

心臓活動指数による子供の発育に伴う  
身体活動に対する欲求の変化に関する研究

金沢大学 北 浦 孝

(共同研究者) 同 沼 哲 夫

**Study on Developmental Change of Demand for Physical  
Activities in Children by Heart Activity Index (HAI)**

by

Takashi Kitaura, Tetsuo Numa

*College of Liberal Arts, Kanazawa University*

**ABSTRACT**

Daily physical activities of 27 children aged from 10 months to 11 years (13 boys and 14 girls) were studied by monitoring 24 h heart rate and deriving the heart activity index (HAI), and their demands to physical activities were evaluated by questionnaires to their parents. The perspective relative activity on the day of HR recording and the observational activity judged from the children's general vividness containing physical fitness were determined in quantity from the questionnaire. The HAI was compared with total daily heart rates, waking average heart rates, sleeping average heart rates, difference of average heart rates between waking and sleeping, age, and the observational activity.

General heart rates informations as total heart rates, sleeping heart rates, and waking heart rates showed the rapid decreasing pattern with growth. But the difference of average heart rates between waking and sleeping and the HAI had not showed any conclusive change with development.

They showed some relationships with the individual relative phys-

ical activities of the every day.

The HAI showed that it was available to evaluate the young children's physical activity even like a baby aged around 1 year. And the HAI suggested that the individual difference of children in the degree of demands and the quantity of the physical activity might started already in 1-year-after birth. It may induce the early appearance of the individual difference of the physical performance in childhood.

## 要 旨

生後10ヵ月から11歳までの27名の子供(男子13名, 女子14名)を対象に携帯用心拍メモリ装置を利用して一日の心拍数の変動を一分ごとに記録し, 得られた数値を睡眠時の平均心拍数をもとに得点化(心臓活動指数, HAI)を行った。また, おのおのの子供の父母に対するアンケート調査により当日の活発度と平日の活発度を求め, 相対的な活動量としてそれらの積という形で観察的活動量という尺度を設定した。

発育に伴う活動状態や生理学的変化を明らかにするため年齢とHAIや総心拍数・覚醒時平均心拍数・睡眠時平均心拍数・覚醒時平均心拍数と睡眠時平均心拍数との差(心拍差)・観察的活動量などのパラメータ間の関係を詳細に検討した。その結果HAIは年齢や性による生理学的な影響を取り除いた個人個人の活動状態を相対的に表現しており, 低年齢の子供でも十分に利用できることがわかった。またそれは発育期における活動に対する欲求や量の個人差は1歳というかなり早期から出現している可能性を示唆した。

## 緒 言

近年, 子供達の中に成人病予備群と呼ばれる子供達がいる。その原因の一部に大人と同じ様に栄養過多と運動不足が挙げられている。従って発育

期における健全な身体の発達のためには運動量の確保が重要となり, 多くの教育機関でも万歩計の利用などそのための方法が取り入れられている<sup>1,2,3,4,13)</sup>。多くの場合子供は大人より相対的に代謝が盛んで基礎代謝基準値が高い<sup>9)</sup>。また身体活動に対する欲求が高く, 少ない一回心拍出量から多くの血液を確保する必要から一日における心臓の拍動数も多いと考えられている。

6歳前後の幼児で一日の総心拍数は15万拍近くで成人では10万拍ほどであると言われて<sup>7,8,11)</sup>。ところが6歳頃にはすでに個人間の運動能力に差が出てくる<sup>10,11,13)</sup>。運動能力の高い子は睡眠時の心拍数が低くなる傾向があり, これは大人の運動選手に見られる徐脈のパターンと類似している<sup>11)</sup>。このような発育に伴う個人差の出現と運動量との関係は低年齢の場合はあまり明らかにされていない。

その理由のひとつは日常生活の中での子供の運動量を正確に測定することが困難であることが考えられる。例えば年齢が小さいほど身体活動に対する欲求は運動量として直接評価できると考えられるが, 乳幼児のように全身で活動する場合には万歩計やカロリーカウンターの様な器具では機能上十分な測定が期待できない。また時間調査法でもめまぐるしく活動状況が変わる乳幼児では記録が困難であり正確性を欠くことになる。ましてや最高心拍数や安静時心拍数を求めることは極めて

困難なことである。

そこでその運動量を推定するための手段として北浦と沼(1988)<sup>6,7,8)</sup>は心拍メモリー装置を用いた心拍数の記録から心臓活動指数(Heart activity index, HAI)という数値を求めそれから判断する方法を開発した。それは方法的には心拍数の記録だけであるから乳幼児にも適応できると考えられる。従ってそれを利用して子供の運動量の評価を試み、個人差の発現時期と運動好きな子と嫌いな子の成因について明らかにすることを目的として研究を行ったので報告する。

## 1. 研究方法

生後10ヵ月から11歳までの27名の子供(男子13名, 女子14名)を対象に携帯用心拍メモリー装置(T. K. K. 1850 a, 竹井機器)による1分ごとの心拍数の記録とおのおの子供の父母に対するアンケートによる子供の活動量の調査を行った。一日の心拍数の変動は1440個以上のデータとしてインターフェイス(T. K. K. 1850 e, 竹井機器)を介してパソコン(NEC, PC 9801)に取り込み、統計処理を行った。活動記録との照合によりデータは一日総心拍数・睡眠時平均心拍数・覚醒時平均心拍数などの分画処理や北浦と沼の方法<sup>6)</sup>による心臓活動指数(HAI)の算出に利用された。低年齢の子供の心拍数の測定はできるだけ子供の負担にならないように特に注意を払い、平日と生活があまり異ならないようにした。アンケート調査は心拍数測定日の活動度と平日の観察による子供の体力評価としての活発度に関するものである。

前者は普段と比べて(1:全く少ない, 2:やや少ない, 3:普通, 4:やや多い, 5:全く多い)の5段階評価であり活動度と呼び、後者は一般的にみて(1:ほとんど体を動かす事がなくおとなしくしているのが好き, 2:少しは体を動かすがどちらかと言えば遊びがおとなしい, 3:普

通に遊ぶ, 4:少し活発であり, 遊びも元気がある, 5:体を動かして遊ぶことが大変好きで夢中になって遊び, 時には危険を感じることもある)と言う5段階評価で行い、先述の活動度とこの平日の活発度の積として観察的活動量という尺度を設け相対的な活動量として利用した。また6歳以上の子供の一部(男子6名, 女子6名)には万歩計(タニタ社, 5616型)を腰部斜め前方に装着させ心拍数と併せて一日の歩行数を調べた。

## 2. 結果と考察

測定に参加した子供の発育に伴う体格(身長・体重)の変化は男女とも全国平均<sup>2)</sup>と大差がなく、またそれらの男女差は12歳まではほとんど差が見られずそれ以降に顕著となることから統計処理上は特に区別をしなかった。なお年齢は身長( $r=0.983$ )や体重( $r=0.881$ )との間に極めて高い相関関係( $P<0.01$ )を示した。各測定項目間の関係を検証するため相互の変数間の相関係数を表1に示した。

おのおのの関係を見てみると総心拍数は大人の場合と同様に最小心拍数( $r=0.925$ )や睡眠時の平均心拍数( $r=0.958$ )や覚醒時平均心拍数( $r=0.990$ )との間に非常に高い相関関係( $P<0.01$ )を示したが、HAIとの間( $r=0.291$ )には何等の関係も見いだされなかった。覚醒時の平均心拍数は睡眠時の平均心拍数との間に( $r=0.926$ )高い相関関係を示した。またHAIとの間には弱い相関関係( $r=0.375, P<0.05$ )を示した。覚醒時の状態をよく示すと考えられる覚醒時平均心拍数と睡眠時平均心拍数の心拍差は最大心拍数( $r=0.576$ )やHAI( $r=0.943$ )との間に高い相関関係( $P<0.01$ )を示した。年齢は多くの心拍数に関する項目と負の相関関係( $P<0.01$ )を示した。しかし、心拍差( $r=0.113$ )とは関係がなかった。年齢に関する関係は体重においても当てはまった。

子供の活動状態に関するアンケートの結果に関

表1 測定項目変数間の相関係数

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0.925**	0.198	0.958**	0.990**	0.117	0.292	-0.827**	-0.784**	-0.004	0.029
B		0.053	0.970**	0.895**	-0.162	-0.018	-0.789**	-0.734**	-0.081	-0.078
C			0.053	0.272	0.576**	0.567**	0.046	-0.003	0.128	0.463*
D				0.926**	-0.159	0.015	-0.862**	-0.798**	-0.089	-0.127
E					0.226	0.375*	-0.807**	-0.774**	-0.023	0.078
F						0.943**	0.113	0.033	0.172	0.531**
G							-0.031	-0.051	0.270	0.549**
H								0.881**	0.359	0.362
I									0.165	0.185
J										0.771**

\* : P<0.05, \*\* : P<0.01

A : 一日総心拍数, B : 最小心拍数, C : 最大心拍数,  
 D : 睡眠時平均心拍数, E : 覚醒時平均心拍数,  
 F : 覚醒時と睡眠時の平均心拍数の差 (心拍差),  
 G : 心臓活動指数 (HAI), H : 年齢, I : 体重,  
 J : 活動度, K : 観察的活動量

しては個人個人のその日の活動度はどの項目とも有意な関係を示さなかったが、体力を考慮した活発度と活動量の複合評価 (観察的活動量) とは有意な関係 ( $r=0.771, P<0.01$ ) を示した。これは子供時代は体力のある子は日常にも活動状態が高いことを示唆していると思われる。観察的活動量は心拍差 ( $r=0.531$ ) や HAI ( $r=0.549$ ) との間にもわずかながら有意な相関関係 ( $P<0.01$ ) を示した。

図1に同年代 (1歳) で総心拍数は同じ様であるが HAI の大きく異なる2名 (A : 169, 810 拍/日・HAI=14.9, B : 171,718 拍/日・HAI=2.5) の一日の心拍数の変化の例を示した。

(A) の睡眠時平均心拍数は 93 拍/分であるのに対し (B) は 105 拍/分と高い値を示した。心拍差は (A) が 35 拍に対し (B) は 23 拍であり、活発度で見ると (A) は 3 で普通であり (B) は 2 のおとなしい部類に属していた。また観察的活動量は (A) が屋外でも室内でもよく遊び 9 点になったのに対し、(B) は室内で比較のおとなしく遊んだため 4 点という低い値を示した。運動に対する

個人的な好みでは両者とも割と好きであるというアンケート結果であった。

一日の心拍数の特徴としての総心拍数 (拍/日) の発育に伴う変化を図2に示した。男女とも1歳時に約 17~18 万拍近くもあったものが発育に伴い徐々に減少し、10歳ごろには男子は約 12 万拍、女子では約 13 万拍となりかなり成人に近い数値を示すようになった<sup>7,8)</sup>。総心拍数と体重の関係 ( $-0.874$ ) も年齢と同じ様な変化を示した。また発育期における身長の変化は体重よりも栄養状態や運動量などの後天的な影響を受けにくい<sup>9,12)</sup>ので身長と総心拍数の関係は体重以上に年齢と同じ様な変化を示した (図3)。なお、一日の総心拍数は 1440 分の合計であるから一日の平均心拍数の変化は総心拍数の変化と同じ意味を持つ。また発育に伴う心拍数の減少変化は覚醒時の平均心拍数 ( $r=-0.862$ ) と睡眠時の平均心拍数 ( $r=-0.807$ ) にも当てはまることであった。

身体の活動状態を反映すると予測される覚醒時と睡眠時の平均心拍数の差は平均  $29.5 \pm 5.4$  (SD) (拍/分) (範囲 19-38) で発育期のどの年

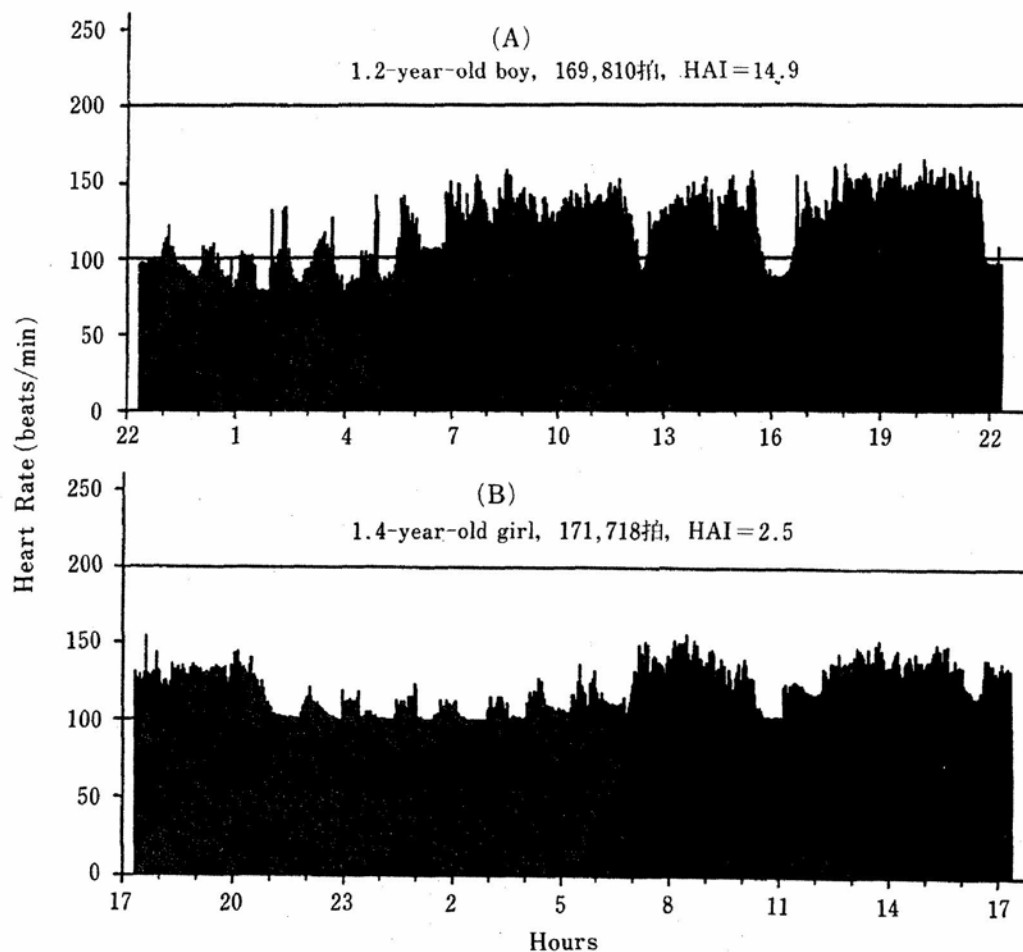


図1 1歳児の一日の心拍数の変化の例

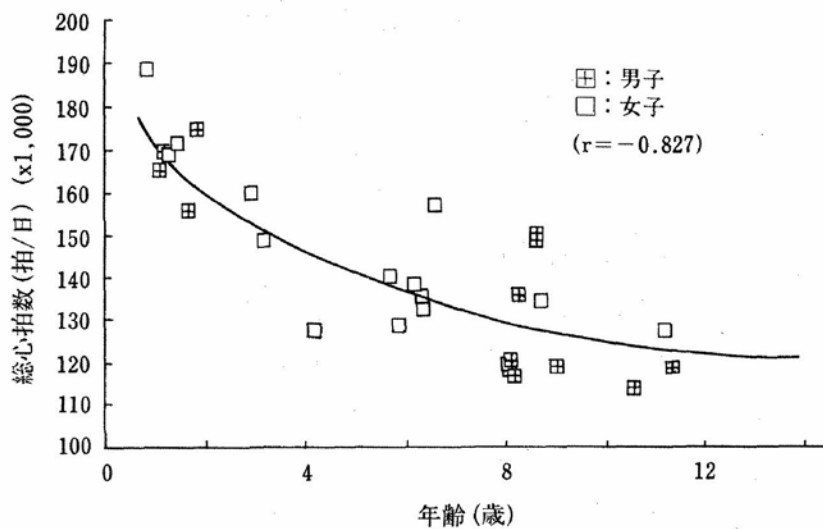


図2 年齢と総心拍数

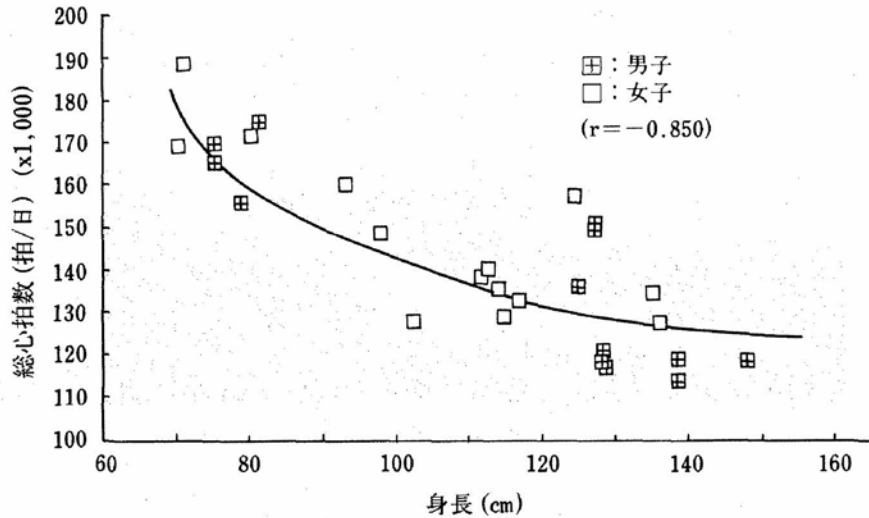


図3 身長と総心拍数

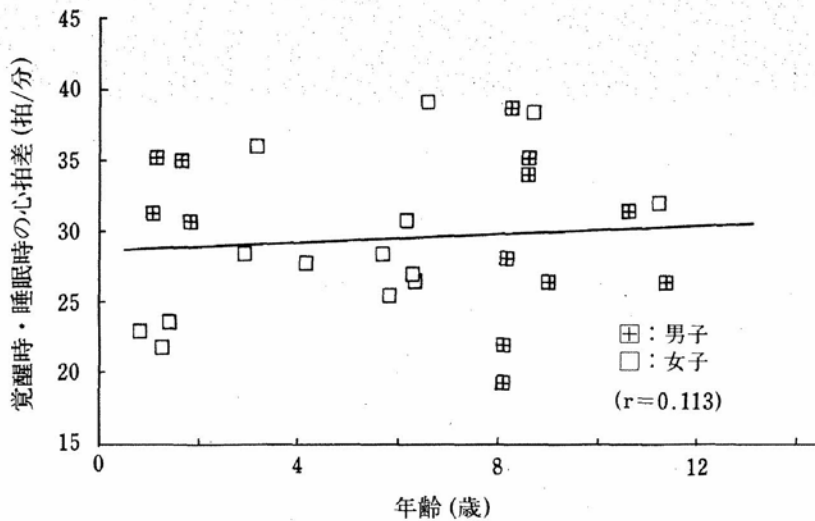


図4 年齢と覚醒時と睡眠時の心拍数

代においても大きな差は見られなかった (図4)。同年代での身体の大きさの影響を除外した基礎代謝基準値 (kcal/kg/day) が発育に伴い減少する傾向がある<sup>9)</sup>ことを考慮すると覚醒時や睡眠時の心拍数は発育による代謝の変化と同傾向を示すことから発育期における細胞分裂の増進などと何等かの関係を有することが推察された。しかし、心拍差は他の心拍数の変化と違った関係を示すと

ころから単なる成長のための発育の代謝変化と異なる要因によって変化することが考えられた。この覚醒時と睡眠時の心拍数の差と HAI との関連をみたのが図5である。

心拍差は HAI と非常に高い正の相関関係 ( $r = 0.943$ ,  $Y = 1.2873 X + 1.242$ ) を示した。また生理学的な意味は不明であるが心臓活動指数は一日の平均心拍数 ( $r = 0.292$ ) よりもむしろその標準偏

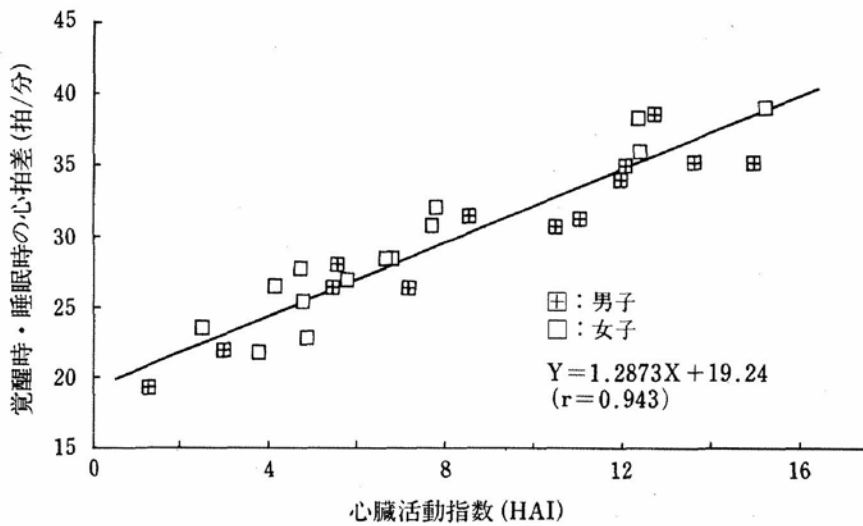


図5 心臓活動指数 (HAI) と覚醒時と睡眠時の心拍差

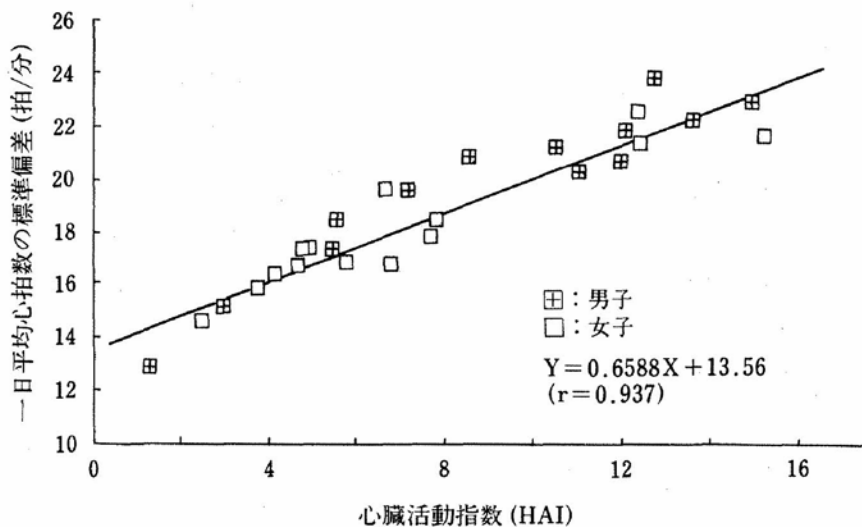


図6 心臓活動指数 (HAI) と一日平均心拍数の標準偏差

差値との間に高い相関関係 ( $r = 0.937$ ,  $Y = 0.6588X + 13.56$ ) を示した (図6). 従ってこの標準偏差値も HAI 同様に何等かの心臓の活動状態を示していることが推測された. しかし, これは平均値を中心とした心拍数の単なる分散を表しているに過ぎず, 標準誤差でも同様な結果になると思われる.

今回の測定項目においては万歩計による歩数と  
デサントスポーツ科学 Vol.12

有意な関係を示すものは得られなかった. 図7に万歩計と HAI との関係を示した. 万歩計による歩数は戎ら (1990)<sup>2)</sup> が報告したようにエネルギー消費量と高い相関関係があると考えられるが, 今回の測定では移動速度の変化が激しくまた全身で活動する乳幼児では使用限界が存在することが観察されたため結果から除外したし, また身体の活動水準を評価するためのエネルギー消費量は身体

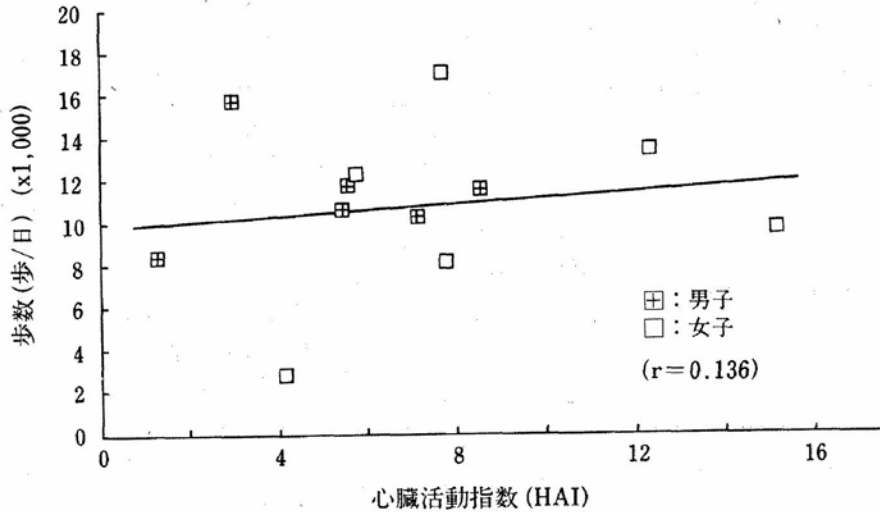


図7 心臓活動指数と万歩計の歩数

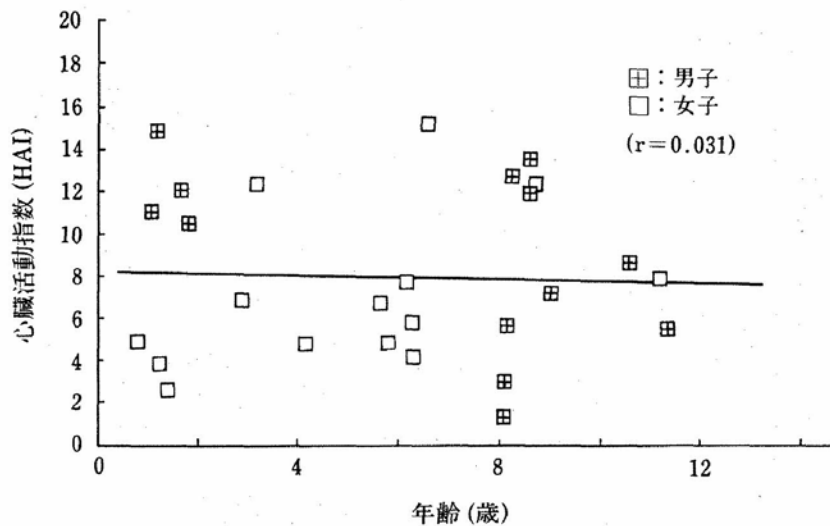


図8 年齢と心臓活動指数 (HAI)

や体重の様な体格の大小による影響を受ける<sup>9,13)</sup>が HAI は個人の体格の差を取り除いた相対的な評価方法であるため歩数とは有意な関係が認められなかったものと考えられる。従ってエネルギー消費量を利用して個人個人の活動状態を一般化して説明するにはそれらの事に関する専門的知識を必要とするためあまり便利とは思えない。むしろどのような年代にも利用できる HAI のような相

対的な評価方法が理解しやすく便利であると思われた。

図8に HAI と年齢の関係を示した。両者には大人の場合と同様に有意な関係 ( $r=-0.031$ ) は認められなかった。観察的活動量と年齢の関係においても有意な関係 ( $r=0.362$ ) は見られなかった。

一般に心拍数からエネルギー消費量を計算する場合に利用される心拍数と酸素摂取量との関係<sup>13)</sup>



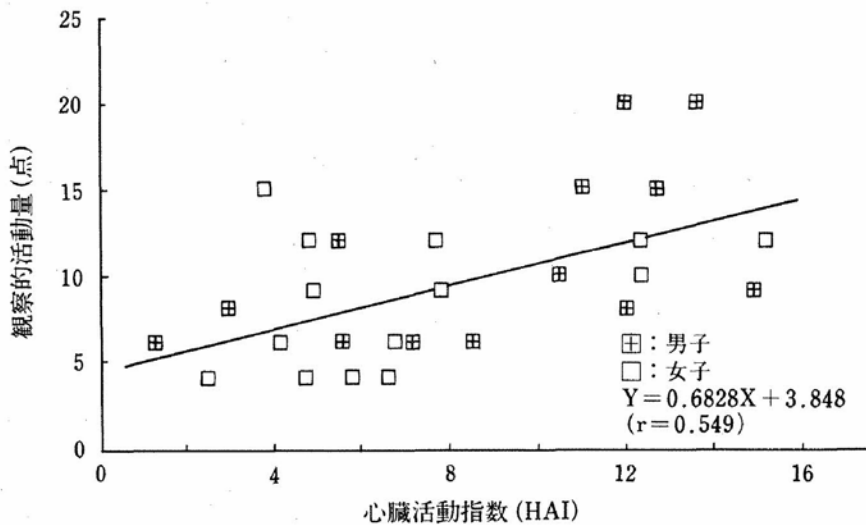


図9 心臓活動指数 (HAI) と観察的活動量

から考えると HAI や覚醒時と睡眠時の心拍差は年齢や性別による差よりむしろ個人の活動状態と体力に依存し、活動の強度と比例すると推察された (図9)。このことから考えると幼児期においても大人の場合と同じ様に身体活動に対する欲求は個人的なものであり、どの子も活動的であるわけではなく、比較的体力のある子は活動に対する欲求も量も多くなる傾向があり、この個人差は1歳というかなり早い時期から形成されている可能性があることが推測された。

従来からこどもの運動指導のために心拍数を利用することが勧められてきたが<sup>4,10)</sup>、単に心拍数や心拍水準だけから運動強度を決定することはこどもの個人差から派生する運動に対する欲求を無視してしまい運動嫌いを作り出す危険性があることが推察された。個人差の発生に関しては生理学的な理由としては単純な動きを決定する要因のひとつとして骨格筋の筋線維組成にすでに違いがあることが影響していることが考えられる<sup>5)</sup>。しかし、本研究は横断的測定であるため正確に評価するためには今後は同一被験者を用いて垂直的に検討してみることが必要であると思われた。

また子供の兄弟による影響や父母の運動経験や

運動指導による変化等についても更に検討する必要が認められた。また生理学的な意味は現時点ではまだ不明であるが HAI は最高心拍数や安静時心拍数を測定することが困難である低年齢の子供にも十分に使用できるものであると思われた。しかし、低年齢の子供の心拍数は大人以上に心理的影響を受けやすいこと<sup>10)</sup>を十分に考慮して活動量を評価することが必要であると思われた。

### 3. 結 論

生後 10 ヶ月から 11 歳までの 27 名の子供 (男子 13 名, 女子 14 名) を対象に携帯用心拍メモリ装置を利用して心臓活動指数 (HAI) を求め活動量などのパラメータと比較検討した結果心臓活動指数は年齢や性による先天的な影響を取り除いた個人個人の活動状態を相対的に表現しており、それは低年齢の子供にも十分に利用できることがわかった。またそれは発育期における子供の活動に対する欲求や量の個人差が1歳というかなり早期から出現している可能性を示唆した。

### 文 献

- 1) 浅見高明, 渋谷侃二, 石島 繁; 幼児の適性運動

- 量に関する研究，—幼稚園におけるトレーニング中の運動強度とエネルギー消費量について—，体育科学，11，106-116 (1983)
- 2) 戎 利光，齊藤由美，島田 茂，加藤孝之；1日当りのエネルギー消費量とペドメータ歩数との相互関係，デサントスポーツ科学，11，115-123 (1990)
  - 3) 原田弘子，佐々木志津子，石原みどり；万歩計によって肥満児の生活状態が把握できるか，子供たちの運動意欲をかりたてることができるか，デサントスポーツ科学，1，100-105 (1979)
  - 4) 星川 保，豊島進太郎，宮崎保信，近藤 欽，出原鎌雄，松井秀治；Pedometerの歩数および心拍数からみた小学校授業時の活動度について，体育科学，9，1-11 (1981)
  - 5) 勝田 茂，伊藤一生，的場秀樹，北浦 孝，春日規克，石原昭彦；骨格筋線維タイプの特性とそれに影響を及ぼす因子，そのII，筋線維タイプに影響を与える因子，体力科学，38，13-26 (1989)
  - 6) 北浦 孝，沼 哲夫；心拍数メモリによる心臓活動指数の試作，Ann. Sci. Kanazawa Univ., 25，31-35 (1988)
  - 7) 北浦 孝，沼 哲夫；心臓活動指数による大学生の一日の身体活動量の研究，Ann. Sci. Kanazawa Univ., 26，33-38 (1989)
  - 8) 北浦 孝，沼 哲夫；一日総心拍数の得点化（心臓活動指数）による運動量の評価，デサントスポーツ科学，11，254-261 (1990)
  - 9) 厚生省；“第四次改定 日本人の栄養所要量”，第一出版 (1989)
  - 10) 松井秀治，勝部篤美，小林寛道，小松佳世，水野義雄，天野博江，伊藤功子；幼児の自由遊び時間および各種運動時の心拍反応，体育科学，9，160-173 (1981)
  - 11) 三村寛一，上林久雄；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 (1985)
  - 12) 東京都立大学体育学研究室；“日本人の体力標準値”第4版，不昧堂出版 (1989)
  - 13) 山本高司，北川 薫，坪内伸司，加藤好信，朝比奈一男；小学生男子（11歳）の1日の消費エネルギー量，体育科学，11，63-68 (1983)
  - 14) 山地啓司；“運動処方のための心拍数の科学”，大修館 (1981)