保育園における幼児の活動水準に関する研究

吉沢茂弘* 本多宏子** 漆原 誠*** 中村 伸***

A STUDY ON PHYSICAL ACTIVITY LEVELS OF YOUNG CHILDREN IN THE NURSERY SCHOOL

SHIGEHIRO YOSHIZAWA, HIROKO HONDA, MAKOTO URUSHIBARA
and NAKA NAKAMURA

Abstract

Six male and seven female children, aged five or six years, ran on the flat treadmill increasing running speeds every two minutes by 20 m/min till their subjective exhaustions. The first steps were started with the speeds of 80 or 100 m/min and the rest periods of 30 seconds were inserted between each successive step for the blood sampling. Expired airs for the determination of oxygen uptakes were collected during the last 30 seconds of every stage. Heart rates were recorded for each subject throughout the whole test session.

Two male and two female subjects were selected in order to determine their physical activity levels in the nursery school. Their heart rates were recorded from Monday to Saturday in a given week.

Analyses of physical activity patterns were tried by relating heart rate levels to circulo-respiratory variables which were equivalent to 3 or 4 mmol/l blood lactate concentration (3 m MLA or 4 m MLA).

By so doing, the following results were obtained :

1) Mean values of blood lactate concentrations observed immediately after the cessation of the last exhaustive steps were 5.16 m MLA for males and 4.70 m MLA for females.

2) Relative values of heart rate to 3 and 4 m MLA against maximal heart rate (% HRmax-3 m MLA and % HRmax-4 m MLA) were respectively 92.2% HRmax-3 m MLA and 97.5% HRmax-4 m MLA for males and 94.9% HRmax-3 m MLA and 98.2% HRmax-4 m MLA for females.

The corresponding relative values of oxygen uptakes were 85.2% $\dot{V}_{O_2}$ max-3 m MLA and 94.3% $\dot{V}_{O_2}$ max-4 m MLA for males and 89.7% $\dot{V}_{O_2}$ max-3 m MLA and 96% $\dot{V}_{O_2}$ max-4 m MLA for females.

3) Mean values of heart rate recorded in the nursery through a given week except Sunday ranged from 89 to 114 beats/min for males and 106 to 126 beats/min for females. In the relative value of a heart rate against the heart rate equivalent to 4 m MLA, that is, % HR 4 m MLA these values correspond to 44~57% HR 4 m MLA and 57~67% HR 4 m MLA respectively.

4) Accumulated duration time : Their hearts beat higher than 160 beats/min, except in the case of 800 m endurance run (only 0~4 and 0~6 minutes for males and 0~6 and 4~21 (touch of tachycardia) minutes for females).

Percentages of accumulated duration time lower than 120 beats/min occupied 72~94% and 77~91% of 6 or 7-hour nursing time for males and 51~91% and 51~78% for females.

*宇都宮大学教育学部

〒321 宇都宮市峰町350

**国学院大学栃木短期大学

〒328 栃木市平井町608

***栃木県トレーニングセンター

〒321-01 宇都宮市西田川町1805 321-01

*Faculty of Education, Utsunomiya University 350 Mine-machi
Utsunomiya 321*

Kokugakuin-Tochigi Junior College 608 Hirai-cho Tochigi 328

Tochigi-ken Training Center 1805 Nishikawada-machi Utsunomiya

5) Absolute and relative values of mean heart rates in 800 m endurance run ranged from 183 beats/min (Net 83% HRmax, 90% HR 4 m MLA) to 199 beats/min (Net 98% HRmax, 104% HR 4 m MLA) for males and from 172 beats/min (Net 77% HRmax, 92% HR 4 m MLA) to 196 beats/min (Net 92% HRmax, 96% HR 4 m MLA), though the duration times were short.

6) Optimal intensity of work load was proposed to be the heart rate level of at least 190 beats/min for favourable development and/or improvement of the circulo-respiratory system in young children.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1988, 37: 158~171)

key words : young children, nursery, 4 m MLA(AT), physical activity patterns

I. 結 言

著者らは、これまで一貫して幼児の有酸素的作業能力に関する研究を進めてきた。その過程で、体重当り最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\text{max}/\text{TBM}$) がすでに4歳児において成人の域に達しており、しかも男子が女子を有意に上回っており、さらに5分走の成績においても男子が女子を有意に凌駕していること^{22,23)}をまず明らかにした。ついで4~5歳児の各種走行速度のトレッドミル走行における心拍数 (HR) と酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) の変化から、幼児において数分間の持久走を安全に導入する走行速度としておよそ 120 m/min を²⁵⁾提示した。さらに、種々の走行速度によるトレッドミルオールアウト走における負荷開始後と負荷終了後の回復時にみられた HR と $\dot{V}O_2$ の変化から、運動負荷に対する呼吸循環系の応答における幼児の特性と優位性²⁶⁾を明らかにした。

一方、幼児の日常生活における身体活動の実態に関しては、これまで吉沢²⁴⁾、加賀谷ら⁶⁾、三村ら¹⁴⁾による報告がある。そしてこれらの研究においては、ある1日のうちの限られた時間あるいはその24時間を通して記録された HR と、別途に求められた HR- $\dot{V}O_2$ の関係に対応させるという方法がとられている。

そこで本研究においては、いわゆる施設収容型と呼ばれ、狭い空間のなかで日中の殆どどの時間、ある一定のカリキュラムのもとで生活することを余儀なくされている保育園の幼児を対象に、まずある週の月曜日から土曜日までの園内生活における HR を記録した。そしてこうした HR の記録を、トレッドミル走行による漸増負荷のもとで求められた従来通りの HR と $\dot{V}O_2$ はもとより、

幼児の場合における新しい試みとして測定された血中乳酸濃度 (LA) の動態とも関連づけ、保育園における身体活動による生理的負荷の実態を明らかにするとともに、適正負荷強度についての提言を試みようとしたものである。

II. 研 究 方 法

A. 被検者

栃木県那須郡烏山町M保育園の男子6名、女子7名の計13名であり、本研究の目的、内容を説明のうえいずれも保護者の承諾を得ている。Table 1には身体的特長が示されているが、これはトレッドミル走行の本実験終了後に計測された値である。また当保育園では毎週日の朝、園外の舗装されていない農道で800 m のいわゆるマラソン (持久走) を各人各様の走り方で実施しており、これらの被検者も入園時から参加している。

B. 保育園における HR の記録

男子の EH と HS の2名、女子の YS と TM の2名についてのみ、昭和61年5月の第3週、月~土曜日の午前9時からおよそ午後4時まで、心拍メモリ装置 (竹井器機工業 1850 a, 重量 100 g) により、1分区切りで連続的に記録した。その後の HR の処理はハートレートアナライザ (竹井器機工業 1850 b) によって行われた。また時間経過にともなう行動や動作の様子をも含めて記録し、それと HR の変化を対応できるようにした。

C. トレッドミル走行による漸増負荷

まず上記4名について、同年6月の第1週のある日、栃木県総合運動公園トレーニングセンターにおいて予備実験を行った。それは、傾斜なしのトレッドミル上で ECGV₄ 誘導による HR の記録を行いながら、第1段階の走行速度を 80 m/min

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Subjects	Age (years : months)	Body height (cm)	Body weight (kg)	Skinfold thickness (mm)			
				Upper arm	Subscapula	Iliacus	Umbilicus
Male							
A A	5 : 04	107.6	19.10	12.0	4.5	4.0	4.0
S O	6 : 01	121.1	20.65	9.0	5.0	4.0	3.5
N K	5 : 03	105.9	18.00	9.5	6.0	8.0	5.5
H Sr	5 : 11	106.0	17.20	8.5	6.5	8.0	6.5
E H	5 : 05	112.8	20.35	9.0	5.0	5.0	5.5
H S	6 : 03	120.1	21.90	7.0	4.5	3.5	4.0
$\bar{x}$	5 : 08.0	112.3	19.53	9.2	1.6	5.4	4.8
sd	: 05.1	6.9	1.76	1.6	0.8	2.1	1.2
Female							
Y I	6 : 00	108.3	16.95	10.5	5.5	5.5	4.0
M O	5 : 07	108.0	16.15	7.5	4.0	4.0	3.0
K K	5 : 08	111.6	21.45	12.0	9.0	9.0	9.5
H S	5 : 07	106.1	16.15	10.0	4.5	3.5	3.5
A M	5 : 09	105.3	17.45	14.0	11.0	9.0	9.5
Y S	5 : 11	114.5	27.95	19.0	20.5	20.0	28.0
T M	6 : 03	111.7	16.20	8.5	3.5	3.0	3.5
$\bar{x}$	5 : 09.9	109.4	18.90	12.2	8.3	7.7	8.7
sd	: 03.0	3.3	4.41	4.0	6.1	6.0	9.0

として、30秒間の休息を挟みつつ、2分間 20m/minの漸増負荷による走行を試み、こうした条件におけるこれら被検者の上限の走行負荷強度を予め知っておくためであった。

ついで3日後の本実験においては、まず被検者をトレッドミル上に置いた椅子に坐らせ、HR記録用の電極、呼吸数記録用のサーミスタがセットされた子供用呼吸採気マスクを装着した。そのおよそ20分後、坐位のまま5分間の呼吸採気とHRの記録を行った。その採気終了後、予じめ血管拡張剤 (Finalgon, 西独) が塗布された右側耳朶からキャピラリー (Corning, 米国) により約 20~30 μ l の採血を行った。

漸増負荷の各段階においては、2分間持続の最後の30秒間に採気し、またトレッドミル停止による走行中止後直ちに採血した。

最終段階においては後半の1分間に30秒毎に連続的に採気した。

こうした本実験における人的配置は、トレッドミル操作と計時の係、レコーダー操作係、呼吸採気係、呼吸量測定と呼吸サンプリング係、採血係、血液処理係に各1名、そして走行中万一転倒しそうなったり(実際には皆無であった)、最終段階の走行中そのペースについていけず後ずさりする場合に直ちに抱き上げることができるように被検者の直ぐ後で身構えている者1名の計7名であった。

呼吸はショランダー微量ガス分析器により、またLAはラクテートアナライザ (LA-640 Roche, スイス) によって分析された。

他の被検者9名については、こうした漸増負荷におけるLAの変化の特性をより高い信頼性のものとて把握できるように、同じ測定手順により、昭和62年6月に追加測定したものである。

なお、いずれの場合も採血は前独協医科大学第一小児外科助教授、現池田クリニック院長池田舜

一氏の指導管理のもとに行われた。

III. 結果及び考察

A. 運動による幼児の LA 動態の特性

各段階の走行持続時間を2分間としたのは、幼児の呼吸循環系の応答が青少年よりも速く、各種走行速度に対して走行開始後1分間後ではほぼ定常状態が成立する²⁵⁾からであり、また ICSPE⁴⁾も子どもの場合そのように推奨している。

Fig. 1 は各種走行速度に対する HR, $\dot{V}O_2$ 及び LA の値を、斜線の部分が意味している有酸素的—無酸素的移行相の領域とともに図示したものである。また、これらの適合曲線から求められた LA 3 mmol/l 及び LA 4 mmol/l (以下それぞれ 3m MLA, 4m MLA とする) に相当する各種変量の値を、最終段階の最大努力時における変量と相対的に比較しながら示したものが Table 2 である。

1. 最大努力時 LA

まず、最終段階の最大努力時において $\dot{V}O_{2max}$ が得られたかどうかについて、吉沢ら²³⁾による幼児の場合 HR 200 beats/min 以上、呼吸商 (RQ) 1.0以上という判定基準と照合してみると、HR では男子の SO, 女子の KK と HS は200 beats/min に達していないが、RQ では男子の SO と女子の KK は1.0に達していたので、RQ が0.98の女子の HS を除く他の被検者では $\dot{V}O_{2max}$ が発現したと思われる。こうして得られた $\dot{V}O_{2max}$ の平均値は吉沢ら^{22, 23)}のトラック走による同年齢の男子の 49.3(5歳)~50.5(6歳) ml/kg/min 及び女子の 45.6(5歳)~46.6(6歳) ml/kg/min とほぼ一致している。

そこでこうした最終段階の負荷直後にみられた LA についてみると、Table 2 に示されているように、男子では 5.16 m MLA, 女子では 4.70 m MLA となっており、田中ら¹⁹⁾による9歳男子の 5.94 m MLA, 跡見ら¹⁾による11歳男子の 6.20 m MLA, そして吉沢ら²⁷⁾による14歳男子の 8.56 m MLA, 14歳女子の 8.41 m MLA よりも低い。こうしてみると、持久性の最大努力時における LA の値は年歳が低くなるにしたがって徐々に小さく

なっていくということがわかる。

その理由としては、子どもでは骨格筋における有酸素的 TCA 回路に先行する無酸素的解糖系の酵素活性レベルが成人よりも低く、そのために産生された乳酸が酸化処理されやすいという Eriksson²⁾ や Weyman ら²¹⁾ による所見が、さらに低い年齢の幼児では一層強く当て嵌まるのではないかということである。その他の理由として考えられることは、Lehmann ら¹¹⁾ が指摘した最大努力時における交感神経の活動レベルが幼児ではより低いという事実から、血管収縮が抑制され、したがって肝血流もより大きくなり肝臓における乳酸の再合成処理が行われやすいこと、また Robinson¹⁵⁾, 石河ら⁵⁾, Máček ら¹²⁾, 吉沢ら²⁵⁾ も報告したように、幼児の呼吸循環系の応答の速さが大きいために運動開始時からみられる酸素不足 (O_2 -deficit) の量が少ないこと、さらに Koch¹⁰⁾ が示唆したように活動筋における血流量が高いこと、などである。

2. 最大下負荷における LA

Mader ら¹³⁾ は成人の30分間の走行において、その間乳酸の産生とその除去処理のバランスが最高のレベルで維持される負荷強度(走行速度)を Maxlass と称し、その状態で得られた 4m MLA を無酸素的閾値 (Anaerobic threshold, AT) と呼び、それは同時にさほど無酸素的代謝に落ち入ることなく有酸素的代謝が最大限に動員されている状態を意味するものであるとしている。したがってこれに相当する負荷強度が持久性トレーニングの至適負荷強度として考えられ、その後 Kindermann ら⁹⁾, Keul ら⁷⁾, Simon ら¹⁷⁾, Stegmann ら¹⁸⁾ によってその測定が試みられてきた。

本研究においては、幼児では 4m MLA の走行速度で30分持続できるとは思われないが、他の研究者による他の年齢との比較ができるという理由から、4m MLA に相当する変量によっても検討することにした。

そこでまず 4m MLA に相当する HR (HR 4m MLA) の HRmax に対する比率 (%HRmax-4m MLA) についてみると、Table 2 からわかるように、男子では $97.5 \pm 1.7\%$ となっており、それは田

Fig. 1. Behaviours of HR (beats/min), $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min), and LA (mmol/l) with increasing running speeds on the flat treadmill in young male (left) and female (right) children (Shaded areas mean aerobic-anaerobic transitions).

Table 2. Running speeds and absolute and relative circulo-respiratory variables equivalent to maximal exertion, 3 mMLA, and 4 mMLA.

Subjects	Maximal exertion					LA, 3 mmol/l (3 mMLA)					LA, 4 mmol/l (4 mMLA)				
	Speed (m/min)	HR (beats/ min)	$\dot{V}O_{2max}$ (ml/kg/ min)	LA (mmol/l)	Speed (m/min)	HR (beats/ min)	%HRmax	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/ min)	% $\dot{V}O_{2max}$	Speed (m/min)	HR (beats/ min)	%HRmax	$\dot{V}O_2$ (ml/kg/ min)	% $\dot{V}O_{2max}$	
Male															
A A	200	204	50.8	4.81	169	195	95.6	45.0	88.6	190	202	99.0	48.5	95.5	
S O	220	194	55.7	6.78	168	173	89.2	42.5	76.3	191	184	94.8	49.2	88.3	
N K	180	206	45.2	4.26	150	198	96.1	42.3	93.6	176	204	99.0	45.0	99.6	
H Sr	160	208	46.0	4.43	105	184	88.5	36.4	79.1	146	202	97.1	43.3	94.1	
E H	180	206	43.6	4.59	146	189	91.7	40.2	92.2	165	203	98.5	43.5	99.8	
H S	220	201	55.1	6.10	172	185	92.0	44.8	81.3	190	194	96.5	48.7	88.4	
$\bar{x}$	193.3	203.1	49.4	5.16	150.7	187.3	92.2	41.9	85.2	176.3	198.2	97.5	46.4	94.3	
sd	26.6	5.1	5.2	1.02	25.7	8.9	3.2	3.2	7.2	18.1	7.5	1.7	2.7	5.1	
Female															
Y I	200	200	44.5	4.78	182	188	94.0	40.3	90.6	194	192	97.0	42.8	96.2	
M O	180	206	52.6	4.89	154	197	95.6	47.2	89.7	161	204	99.0	50.8	96.6	
K K	160	197	40.3	4.48	122	188	95.4	37.3	92.6	153	195	99.0	39.4	97.8	
H S	180	190	49.0	4.77	162	179	94.2	43.6	89.0	176	188	98.9	47.4	96.7	
A M	160	205	43.2	4.25	141	198	96.6	40.3	93.3	157	205	100.0	42.4	98.1	
Y S	140	202	33.9	4.08	123	202	100.0	31.6	93.2	140	202	100.0	33.8	100.0	
T M	180	200	45.1	5.66	146	171	88.5	35.7	79.2	166	191	95.5	40.2	89.1	
$\bar{x}$	171.4	200.0	44.1	4.70	147.2	189.0	94.9	39.4	89.7	163.9	196.7	98.2	42.4	96.4	
sd	19.5	5.4	6.0	0.52	21.1	11.1	3.5	5.1	4.9	17.3	6.9	1.7	5.5	3.4	

中ら¹⁹⁾のトラック走による9歳 ($n=11$) の $97 \pm 2\%$ に匹敵しており, 吉沢ら²⁷⁾のトレッドミル走による14歳 ($n=7$) の $89.9 \pm 4.5\%$, 再び田中ら¹⁹⁾の22歳 ($n=6$) の $80 \pm 2\%$ よりも高くなっている. 一方女子では $98.2 \pm 1.7\%$ となっており, 吉沢ら²⁷⁾による14歳 ($n=3$) の $89.6 \pm 6.8\%$ よりも高い.

同じようにして $\% \dot{V}O_{2\max}-4m\text{ MLA}$ についてみると, 男子では $94.3 \pm 5.1\%$ となっており, 田中ら¹⁹⁾による9歳の $90 \pm 10\%$, 21歳の $73 \pm 2\%$, 吉沢ら²⁷⁾による14歳の $85.9 \pm 5.8\%$ より高く, 女子では $96.4 \pm 3.4\%$ となっており, 吉沢ら²⁷⁾による14歳の $84.8 \pm 7.5\%$ よりも高い.

こうしてみると, $\%HR_{\max}-4m\text{ MLA}$ 及び $\% \dot{V}O_{2\max}-4m\text{ MLA}$ とともに年齢が低くなるにしたがって高くなり, 幼児ではともにほぼ100%の値に達していることがわかる.

このように幼児では, ほぼ最高のレベルの強度に至るまでより有酸素的に代謝が進行していることがわかるが, それには, 幼児では HV/TBM 及び SV/TBM において成人と差がないにもかかわらず体重に占める骨格筋の比率が小さいため HV/ O_2 -pulse の値が高くなるという Kindermann ら⁸⁾の報告を考慮すると, 活動筋は豊富な酸素供給のもとに活動できるということがひとつ

の理由として考えられる.

こうしてみると, 幼児の場合, 最大努力時において活動筋は豊富な酸素に恵まれながらも, その代謝機序においてすでに述べたような無酸素的解糖作用の制約があり, したがって酸素運搬系としての心肺機能に余裕を残しながら運動の中止またはその強度の低下を余儀なくされるというように考えられる. このことは, 生体への過重負荷 (Überbeanspruchung) に先行して活動筋が疲労し, 心臓循環系を保護するという機序が幼児においてはより完全に備わっていることを意味するようである.

B. HR 及び LA からみた活動水準

1. 1日の園内生活における HR の $\bar{x}$

Fig. 2 には男子 EH と HS, 女子 YS と TM の4名について, 園内の生活時間に相当する HR の記録時間 (n 分) と, その $\bar{x}$ 及び Sd が相対的生理的負荷強度とともに曜日ごとに示されている. EH の場合は気分のすぐれなかった木曜日の89 beats/min を除くと102~114 beats/min, HS の場合は98~110 beats/min, YS の場合は123~126 beats/min そして TM の場合は土曜日のかなり高い125 beats/min を除けば106~119 beats/min という値を示した. このように被検者ごとに日間

Fig. 2. Mean values of HR recorded in the nursery are shown in comparisons with relative intensities of physiological work load.

変動がみられるのは、日々の各行動や動作のパターンあるいはそのなかでの身体活動の水準とその持続時間の差に負うところが大きいことはいうまでもない。

ところで身長に対する平均体重²⁰⁾を34%も上回っている YS がかなり高い $\bar{x}$ を示したのは、後の Table 3 からわかるように、午睡における $\bar{x}$ が 98~103 beats/min というように他の HE の 62~85 beats/min, HS の 69~86 beats/min, TM の 79 beats/min と比較してかなり高く頻脈症の傾向にあるためである。

こうしてみると、一般的なカリキュラムのもとでの保育園内生活における HR の $\bar{x}$ は 100~115 beats/min の範囲にあるものと思われる。しかしこれらの値は三村ら¹⁴⁾による男子 4 名の幼稚園内生活における 123~135 beats/min より低い、それは本研究において午睡または横になる (Lying) の時間が設定されていること、また三村らの被検者が $\dot{V}O_2\max/TBM$ の値が示されていないので定かではないが、本研究の被検者よりも呼吸循環系の能力において低かったためか、もしそうでないとすれば、その幼稚園における運動がより活発であったためであろう。

つぎにこうした $\bar{x}$ を Seliger ら¹⁶⁾が述べた循環系への負荷 (Circulation load) という立場から、その方法に準じて Table 2 の HRmax と Table 3 における午睡のうちでもっとも低い HR の $\bar{x}$ の値から

$$\text{Net \% HRmax} =$$

$$\frac{\text{園内生活の HR の } \bar{x} - \text{午睡の HR の } \bar{x}}{\text{HRmax} - \text{午睡の HR の } \bar{x}} \times 100$$

の式により、正味の負荷強度として眺めてみると、Fig. 2 に示されているように、男子では Net 19~36% HRmax, 女子では Net 22~38% となり、男女ともほぼ同じであった。

しかしそれを一般的なみかけの比率でみると男子が 43~55% HRmax となり女子の 53~63% HRmax より高く、また LA との係りでは、4m MLA の HR に対する比率すなわち % HR 4m MLA でみると、Fig. 2 に示されているように、男子が 44~57% HR 4m MLA, 女子が 57~67%

HR 4m MLA となっており、いずれも女子が男子よりも約 10% の差をもって高い値を示した。これは $\dot{V}O_2\max/TBM$ よりもむしろ $\dot{V}O_2$ 4m MLA/TBM において男子が女子を上回っており、したがってそれは活動筋における代謝機序においてより優れていることを意味している、共通のカリキュラムの負荷のもとでは、男子がその分だけ心臓血管に余裕を残すことができたためであろう。

2. HR のカテゴリーからみた活動水準

Fig. 3 は HR の階級幅を 10 beats/min として上記 4 名の月~土曜日の園内生活における HR を、HR 3m MLA とともに、ヒストグラムで示したものである。

ところで Gilliam ら³⁾は 6~7 歳児を対象に 12 時間にわたる HR の変化を追っており、そして心臓血管系の能力 (Cardiovascular fitness) の改善をもたらす負荷強度を少なくとも 160 beats/min として検討したところ、それを上回った合計時間は男子では 21 分、女子では 9 分というようになり短く、また 120 beats/min 以下の合計時間は 12 時間の 75% 以上の長さには達したと報告している。本研究においても 160 beats/min を上回った合計時間は、800m 持久走の場合を除くと、EH の 0~4 分、HS の 0~6 分、TM の 0~6 分そして頻脈症気味の YS ですら 4~21 分というように極めて短いものであった。ちなみに 160 beats/min に相当する LA は、EH では 2.2m MLA, HS では 2.0m MLA, TM では 2.7m MLA となっており、YS でも Fig. 1 から 2.0~2.5m MLA の範囲にあることが推測されることから、活動筋はその代謝においてはほぼ完全に有酸素的状态で進行しており、この負荷強度に対してかなり余裕を残していることがわかる。

また 160 beats/min に相当する循環系への正味の負荷は、EH では Net 68% HRmax, HS では Net 69% HRmax, TM では Net 67% HRmax として YS では Net 59% HRmax となっており、これまた循環系への負荷強度としてはまだかなり余裕があるようである。こうしてみると、Gilliam ら³⁾の 160 beats/min は負荷強度としては軽く、

Fig. 3. Distributions of HR recorded in the nursery through a week. HR equivalent to 3mMLA are also given.

Table 3. Absolute and relative values of heart rate in various kinds of physical activity patterns in a week (n=total duration time in minute).

Subjects	Absolute means and the relative values of HR	Mon.								Tues.								Wed.							
		800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap	800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap	800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap
E H	n (min)	6	31	42	92	37	19	98	—	6	23	15	99	55	16	24	61	6	20	20	112	48	20	55	35
	$\bar{x}$ (beats/min)	183	137	120	109	118	111	102	—	188	130	135	102	101	96	86	75	186	133	128	98	108	92	92	85
	Net%HRmax	84	52	40	33	39	34	28	—	88	47	51	28	27	24	17	9	86	49	46	25	32	21	21	16
	%HR 4 mMLA	90	67	59	54	58	55	50	—	93	64	67	50	50	47	42	37	92	66	63	48	53	45	45	42
H S	n (min)	6	22	41	49	37	18	60	34	4	22	14	99	41	29	56	37	5	20	21	107	46	23	35	51
	$\bar{x}$ (beats/min)	185	125	114	81	102	94	87	71	199	130	119	100	114	95	90	69	189	140	124	105	110	108	96	86
	Net%HRmax	88	42	34	9	25	19	14	0	98	46	38	23	34	20	16	0	91	54	42	27	31	30	20	13
	%HR 4 mMLA	96	65	59	42	53	49	45	34	104	68	62	52	59	49	47	36	98	73	65	55	57	56	50	45
Y S	n (min)	10	19	41	60	34	13	86	—	6	21	16	100	46	14	40	58	7	18	17	109	38	21	45	43
	$\bar{x}$ (beats/min)	175	151	141	109	126	118	107	—	196	148	137	124	134	128	112	103	196	157	162	118	126	120	112	100
	Net%HRmax	73	50	41	10	25	19	8	—	92	47	37	25	34	28	13	5	92	56	60	19	26	21	13	2
	%HR 4 mMLA	86	74	69	53	62	58	52	—	96	73	67	61	66	63	55	50	96	77	79	58	62	59	55	49
T M	n (min)	5	22	9	72	39	9	20	53	7	14	15	105	48	11	93	—	7	18	21	100	48	23	87	—
	$\bar{x}$ (beats/min)	172	128	104	110	104	117	94	79	160	128	128	107	105	102	88	—	183	147	154	106	123	114	104	—
	Net%HRmax	77	40	21	26	21	31	12	0	67	40	40	23	21	19	7	—	86	56	62	22	36	29	21	—
	%HR 4 mMLA	92	68	56	59	56	63	50	42	86	68	68	57	56	55	47	—	98	79	82	57	66	61	56	—

Table 3. (Cont.).

Subjects	Absolute means and the relative values of HR	Thur.								Fri.								Sat.							
		800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap	800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap	800 m endurance run	Gymnastics	Outdoor play	Indoor lesson	Lunch	Snack	Lying	Nap
E H	n (min)	5	23	20	101	40	16	40	55	5	22	43	68	24	11	—	—	5	24	15	84	37	—	—	—
	$\bar{x}$ (beats/min)	183	117	97	89	91	88	70	62	182	109	120	99	100	97	—	—	184	112	109	110	96	—	—	—
	Net%HRmax	84	38	24	19	20	18	5	0	83	33	40	26	26	24	—	—	85	35	33	33	24	—	—	—
	%HR 4 mMLA	90	58	48	44	45	43	34	31	89	54	59	49	49	48	—	—	91	55	54	54	47	—	—	—
H S	n (min)	5	23	22	96	38	18	30	63	14	13	57	39	35	11	—	—	5	23	21	82	42	—	—	—
	$\bar{x}$ (beats/min)	183	122	138	94	97	110	79	74	108	108	130	87	103	110	—	—	184	126	119	106	97	—	—	—
	Net%HRmax	86	40	52	19	21	31	8	4	30	30	46	14	26	31	—	—	87	43	38	28	21	—	—	—
	%HR 4 mMLA	95	64	72	49	51	57	41	39	56	56	68	45	54	57	—	—	96	66	62	55	51	—	—	—
Y S	n (min)	7	23	15	101	47	22	38	53	7	20	58	86	40	8	—	—	6	22	23	90	39	—	—	—
	$\bar{x}$ (beats/min)	185	151	141	122	116	119	104	98	192	142	141	115	113	125	—	—	179	138	129	123	112	—	—	—
	Net%HRmax	82	50	41	23	17	20	6	0	89	42	41	16	14	25	—	—	76	38	29	24	13	—	—	—
	%HR 4 mMLA	91	74	69	60	57	58	51	48	94	67	69	56	55	61	—	—	88	68	63	60	55	—	—	—
T M	n (min)	5	22	24	114	40	11	76	—	5	24	62	49	29	5	—	—	6	22	26	105	40	—	—	—
	$\bar{x}$ (beats/min)	191	138	121	114	106	108	96	—	180	117	140	95	103	115	—	—	188	144	145	118	113	—	—	—
	Net%HRmax	93	49	35	29	22	24	14	—	83	31	50	13	20	30	—	—	90	54	55	32	28	—	—	—
	%HR 4 mMLA	102	74	65	61	57	58	51	—	96	63	75	51	55	61	—	—	101	77	78	63	60	—	—	—

190 beats/min 程度が適切であると考えられる。それは Table 2 からわかるように、有酸素的一無酸素的移行相の中間点としての 3m MLA に相当する男子の 187 beats/min, 女子の 189 beats/min にはほぼ一致しているからである。また走行速度にするとそれは約 150 m/min に相当している。

さらに 120 beats/min 未満の合計時間の園内生活時間に対する比率は、EH では 72~94%, HS では 77~91%, TM では 54~78% そして YS ですら 34~70% というようにいずれもかなり高い比率を示している。

したがって、こうした活動水準から判断する

と、幼児は骨格筋の有酸素代謝機序はいうに及ばず、循環系ないし心臓血管系においてすら望ましい発達を促進するに足る状況におかれていないのではないと思われる。

3. 行動及び動作の категория からみた活動水準

Table 3 は同じ 4 名について行動及び動作の category 別に合計時間 (n 分), HR の $\bar{x}$ 及びその Net % HRmax と % HR 4m MLA を曜日ごとに示したものであり、Fig. 4 はそのうちの $\bar{x}$ を図示したものである。

持久走についてみると、EH では Net 83%

Fig. 4. Mean values of HR in various kinds of physical activity patterns in the nursery school through a week.

HRmax (89% HR 4 m MLA) ~ Net 91% HRmax (93% HR 4 m MLA), HS では Net 86% HRmax (95% HR 4 m MLA) ~ Net 99% HRmax (104% HR 4 m MLA), TM では Net 80% HRmax (86% 4 m MLA) ~ Net 93% HRmax (102% HR 4 m MLA) として頻脈症気味の YS では Net 86% HRmax (86% HR 4 m MLA) ~ Net 96% HRmax (96% HR 4 m MLA) となっている。これらの値からみると、持続時間はわずかに数分に過ぎないが、こうした持久走は呼吸循環の発達や改善に大きく寄与しているものと思われる。

幼児の自然な自発的活動が発現しやすい屋外の遊びでは、EH が Net 24% HRmax (48% HR 4 m MLA) ~ Net 66% HRmax (67% HR 4 m MLA), HS が Net 34% HRmax (59% 4 m MLA) ~ Net 52% HRmax (72% HR 4 m MLA), TM が Net 21% HRmax (56% HR 4 m MLA) ~ Net 62% HRmax (82% 4 m MLA) として YS が Net 29% HRmax (63% 4 m MLA) ~ Net 60% HRmax (79% HR 4 m MLA) という値を示し、持久走と比較するとかなり低い負荷強度になっている。そのひとつの理由としては、敷地が小さく、あるひとつの活動の流れが頻繁に中断されるという観察上の事実を指摘することができるが、そのために HR の上昇が必然的に抑制されたものと思われる。

保母側が働きかけて行わせる体操でも、屋外の遊びよりもわずかに高い傾向を示したに過ぎず、またその他のパターンにおいてはさらに低くなっている。

幼児は、LA に関して % HRmax-4 m MLA, $\dot{V}O_2$ % HRmax-4 m MLA の値が青少年よりも高く、それぞれ 100% HRmax, 100% $\dot{V}O_{2max}$ に匹敵しており、また骨格筋が豊富な酸素の供給のもとで活動できるということから、活発に活動しても代謝上の疲労に落ち入りにくいという特性をもっているものと考えられる。それにもかかわらず、これまで述べてきたような低い活動水準は、いわゆる施設収容型の保育園ならびに幼稚園においても類推することができるので、発育にともなう呼吸循環系の健全な発達を促進するには、予防医学的立場と相俟って、特別なプログラムを組み

入れる必要がある。とくに無酸素的解糖系の発達により以前にも増して大きなパワーを発揮できるようになってくる思春期を、その受け皿としての有酸素的能力を十分に発達させた上で安全に迎えることができるように、持久性の負荷を規則的、継続的に与えることが望まれる。

(受付 昭和62年7月16日)

参 考 文 献

- 1) Atomi, Y., K. Iwaoka, H. Hatta, M. Miyashita and Y. Yamamoto (1985) : Daily physical activity levels in preadolescent boys related to $\dot{V}O_{2max}$ and lactate threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **55**, 151-161.
- 2) Eriksson, B. O. (1972) : Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 years old boys. *Acta Physiol. Scand. Supp.* 384.
- 3) Gilliam, T. B., P. S. Freedson, D. L. Geenen and B. Shahraray (1981) : Physical activity patterns determined by heart rate monitoring in 6-7 year-old children. *Med. Sci. Sports Exercise*, **13**, 65-67.
- 4) ICSPE (1982) : Revidierte Standardisierungsvorschläge für Ergometrie 1981. *Dtsch. Z. Sportmed.*, **33**, 52-52.
- 5) 石河利寛, 形本静夫, 村岡 功 (1981) : 幼児の運動開始時における酸素摂取量および心拍数応答特徴. *体育の科学*, **31**, 260-264.
- 6) 加賀谷淳子, 横関利子 (1981) : 幼児の日常生活の運動量. *体育の科学*, **31**, 245-252.
- 7) Keul, J., G. Simon, A. Berg, H. H. Dickhuth, I. Goertler and R. Kubel (1979) : Bestimmung der individuellen anaerobe Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch. Z. Sportmed.*, **30**, 212-218.
- 8) Kindermann, W., J. Keul, G. Simon and H. Reindell (1978) : Anpassungserscheinungen durch Schul- und Leistungssport im Kindesalter. *Sportwissenschaft*, **8**, 222-234.
- 9) Kindermann, W., G. Simon and Keul, J. (1979) : The significance of the aerobic- anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.*, **42**, 25-34.

- 10) Koch, G. (1974) : Muscle blood flow after ischemic work and during ergometer work in boys aged 12 years. *Acta Pediatr. Belgica*, 28(Supp.), 29-39.
- 11) Lehmann, M., J. Keul and U. Korsten-Reck (1981) : Einfluss einer stufenweisen Laufbandergometrie bei Kindern und Erwachsenen auf die Plasmacatecholamine, die aerobe und anaerobe Kapazität. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 47, 301-311.
- 12) Máček, M. and J. Vávra (1980) : The adjustment of oxyegn uptake at the onset of exercise. *Int. J. Sportsmedicine*, 1, 70-42.
- 13) Mader, A., H. Liesen, H. Heck, H. Philippi, P. M. Schurch and W. Hollmann (1976) : Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed.*, 27, 80-88.
- 14) 三村寛一, 上林久雄(1985) : 幼児の日常生活における至適運動量に関する基礎的研究—24時間の心拍数の変動について—. *体力科学*, 34, 201-210.
- 15) Robinson, S. (1939) : Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiol.*, 10, 263-268.
- 16) Seliger, V., Z. Trefny, S. Bartunková and M. Pauer(1974) : The habitual activity and physical fitness of 12 year old boys. *Acta Pediatr Belgica*, 28(Suppl.), 54-59.
- 17) Simon, G., A. Berg, H. H. Dickhuth, A. Simon-Alt and J. Keul (1981) : Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. *Dtsch., Z. Sportmed*, 32, 7-14.
- 18) Stegmann, H., W. Kindermann and A. Schnabel (1981) : Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Medicine*, 2, 160-165.
- 19) 田中宏暁, 進藤宗洋, 志波和美, 小野敏郎, 梶山彦三郎, 靱井勇次(1981) : 血中乳酸濃度と走行スピードとの関係についての9歳男児と成人の比較. *体育科学*, 9, 27-33.
- 20) 栃木県全幼稚園連合会 : 幼児運動機能の発達.
- 21) Weyman, M., T. Reybouck, H. Stijns and J. Knops (1985) : Influence of age and sex on the ventilatory anaerobic threshold in children. *Children and Exercise XII*, 114-118.
- 22) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子(1975) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (Ⅰ), *体力科学*, 24, 37-44.
- 23) 吉沢茂弘, 本多宏子(1979) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (Ⅱ), *体力科学*, 28, 104-111.
- 24) 吉沢茂弘(1981) : 子どもの運動遊びと呼吸循環機能の発達. *体育の科学*, 31, 316-323.
- 25) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸(1981) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (Ⅲ), *体力科学*, 30, 73-85.
- 26) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠(1984) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (Ⅳ), *体力科学*, 33, 173-183.
- 27) 吉沢茂弘, 岡 誠一, 宗像 茂, 平松和巳(1987) : 無酸素的閾値の心拍数による中学校体育授業と部活動の分析. 宇都宮大学教育学部紀要, 第37号第2部 169-209.