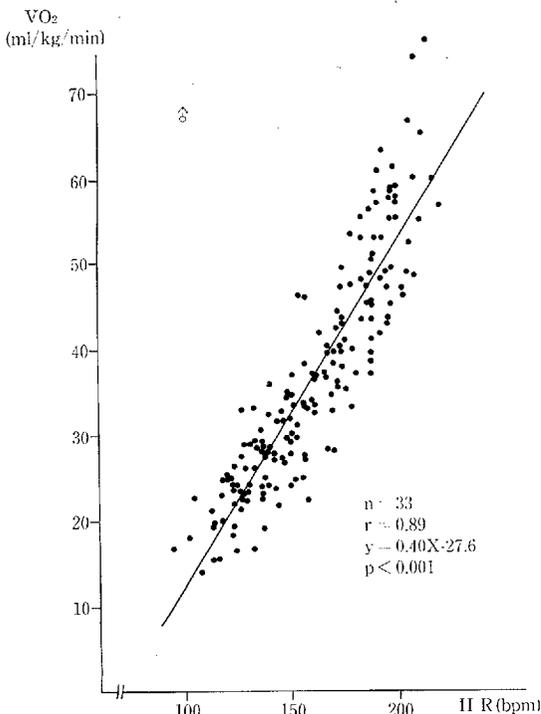


図 1 Bruce 法トレッドミル負荷の Steady state における心拍数と酸素消費量の関係

的に上昇し stage V よりやや上昇率の低下がみられた。各 stage における心拍数は男児に比して女児で大きかった(表1)。

(3) Max. Treadmill time: Max. TMT は男児では9ないし11歳にて、女児では7ないし9歳にてやや大きな値を示す例がみられたが、対象年齢内では年齢、体重、身長等との相関はなく男児 $17.7 \pm 2.5$ 分、女児 $15.3 \pm 2.1$ 分であり男児に有意に大であった( $p < 0.01$ )。

(4) 各 stage における酸素消費量: 安静座位時の酸素消費量は男児  $6.6 \pm 1.4$  ml/kg/min, 女児  $6.5 \pm 1.4$  ml/kg/min であり、各 stage の steady state における酸素消費量は年齢、体重、身長、性別による明らかな差を認めず、表2の如くであった。酸素消費量の上昇は各 stage 毎に直線的( $r \approx 1.0$ )に上昇がみられた。

(5) 酸素消費量と心拍数(図1): 各 stage steady state における酸素消費量と心拍数との間には男女とも良好な正の相関がみられ、相関係数は男0.89, 女0.87であった( $p < 0.001$ )。酸素消費量(ml/kg/min)をY, 心拍数(bpm)をXとする一次回帰では男児  $Y = 0.40X - 27.6$ , 女児  $Y = 0.33X - 20.7$  であり、女児にて酸素消費量の増大に伴う心拍数の増加が少ない所見が得られた。また、心拍数が200/minに近づくとも酸素消費量は一次回帰線よりやや上方へ偏位する傾向を示した。

(6) 最大酸素消費量: 最大酸素消費量は男児800~2,650 ml/min, 女児951~2,273 ml/min であった。最大酸素消費量は年齢、体重、身長、体表面積との間に正の相関を認めた。最大酸素消費量Y(ml/min), 年齢X(year)では男児  $Y = 162X + 80$  ( $r = 0.61$ ,  $p < 0.01$ ), 女児  $Y = 104X + 443$  ( $r = 0.57$ ,  $p < 0.01$ ) であった。体重W(kg)では男児  $Y = 58.4W - 81.4$  ( $r = 0.81$ ,  $p < 0.001$ ), 女児  $Y = 27.6W + 634$  ( $r = 0.68$ ,  $p < 0.001$ ) であった。身長H(m)では男児  $Y = 3,025H - 2,345$  ( $r = 0.79$ ,  $p < 0.001$ ), 女児  $Y = 1,684H - 794$  ( $r = 0.67$ ,  $p < 0.001$ ) であった。体表面積S(m<sup>2</sup>)では男児  $Y = 2,417S - 853$  ( $r = 0.83$ ,  $p < 0.001$ ), 女児  $Y = 1,220S + 181$  ( $r = 0.70$ ,  $p < 0.001$ ) であった。以上のように最大酸素消費量は体重および体表面積と比較的良好な相関を示し、体重あたりの最大酸素消費量は男児  $54.8 \pm 8.7$  ml/kg/min, 女児  $49.8 \pm 8.4$  ml/kg/min で男児に有意に大( $p < 0.05$ )、体表面積あたりでは男児  $1,575 \pm 256$  ml/m<sup>2</sup>/min 女児  $1,396 \pm 207$  ml/m<sup>2</sup>/min で男児に有意に大( $p < 0.001$ )であった。

(7) 最大酸素消費量と Max. Treadmill time: 両者には有意の相関( $p < 0.01$ )を認め、Max. TMT の長

いものほど最大酸素消費量(ml/kg/min)は大であった。相関係数は男児  $r = 0.51$ , 女児  $r = 0.55$  であり、一次回帰式は男児  $Y = 1.77X + 22.6$ , 女児  $Y = 2.15X + 16.8$  (Y: 最大酸素消費量 ml/kg/min, X: Treadmill time, min) であった。

#### [考 按]

トレッドミルによる運動負荷については成人領域において既に多くの報告がみられ、循環器疾患における臨床応用では連続的多段階負荷法がしばしば用いられている。Bruce の protocol はその代表的なひとつであり、成人、小児とも最も普及した負荷法である。本負荷法では性別、年齢、人種等により循環器系応答が異なることは既に報告されているものの、本邦小児においてはその基礎的検討を行なった報告はほとんどみられない。著者らの研究では学童期小児の負荷において、Bruce 法では各 stage における酸素消費量(ml/kg/min)に性差、体重、年齢、身長等にて差を認めず、負荷 stage の上昇にともなう酸素消費量の上昇は直線的であり、本法は小児において極めて定量的な負荷法であると考えられた。各 stage の酸素消費量より運動強度を他の負荷法あるいは運動などと比較すると、Master double two-step test<sup>(1)</sup> は stage II と III の中間に相当する。またカロリー換算を  $1\text{O}_2 \div 5\text{Cal}$  とすると、Stage I は「まりつき」程度、IIIは「鬼ごっこ」程度、Vは「相撲」程度のエネルギー消費量に相当する<sup>(2)</sup>。

運動能力の判定には種々の方法が用いられて来たが、本邦小児では自転車 ergometer による maximum endurance index が従来よりしばしば用いられている。しかし、ergometer 負荷は下肢筋力、下肢容積の影響を強くうけ、また幼児小児における臨床応用には限界も見られている。Treadmill による動的最大負荷を用いた最大酸素消費量の測定は、好氣的 working capacity の最も正確な評価法であり、健康学童においては最大酸素消費量は身長、体重、体表面積などの「体格」とよく相関し、これらによる補正によりほぼ一定の値となることが明らかとなった。今後この指標を用いて心疾患児や不整脈児の運動能力の評価と運動にともなう risk の判定により運動管理を含めたより厳密な運動処方と内科的管理が可能になるものと考えられた。

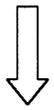
#### [文 献]

- 1) 宝田正志他: 小児科臨床 Vol.27. 150, 1974.
- 2) 林 幹朗: 現代小児科学大系年刊追補, 1973 a, 282.



## 検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



トレッドミルによる運動負荷法は被検者がよく慣れた歩行, 走行などの生理的動的運動により成し得る点, 負荷試験に非協力的な幼若小児においても最大負荷に至るまでの大きな負荷量を被検者の意志に無関係に施行しうる点で小児における運動負荷法として大きな利点を有している。著者等は Bruce prot cc ol による自覚的 maximum トレッドミル運動負荷を健康学童において施行し, 本法における正常小児の循環系応答ならびに酸素消費と aerobic working capacity の最もよい指標である最大酸素消費量の検討を行ない, 本法運動負荷の負荷強度ならびに臨床応用における基礎的検討を行なった。