

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

金沢大学 北 浦 孝
(共同研究者) 同 沼 哲 夫

Evaluation of Daily Physical Activities by the Heart Activity Index Designed for 24 hr Heart Rates

by

Takashi Kitaura, Tetsuo Numa
College of Liberal Arts, Kanazawa University

ABSTRACT

Daily physical activities of 10 adult males and 17 adult females were studied by using the heart activity index (HAI) designed for 24 hr heart rates. The heart rates for 24 hr were recorded with heart rate memories. The HAI was calculated to the all heart rates scored on the standard of the average heart rate during sleep.

The daily total heart rates of males were generally the same as that of females. The differences between males and females heart activity pattern were not evident. But females showed a slightly higher HAI and average heart rate than males.

It was shown that the daily total heart rates were affected by two factors : the average heart rate during sleep and that during daily physical activity.

Pedometers were used for determining the patterns of daily physical activities. But the pedometers could not move in the routine physical exercise by cyclings.

要 旨

27名の成人男女を対象に携帯用心拍メモリー装置を利用して一人一人の一日の心拍数の変動を1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。このHAIの持つ生理学的意味を検討するため総心拍数や平均心拍数・睡眠時心拍数・一日平均心拍数と睡眠時心拍数との差（心拍差）などのパラメータとの関係を詳細に検討し、運動処方としての利用の有効性を確認した。また一部万歩計を装着することによりメモリー装置で得られる結果との比較検討を行った。その結果このHAIは万歩計より極めてよく身体活動の状態を反映することが認められた。

はじめに

一般人の健康の維持増進を目的とした運動処方を考える場合、各人の日常の身体活動量を把握することが必要となる。通常一日の身体活動量はエネルギー消費量を用いて評価するのがもっとも一般的であり、それは酸素消費量との関係からエネルギー代謝率（RMR）⁹⁾やMETを利用した時間調査法によるものや万歩計^{2,4)}やカロリーカウンターを利用して求めることができる。

さらに運動処方のための負荷強度は最大酸素摂取量や最高心拍数を基準として作製されることが多いが^{11,15)}、%HR_{max}が酸素摂取量との相関関係が高いことからよく利用されることもある¹⁵⁾。これらは特定の運動を指導する場合には便利であるが、一日の活動水準や量を説明するためには経時的な変化を把握しにくいと適さない。そこで最近では測定の簡便さと酸素消費量との関係から心拍数を利用するものがよく利用されるようになった。

特に一日の総心拍数はエネルギー消費量と相関があるところから個人の活動量を表すものとして

利用されることが多い³⁾。ところがこの総心拍数では十分に鍛錬された人では副交感神経支配が発達したために運動を実施したにもかかわらず、鍛錬されていない人より少なく出ることがあり、説明に困ることがあり、多くのデータは一般的利用に供されていない。そのため橋本らは“24時一心拍比”（100 * 一日の平均心拍数 / 安静時心拍数）と言う用語³⁾を考察したが、安静時心拍数の決定など時間的拘束があり不便である。

そこでわれわれはケネス・クーパー¹⁾のエアロビクスの得点化と同様な心拍数の得点化によって容易に、しかも客観的に運動量を評価することを目的として心拍メモリー装置を利用して一日の身体活動量の得点化（心臓活動指数，Heart activity index ; HAI）を行い活動量を評価すると同時に一部万歩計との比較を行ったので報告する。

測定方法

一日の心拍数は胸部双極誘導法により導出した心電信号から拍動数を抽出し、携帯用心拍メモリー装置（竹井機器）を用いて1分ごとに記録し、1440個以上のデータをインターフェイス（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。

心拍数の得点化は個人の心拍数の最も安定する睡眠中（就寝30分後より起床30分前まで）の平均心拍数（Sleeping heart rate, SLH）を基準値とし、その30拍（SLH + 30）以上の数を10拍ごとに0.01点として計算して、これらの得点の一日の合計を心臓活動指数（HAI）とした。これは先行研究の結果基準値を低くした場合と高い場合ではいずれも指標として適さないものであったためである^{5,6)}。また睡眠時の心拍数が日常の身体活動の影響を強く受ける危険性が心配されるが、特別に疲労した場合や病気の場合を除いては通常睡眠時の平均心拍数は極めて安定した値を示すことが

先行研究の結果（未発表）明かとなったため24時間の計測の中で睡眠時がどの部分になっても構わないものとした。万歩計はデジタル歩数計（タニタ社、5616型）を腰部にセットし、心拍メモリー装置と開始時をあわせ24時間目に数値の記録を行った。

今回の測定に参加した被験者は男子10名（19～38歳）と女子17名（19～37歳）である。被験者の身体的特徴を表1に示した。尚、心拍数の測定は全員行ったが万歩計は男子1名（37歳）女子6名（19～22歳）で測定を行った。

結果と考察

被験者の身体的特徴を表1に示した。

表1 被験者の身体的特徴

	身長 (cm)	体重 (kg)
男子 (N=10)	174.9±6.2**	70.4±9.6**
女子 (N=17)	156.9±4.0	52.8±7.2

** : P < 0.01 (平均値±SD)

表2に一日の心拍数の特徴として総心拍数（拍/日）と平均心拍数（拍/分）および睡眠時最小心拍数（拍/分）・最大心拍数（拍/分）・睡眠時平均心拍数（拍/分）・睡眠時最大心拍数（拍/

分）・平均心拍数と睡眠時心拍数の差（心拍差）・HAIの平均値と標準偏差（SD）を示した。いずれの項目においても男女間に著名な差はなかった。全体的には女子の方が総心拍数（115,698拍/日）が男子（108,290拍/日）より多めであった。

表1の身長と体重では男女間に有意な差（P < 0.01）があるにもかかわらず、総心拍数には差が認められなかった。尚、総心拍数は平均心拍数と同じ意味を持つものと考えられるので、同じことは平均心拍数にも当てはまる。

心臓活動指数（HAI）の基準値として用いた睡眠時の平均心拍数（拍/分）は男子（58.1 ± 5.8, 平均値±SD）も女子（60.8 ± 7.2）と差がなく極めて安定した値を示した。個々のデータの検証により一日の最小心拍数はほとんどが睡眠時に得られたものであることが確認された。したがって睡眠時最小心拍数を測定すればそれは一日の最小心拍数を意味するものと考えられる。

HAIは総心拍数と同じ様に女子で高い傾向を示し、女子の方（7.75 ± 5.00）が男子（4.58 ± 2.95）より一般的には活動的である可能性を示した。しかし、これも他の項目と同様に男女間と言うよりも個人差の方に、より大きな影響を受けるものと考えられる。

表2 各変数の平均と標準偏差

	1	2	3	4	5	6	7
男子 (N=10)	75.2 ±7.8	143 ±22	58.1 ±5.8	51 ±5	79 ±7	17 ±4	4.58 ±2.95
女子 (N=17)	80.3 ±6.8	161* ±15	60.8 ±7.2	53 ±6	82 ±14	20 ±5	7.75* ±5.00
全体 (N=27)	78.4 ±7.6	154 ±20	59.8 ±6.9	52 ±6	81 ±12	19 ±5	6.58 ±4.61

* : P < 0.05, ** : P < 0.01 (平均値±SD)

- 1 : 平均心拍数, 2 : 最大心拍数, 3 : 睡眠時平均心拍数,
4 : 睡眠時最小心拍数, 5 : 睡眠時最大心拍数,
6 : 平均心拍数と睡眠時平均心拍数の差 (心拍差),
7 : HAI (心臓活動指数)

表 3 各変数間の相関係数

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.273	0.764**	0.721**	0.498**	0.470*	0.467*
2		1	0.117	0.120	0.143	0.254	0.393*
3			1	0.945**	0.761**	-0.211	-0.136
4				1	0.679**	-0.201	-0.177
5					1	-0.288	-0.187
6						1	0.895**
7							1

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

1 : 平均心拍数, 2 : 最大心拍数, 3 : 睡眠時平均心拍数,

4 : 睡眠時最小心拍数, 5 : 睡眠時最大心拍数,

6 : 平均心拍数と睡眠時平均心拍数の差 (心拍差),

7 : HAI (心臓活動指数)

万歩計の歩数は平均 8605 歩で最小値 (2850 歩) は家庭の主婦 (36 歳) によって得られた値であった。最大値 (12,325 歩) はクラブ活動でダンスを行っている女子学生のものであった。HAI の最低値は男子の 0.87 であり一日中デスクワークにたずさわっていたが万歩計は 9883 歩を示していた。これは小さな移動が多くあるものの心臓に影響を及ぼすほどの作業でなかったことが推察される。

測定した変数間の相関関係を検証するため相互の相関係数を求め表 3 に示した。個々の関係を見ると心拍数に関しては平均心拍数が睡眠時最小心拍数 ($r = 0.721$) や睡眠時の平均心拍数 ($r = 0.764$) との間に高い相関関係 ($P < 0.01$) があり, HAI との間には弱い相関関係 ($r = 0.467$, $P < 0.05$) が見られた。これは一日の心臓の活動量が多い場合には睡眠時においても心臓の活動量が多いことあるいは日中の身体活動量の多いことの両面を反映している可能性がある。しかし, 最小睡眠時心拍数が睡眠時平均心拍数と非常に高い ($r = 0.945$) 相関があるにもかかわらず, 睡眠時平均心拍数は HAI とほとんど相関関係がない ($r = -0.136$)。

このことから判断すると, 睡眠時の心拍数の多さが一日の平均心拍数あるいは総心拍数に反映す

るものの, 身体活動量は睡眠時の心拍数とは独立したものであると考えられる。したがって, 総心拍数はこの睡眠時と身体活動時の二つの心臓の活動状態を反映したものであるとして考えるのが適当と思われる。また一日の平均心拍数と睡眠時心拍数の差 (心拍差) が HAI と非常に高い相関関係 ($r = 0.895$, $P < 0.01$) を持っていることから考えると, この HAI は心臓の活動状態を極めてよく反映していると考えられる。

図 1 に女子学生の一 24 時間間の心拍数の変化の一例を示した。比較的運動経験が少なく, 平日も特に運動をしていないにもかかわらず日常の活動量が多いのが分かる。この被験者の総心拍数は 131,706 拍で HAI は 12.32 であり睡眠時平均心拍数は 64 拍であった。極めて心臓の活動状況が高いものと推察される。

鳥越と横沢¹²⁾はクラブ活動に参加していない女子学生の総心拍数が 104,860 拍で参加している学生では 119,739 拍であったとしているが表 2 の女子平均 ($115,698 \pm 9,800$ 拍) と比べるとあまり差が認められない。また 123,538 拍も総心拍数があるにもかかわらず HAI が 4.13 と低い例もあることを考慮すると, 総心拍数だけから身体活動量を推定することは危険であると思われた。それが表

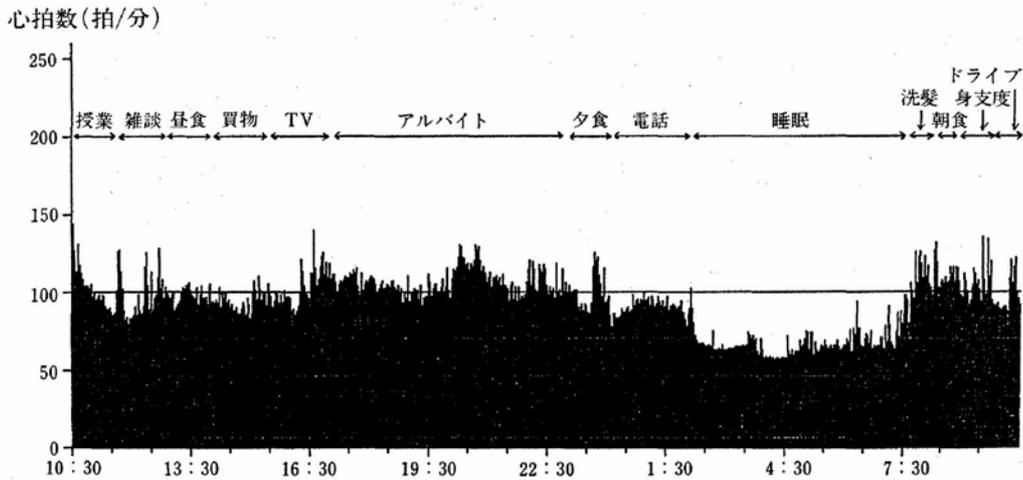


図1 一日の心拍数の変化の例

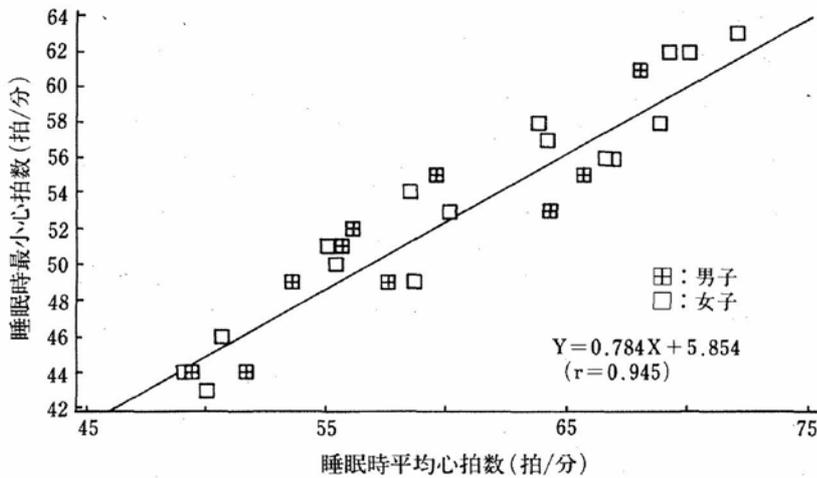


図2 睡眠時平均心拍数と睡眠時最小心拍数

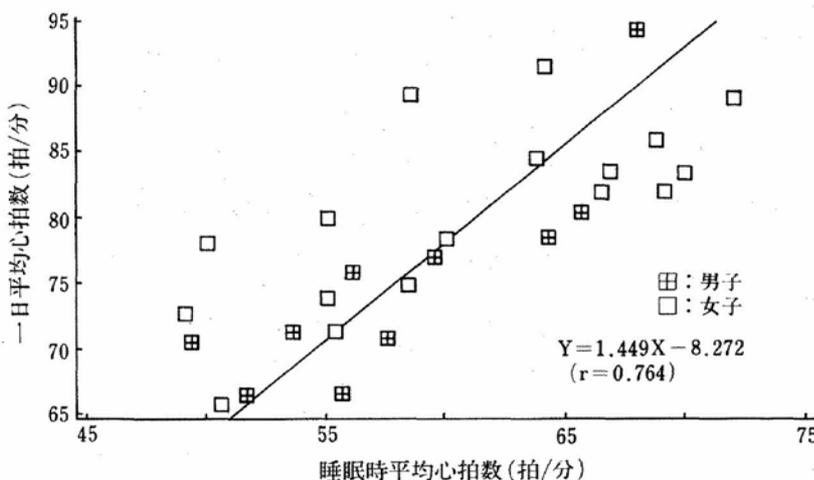


図3 睡眠時平均心拍数と一日平均心拍数

3の平均心拍数とHAIの間に相関関係が弱く表されている原因と推察される。

表3において相関関係が重要な意味をもつもののいくつかを図2～5で示した。図2は睡眠時最小心拍数と睡眠時平均心拍数の関係、図3に平均心拍数と睡眠時心拍数の関係、図4に平均心拍数とHAIの関係、図5に心拍差とHAIの関係を示している。表3で示した関係のうち図2からは $Y = 0.784 X + 5.854$ ($r = 0.945$)、図3から $Y = 0.690 X + 5.708$ ($r = 0.764$)、図4から $Y = 0.310 X - 5.71$ ($r = 0.467$)、図5から $Y = 0.974 + 12.184$ ($r = 0.895$) の回帰直線が得られた。

図6に万歩計の結果と一日平均心拍数の関係 ($N = 8$) を示し、図7に万歩計の結果とHAIの関係 ($N = 8$) を示した。いずれも相関関係は見

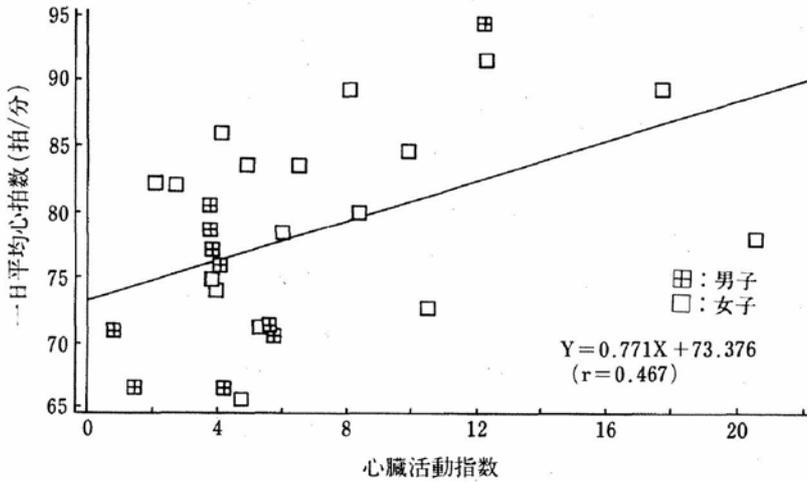


図4 心臓活動指数と一日平均心拍数

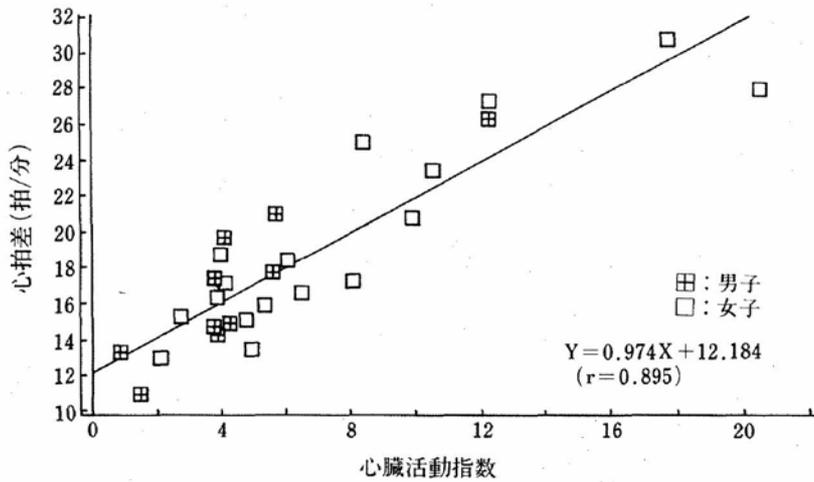


図5 心臓活動指数と心拍差

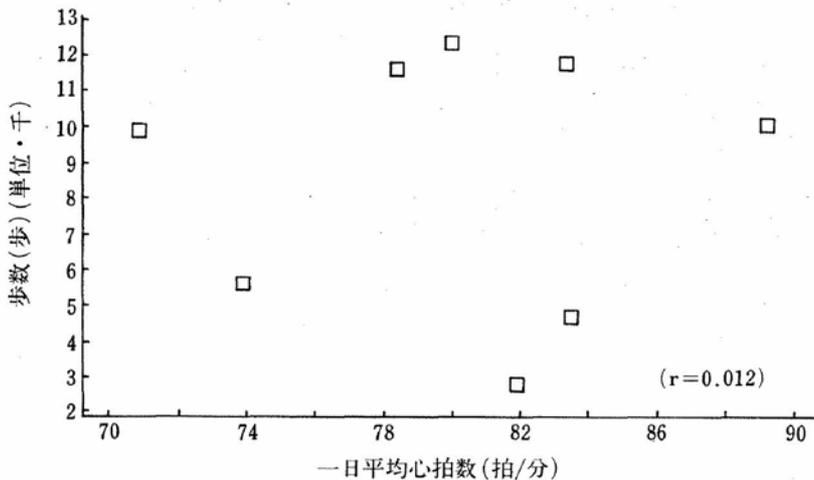


図6 一日平均心拍数と歩数

い込まれなかった。時間調査の結果から万歩計を使用して一日の身体活動量を測定する場合の問題点は、自転車乗りのような極めて日常的に起こり得る身体活動の場面が数値として反映されないということが分かった。

今回もこの点に関する配慮がなかったために心拍数の変化との関係が明瞭に見いだされなかったものと考えられる。これは今後の問題である。特に3大エアロビック運動といわれるジョギング・水泳・サイクリングの中に自転車乗りがあるように、万歩計に限られた場合にだけ有効というのでは運動処方としての利用が十分に期待できないと思われる。

単純に HAI を運動処方のために利用するには仮に睡眠時平均心拍数を 60 拍/分とすると 120 拍/分の運動では毎分 0.03 加点されるため 30 分間活動すると 0.9 得点加わる事になる。150 拍/分の運動では毎分 0.06 点が与えられ 30 分で 1.8 点が加わる。このことを考慮すると表 3 で得られた平均の HAI は運動だけに換算すると男子 (4.58) で 150 拍/分の運動を約 1 時間 15 分、女子 (7.75) で 2 時間 10 分続けることとなり男女ともかなりの身体活

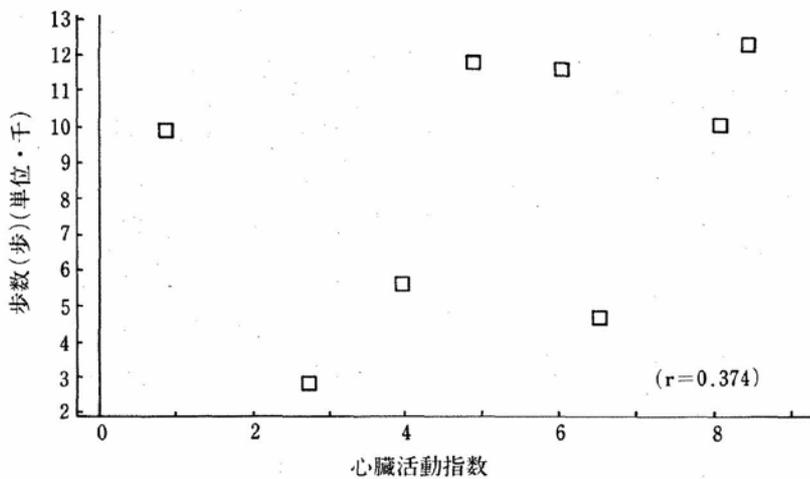


図7 心臓活動指数 (HAI) と歩数

動量になることが予想される。しかし、実際には定量化できない日常の生活における HAI の平均であるため被験者間のばらつきが大きくなり、真の活動量の評価のためにはまだエネルギー消費量^{3,10,13)}など他の測定評価が必要と思われる。しかしこれまでの資料を考慮すると HAI が 4.00 以下の場合には比較的的身体活動が少ないと予測される⁷⁾。今回も男子で 10 名中 5 名、女子で 17 名中 4 名が該当した。

山本等^{13,14)}、芳田等¹⁶⁾は 1 日の消費エネルギー量を心拍数から酸素摂取量との関係を利用して算出した。これはエネルギー代謝率 (RMR) を用いて算出した結果⁹⁾と良く一致しているので、今回の HAI を利用する方法もエネルギー消費量あるいは被験者の主観的活動量等によって比較検討する必要が認められた。また今後はこの方法を一般化するためには対象とする年齢層を広げて検討することが必要と思われた。三村と上林による幼児での研究⁸⁾でも睡眠時の心拍数の変化などでは成人に近いパターンが報告されており、今回と同様な処理が可能と考えられる。したがって、累計された得点 (HAI) は運動処方の一助として十分に利用出来るものと思われる。特にクーパーらのエアロビクスの得点と同様に一週間で 50 点とか 70 点

と言った形で表現することが出来る点で便利であると思われる。

心拍数の変動が精神的な影響を受けることから HAI が完全な身体活動だけを抽出しているかと言うことは解決しなければならない問題点であるが、これまでの研究から激怒のようなよほどの精神的興奮がなければ HAI に関与して来る値は極めて少なく無視し得るものであった。しか

し、今後この点に関しても明瞭な答えを出す必要があると思われる。

結 論

本研究の結果から睡眠時心拍数を基準値として心臓活動指数を求めて日常の身体活動を得点化することが十分に可能であり、被験者の拘束も少なくまた数値も極めて扱いやすいものであり運動処方の利用に適していることが判明した。特にこの心臓活動指数は心拍差 (一日平均心拍数と睡眠時平均心拍数の差) と極めて高い相関関係を示した。また運動量の把握のために一般的によく利用されている万歩計に関しては活動の種類により使用方法が限定されることが判明した。

文 献

- 1) Cooper, Kenneth H., Kevin Brown; "Aerobics", M. Evans & Co. New York (1968)
- 2) 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, Vol. 1, 100-105 (1979)
- 3) 橋本 勲; 運動量の測定と評価, 臨床スポーツ医学, 1 (6), 650-655 (1984)
- 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) 加賀谷淳子, 石川芳子;主婦の生活構造と身体活動水準, 体育の科学, 23, 796-803 (1973)
 - 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) 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)
 - 9) 沼尻幸吉;“活動のエネルギー代謝”第2版, 労働科学研究所 (1979)
 - 10) 大道 等, 岩崎輝雄;非定常状態における心拍数と酸素摂取量の相関, 体育の科学, 32 (11), 869-874 (1982)
 - 11) 定本明子;日常生活の運動強度をどうとらえるか, 体育の科学, 37 (10), 755-759 (1987)
 - 12) 鳥越成代, 横沢喜久子;心拍数変動からみた女子大学生の日常生活における身体活動, 東京体育学研究, 6, 121-129 (1979)
 - 13) 山本高司, 加藤好信, 坪内伸司, 藤松 博;24時間心拍数から1日の消費エネルギーを推定する方法の開発, 体力科学, 30, 351-352 (1981)
 - 14) 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)
 - 15) 山地啓司;“運動処方のための心拍数の科学”大修館 (1981)
 - 16) 芳田哲也, 中井誠一, 森田恭光, 伊藤 孝;心拍数からみた1日の消費熱量, 体力科学, 33 (6), 280 (1984)