

激しいトレーニング習慣は24時間の総心拍動数を増加させるか？

鍋倉賢治, 三本木温¹⁾, 佐伯徹郎¹⁾, 鈴木 淳²⁾

Does habitual heavy training increase total counts of heartbeat during 24-h ?

Yoshiharu NABEKURA, Yutaka SAMBONGI¹⁾, Tetsuro SAEKI¹⁾, Jun SUZUKI²⁾

Abstract

Physical training decreases resting heart rate as well as heart rate responses to ordinary physical activity. These effects have been speculated to reduce the risk of cardiac morbidity. However, the sparing of heartbeats might be outweighed by exaggerated responses during training. To elucidate this issue, heart rate was measured continuously during 24-h of ordinary living conditions in 3 male long distance runners (R), 3 male joggers (J) and 4 male untrained subjects (C). R and J subjects had undertaken about 125 and 106-min training periods per day, respectively. Average heart rates for these periods were both 116 beats/min. However, because of R and J subjects had lower heart rate than C subjects during sleep (R:45, J:54, C:59 beats/min) and during nontraining awake periods (R:68, J:71, C:86 beats/min), the total counts of heartbeat during 24-h indicated more lower values than C subjects (R:93,066, J:100,003, C:113,574 beats/day).

1. はじめに

適度な運動が身体に種々の効果をもたらすことはよく知られている。しかしながら、近年、過度な運動が身体に及ぼす弊害についても指摘されるようになった。特に競技スポーツにおいては、身体に様々な障害や疾病など

をもたらす場合のあることが明らかになり、一般健常者の過剰な健康・スポーツ志向への警笛となっている^{4,7)}。ところが、健康志向へのアンチテーゼにとどまらず、全ての運動・スポーツは身体に有害であるように強調される向きもある。そこで、身体にもたらす運動の効果を正しく認識・把握し、運動・スポーツの楽しさと同時に、それらの意義について学生・社会に教育・啓蒙していくことは、体育教育に携わる者にとって重要な任務の一つである。

生物学の分野では、様々な動物のサイズ(体重)とその生理現象に一定(4分の1乗)の

-
- 1) 筑波大学体育科学研究科
Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba
 - 2) 福岡教育大学保健体育科
Health and Physical Education, Fukuoka University of Education

関係があることが明らかになっており、これはアロメトリー式と呼ばれている¹⁴⁾。例えば、体重の異なる種々の動物の心拍数を調べてみると、1回の心拍動周期はいずれの動物間で比較しても体重の4分の1乗に比例する。同様に寿命と体重の関係も4分の1乗に比例することから、体重の大小に関わらず寿命と心拍数には一定の関係があり、ヒトを含めて種の違いによらず動物の心臓は一生の間におよそ22億回拍動するという。換言すれば、心臓が一定回数(22億回)拍動すると寿命は尽きることになる。

ところでスポーツ選手は一般の健常者よりも短命であるという報告があり^{8,13)}、この原因の一つとして運動中に過剰に心拍数が高まることから、1日の総心拍動数(心臓が1日に拍動した総回数)が増え、寿命が早まる可能性を指摘する者もいる⁷⁾。一方、身体トレーニングによって安静時の心拍数が低下することよく知られており¹²⁾、運動習慣が1日の総心拍動数を増やすかどうかは不明である。さらに、1日の平均心拍数が高いほど心疾患の罹患率が高いという報告もあり¹⁾、1日の総心拍動数を検討することは意義がある。

そこで日頃運動習慣のない人、ジョギング愛好者及び毎日激しいトレーニングをしている陸上長距離ランナーの24時間の心拍数を測定し、運動習慣と1日の総心拍動数の関係を明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

1) 被 検 者

実験に参加した被検者は男性10名であり、このうち日常ほとんど運動する習慣のない者が4名(25.3±4.0歳, Control: C群)、週に3~6回のジョギングをしている者が3名(29.7±1.2歳, Jogger: J群)及び通常毎日2回のトレーニングを実施している大学長距離ランナー(5000mの記録が14分41秒±17秒)が3名(22.3±2.1歳, Runner: R群)であっ

た。いずれも医学的検査で身体に異常がなく、非喫煙者であった。

2) 測定対象日

測定は1998年6月8日~同年6月21日の間に、原則として各被検者2回実施した。すなわち、各被検者のライフスタイルを基準に、運動(身体活動)する日と殆ど運動しない日について測定し、それぞれ活動日(active)及び非活動日(rest)とした。運動習慣のないC群の活動日に関しては、計画的に運動を実施させ、また、R群の非活動日に関しては休養日(トレーニングは1回)に測定した。

3) 測定項目及びその方法

心拍数の計測にはHRモニター(polar社、アキュレックスプラス)を用い、60秒毎に24時間連続して記録した。この装置は、心電検出・送信器とコンピューター内臓の腕時計型受信器からなる。送信器には2つのタイプがあり、一方は電極と装着用ベルトの一体型、他方は電極部をディスプレイ電極などに置換できる型である。前者は胸にベルトを巻くので被検者が圧迫感を持つため、今回の測定では主にディスプレイ電極を胸部に直接装着する後者の送信器を用いた。運動及び入浴時に関しては電極がはずれることも予測されるため、ベルト一体型の送信器を用いた。被検者は起床後に電極を装着して測定を開始し、24時間経過するまで連続して記録した。心拍数の有効範囲を30~220拍/分とし、これに該当しない場合、あるいは測定エラーが明らかな場合はアーティファクトとしてデータから削除した。

同時に15分毎に行動内容を記録させ、24時間の生活を運動時(exercise)、睡眠時(sleeping)そして運動時を除く覚醒時を日常生活時(awake)に分類した。運動時にはトレーニングなどの意図的な運動・身体活動が該当し、途中の休息なども含めてトレーニングの開始から終了までの時間とした。一方、15分未満

の歩行や移動のための自転車運動などは日常生活に含めた。

被検者のうち7名（C群2名、J群2名及びR群3名）について、オストランドのノモグラム²⁾を用いて自転車エルゴメーターによる最大酸素摂取量を推定した。

また、平均値の差の検定にはt検定を用い、特に分散が異なる場合にはコクラン・コックス法を利用し、有意水準を5%未満とした。

III. 結 果

図1に24時間の心拍数推移の典型例を示した。上図がR群の被検者Aの活動日で、下図がC群の被検者Sの非活動日である。図中の破線は心拍数75拍/分を示す。被検者Aの心拍数はランニング時に75拍/分を遙かに超え、190拍/分近くまで上昇したが、日常生活及び睡眠時の心拍数の大部分は75拍/分よりも低い。これに対して被検者Sでは、心拍数は全体に大きな変動がなく、かつ日常生活時のほとんどが75拍/分を超えた。睡眠時の心拍数

は概ね75拍/分を下回ったが被検者Aに比べると高い。

表1は被検者全員の24時間の総心拍動数、各生活時間及びその平均心拍数を示す。また表2はそれぞれの項目について、各群及び各群の活動日と非活動日毎の平均値で示した。C群の総心拍動数は11万拍を超え（113,574拍）、平均心拍数は78.9拍/分であった。これに対してJ群及びR群では、運動時の心拍動数がC群の2～3倍であるにも関わらず、日常生活及び睡眠時の心拍数が低いため、24時間の総心拍動数（それぞれ100,003及び93,066拍）及び平均心拍数（同69.5及び64.6拍/分）共に有意に低値を示した。

図2に各群の24時間の総心拍動数をC群の非活動日とあわせて示した。C群に比してJ群及びR群では運動時の拍動数が多いにも関わらず、総心拍動数は有意に少なかった。C群の非活動日とR群の対比を例に、各生活時間とその平均心拍数の関係を模式的に示したのが図3である。縦軸が時間、横軸が平均心

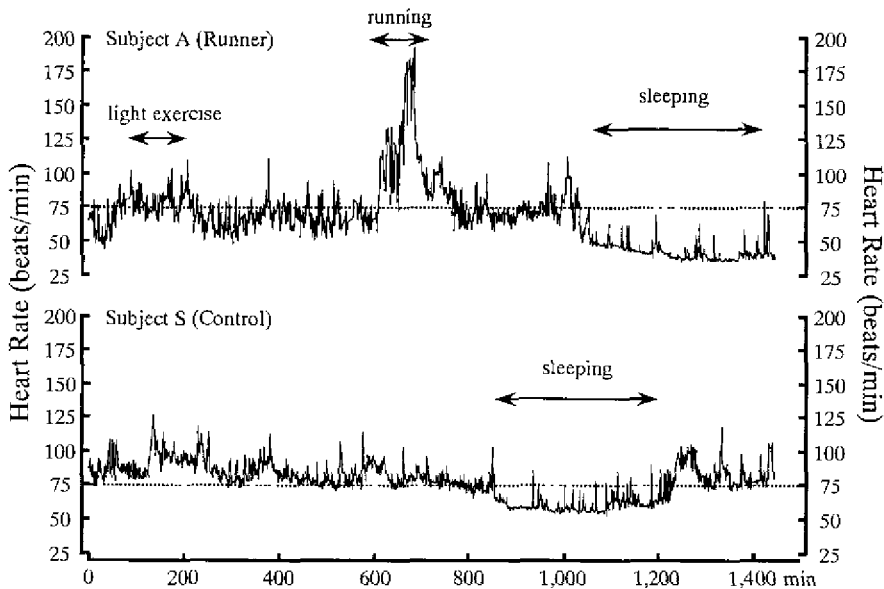


図1 24時間の心拍数の推移

上図：被検者A（R群、活動日）、下図：被検者S（C群、非活動日）、破線：心拍数75拍/分

表1 各被検者の24時間総心拍動数と平均心拍数, 各生活時間毎の心拍動数と平均心拍数

Group	Subject	Type	total HB beats/day	mean HR beats/min	during awake			during sleeping			during exercise		
					time min	HB beats/day	mean HR beats/min	time min	HB beats/day	mean HR beats/min	time min	HB beats/day	mean HR beats/min
Control	K	active	119,966	83.3	912	84,866	93.1	407	22,377	55.0	121	12,723	105.2
	T	active	116,551	80.9	898	78,754	87.7	426	26,310	61.8	116	11,487	99.0
	O	active	114,171	79.5	894	77,994	87.2	500	29,465	58.9	46	6,712	145.9
	K	rest	110,144	76.5	955	83,081	87.0	485	27,063	55.8	0	0	-
	T	rest	107,436	74.6	1,041	83,623	80.3	399	23,812	59.7	0	0	-
	S	rest	113,178	78.6	1,071	90,724	84.7	369	22,454	60.9	0	0	-
Jogger	S Y	active	112,680	78.3	926	74,673	80.6	419	25,986	62.0	95	12,020	126.5
	S T	active	103,768	72.1	877	64,975	74.1	441	24,511	55.6	122	14,282	117.1
	S T	active	99,812	69.3	892	62,185	69.7	447	23,212	51.9	101	14,415	142.7
	S Y	rest	92,246	64.1	941	61,983	65.9	379	21,379	56.4	120	8,884	74.0
	S T	rest	91,064	63.2	946	60,820	64.3	405	19,663	48.6	89	10,581	118.9
	N	rest	100,447	69.8	1,042	75,703	72.7	335	16,207	48.4	63	8,537	135.5
Runner	A	active	97,280	67.6	841	58,877	70.0	391	16,614	42.5	208	21,790	104.8
	M	active	101,777	70.7	901	64,191	71.2	358	14,918	41.7	181	22,669	125.2
	Y	active	99,389	69.0	715	49,685	69.5	514	25,303	49.2	211	24,401	115.6
	A	rest	88,508	61.5	904	63,240	70.0	485	19,099	40.0	51	6,168	120.9
	M	rest	85,605	59.4	1,006	63,389	63.0	394	17,537	44.5	40	4,679	117.0
	Y	rest	85,834	59.6	767	48,353	63.0	617	30,672	49.7	56	6,809	121.6

Type: type of physical activity level on measured day, HB: Heartbeat, HR: Heart Rate

表2 24時間総心拍動数と平均心拍数, 各生活時間毎の心拍動数と平均心拍数の各群及び各タイプ別の平均値

Group	Type	n	during awake						during sleeping			during exercise		
			total HB	mean HR	time	HB	mean HR	time	HB	mean HR	time	HB	mean HR	
			beats/day	beats/min	min	beats/day	beats/min	min	beats/day	beats/min	min	beats/day	beats/min	
Control	whole	6	113,374	78.9	962	83,174	86.5	431	25,247	58.6	47	5,154	109.3	
Jogger		6	100,003 *	69.5 *	937	66,723 *	71.2 *	404	21,826	54.0	98	11,453	116.5	
Runner		6	93,066 *	64.6 *	856	57,956 *	67.7 *	460	20,691	45.0 *	125	14,419	115.8	
Control	active	3	116,896	81.2	901	80,538	89.4	444	26,051	58.6	94	10,307	109.3	
	rest	3	110,253	76.6	1,022	85,809	83.9	418	24,443	58.5	0	-	-	
Jogger	active	3	105,420	73.2	898	67,278 \$	74.9 #	436	24,570	56.4	106 \$	13,572 ¥	128.0	
	rest	3	94,586 \$¥	65.7 \$¥	976	66,169 \$	67.8 \$¥	373	19,083	51.2	91 \$	9,334 %	103.0	
Runner	active	3	99,482 \$¥&	69.1 \$¥&	819	57,584 \$¥	70.3 \$¥	421	18,945	45.0 \$¥	200 \$¥¥%&	22,953 %&	114.8	
	rest	3	86,649 \$¥%	60.2 \$¥%	892	58,327 \$¥	65.4 \$¥	499	22,436	45.0 \$¥	49 \$¥	5,885 %¥	120.1	

Type: type of physical activity level on measured day, HB: Heartbeat, HR: Heart Rate

* significant difference vs. Control, † significant difference vs. Jogger

\$ significant difference vs. Control rest, #, significant difference vs. Control active

¥ significant difference vs. Jogger rest, % significant difference vs. Jogger active

& , significant difference vs. Runner rest

拍数を表し、両者で囲まれた面積が心拍動数になる。睡眠時間はC群に比べR群がやや長いものの、心拍数が有意に低い(58.5に対し45.0拍/分)ため睡眠時の心拍動数はR群で低値となった。R群の運動時間は125分、その時の平均心拍数が115.8拍/分であったが、それ以外の日常生活時の平均心拍数(67.7拍/分)がC群のそれ(83.9拍/分)に比べて有

意に低いため、運動時を含めた日常生活時の心拍動数においてもR群の方がC群より小さくなり、結果として総心拍動数に大きな差が生じた。

図4は各群の活動日と非活動日の24時間総心拍動数を示した。各群とも活動日には運動時の心拍動数が有意に高値を示し、24時間の心拍動数が増加している。特にR群では活動

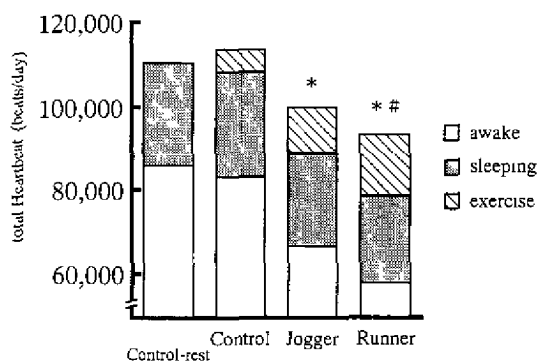


図2 各群の24時間総心拍動数

Control-rest: C群の非活動日のみの平均値, *: C群との有意差, #: C群の非活動日との有意差

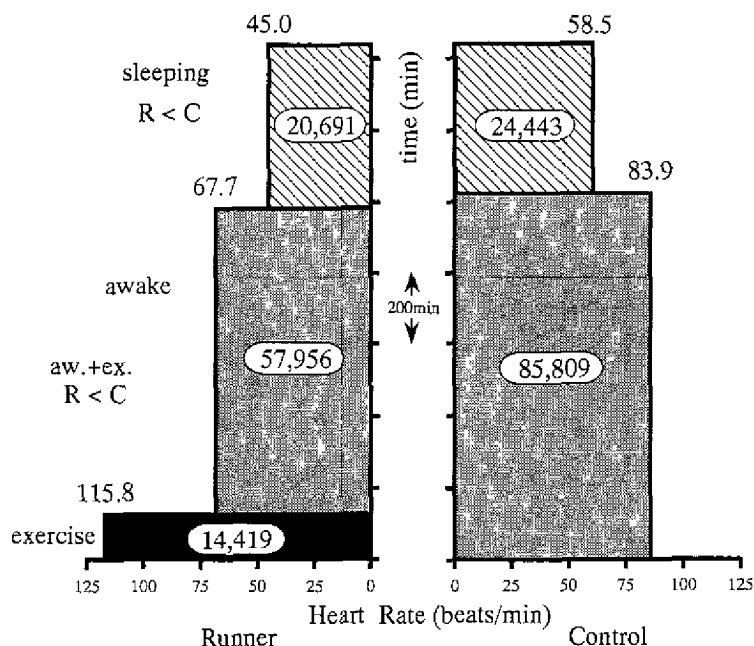


図3 生活時間、平均心拍数及び心拍動数の関係 (R群と、C群の非活動日)

日の運動時拍動数は20,000拍を超え、1日の総心拍動数の23%に達した。

図5に最大酸素摂取量を測定した7名について、活動日(8例)と非活動日(7例)の総心拍動数と推定最大酸素摂取量の関係を示した。いずれの日においても両者には高い負の相関関係があり、最大酸素摂取量が增大す

ると心拍動数は減少した。また非活動日の心拍動数は活動日に比べ10,000拍程度低値を示した。

IV. 考 察

1) 運動習慣と総心拍動数の関係

身体トレーニングが心臓に及ぼす効果とし

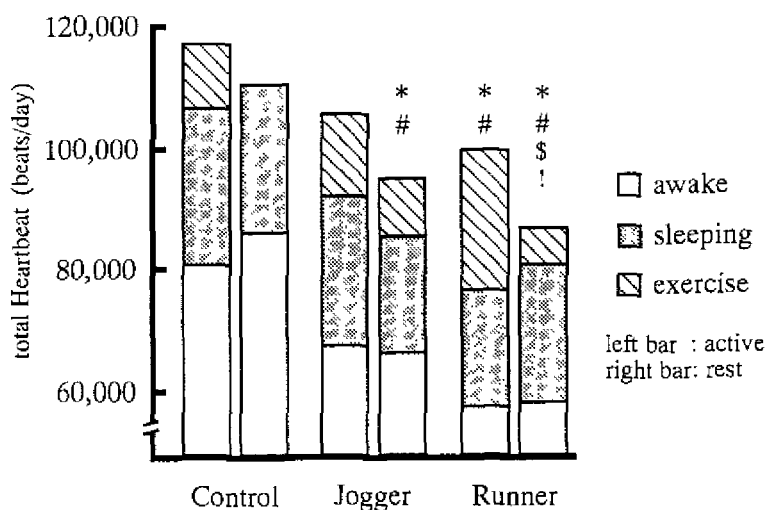


図4 各群の活動日と非活動日の24時間総心拍動数

* : C群非活動日との有意差, # : C群活動日との有意差, \$: J群活動日との有意差, ! : R群活動日との有意差

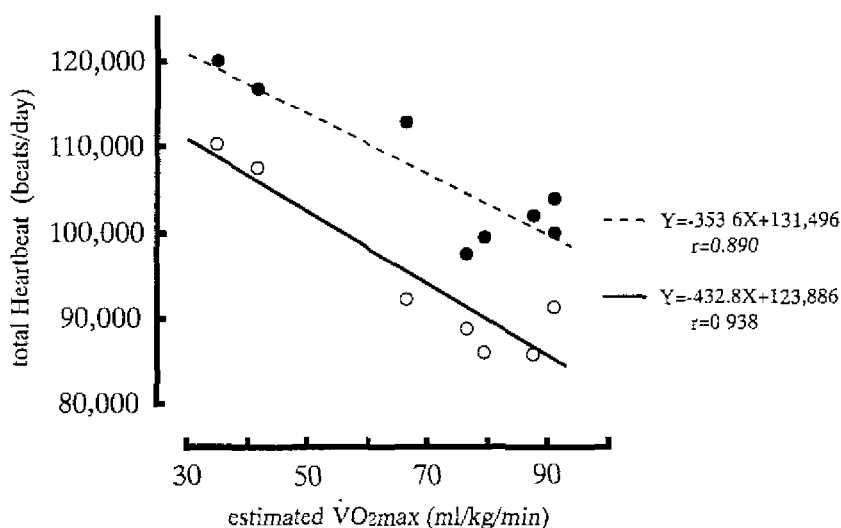


図5 推定最大酸素摂取量と24時間総心拍動数の関係
 実線：非活動日，破線：活動日

て、スポーツ心臓といわれる心臓内腔及び心臓壁（心筋）の肥大⁹⁾、心筋の収縮性の改善¹²⁾などがあげられる。それらによって一回拍出量の増大をもたらし、その結果同一心拍出量時における心拍数は少なくてすむ。したがっ

て、スポーツ（特に持久的スポーツ）選手の心臓は、安静時及びある一定負荷運動時でみた場合、より効率的に改善されていると考えられる。一方、スポーツ選手は1日のうち2～4時間をトレーニングに費やす。その間の

選手の心臓は、大きな心拍出量を生み出すために心拍数及び一回拍出量ともに増大し、安静時に比べ多大な負荷を強いられる。

それに対して、運動不足が心機能におよぼす弊害の一つに、心臓の萎縮による一回拍出量の減少があり、その結果安静時の頻脈を引き起こす。しかしながら、運動習慣のない人は、スポーツ選手のように心臓に過度の負荷がかかる状況は日常には殆ど起こり得ない。これらのことを考えあわせると、スポーツ選手の心臓は、安静時には運動不足の人に比して効率的に働いているが、運動時には大きな負荷を負うため、心臓にかかる1日の総負荷として考えると、運動不足の人に比べて大きいのか小さいのか不明である。

Slooten ら¹⁷⁾は、10～12歳の少年に対して24時間の総心拍動数と社会的・経済的身分との関係を検討した。その結果、恵まれない家庭の少年は裕福な家庭の少年に比べ、家事や歩行など身体活動量が多く、24時間の総心拍動数が大きくなったと報告した。しかしながら、発育期の少年の場合は心臓の形態の差は小さく、平均心拍数と身体活動量は正相関関係にあるという報告もあり、今回の青年の場合と結果は異なるものと思われる。

また Dela ら³⁾は、持久系の競技選手の24時間の総心拍動数は非鍛練者よりも僅か(5,000拍)に低いにとどまり、この原因として運動時の過剰な心拍数の増加をあげている。この結果を踏まえ彼らは、スポーツ選手の日常生活時の少ない心拍数は心疾患のリスクの低下に貢献しているが、運動時の心拍数増加は心疾患のリスクを増長しており、効果を相殺していると結論している。

今回、1日あたりの運動時間が長いR群及びJ群の方が殆ど身体を動かしていないC群より24時間の総心拍動数が有意に低値を示した。また、全身持久性(最大酸素摂取量)の高い者の方が心拍動数が低値になることも明らかにした。これはR群及びJ群では日常

生活及び睡眠時の心拍数がC群に比べ著しく低く、これら安静時の心拍数の低下量が運動中の心拍数の増加量を相殺できるほどに大きかったためである。安静時の徐脈をもたらした原因は、ランニングというダイナミックな律動運動が心臓に対して効果的な容量負荷となり⁹⁾、その結果心臓の容積肥大及び心筋収縮性の改善がなされたためであろうと考えられる。

しかしながらR群の場合、活動日の総心拍動数は非活動日に比べ有意に高値を示し、さらにJ群の非活動日よりも高値となった。トレーニングの頻度はJ群では3～6回/週であるのに対して、R群の場合、今回の非活動日の様にトレーニングを1回しか行わない日は週に1～2日程度で、残りの日は2回/日以上以上の激しいトレーニングを行っている。Dela ら³⁾の測定対象はトライアスリートが中心であり、3回/日のトレーニングを実施した日の結果である。今回のR群の活動日のトレーニング回数は2回/日であり、トレーニング量の差がDela ら³⁾と今回の結果が異なった理由かもしれない。これらのことを考慮すると、R群のトレーニングの強度・時間・頻度などが増した場合には、J群よりも総心拍動数が増加することは十分に考えられる。このことから、心臓に対する1日の総負荷の軽減を意図した場合には、適度な運動習慣で充分目標は達成されるといえる。

2) 健康教育における活用

a. 心臓寿命説

31種の哺乳類及び23種の鳥類を対象にしたLivingstoneとKuehnの生物学的研究¹⁸⁾以来、安静時の心拍数と寿命との間に負の相関関係があり、寿命と生涯の総心拍動数の関係は不変である、という概念(心臓の寿命説¹¹⁾)が提唱されており、その回数は22億回とも25億回ともいわれている。ヒトの場合にもこの関係が成立すると仮定するならば、心拍数の

高低によって寿命が短縮または延長することになる。

一方、古くからスポーツ選手の寿命に関する研究がなされているが、結果は必ずしも一致していない^{5,8,13,16,18,19}。この原因として、寿命に影響する要因は多数あり、かつ長期間の追跡調査が必要であり、運動だけの影響を検討することが難しいという研究上の理由の他に、スポーツ種目、生活環境、運動継続年数などの相違も考えられる¹⁴。

Kannel ら⁹や Paffenbarger ら¹⁰は、身体的に活動的な人はそうでない人に比べて心拍数が低く、血圧、喫煙習慣、体重、遺伝的要因などの他のリスクファクターの影響を除いた場合、寿命が長くなると報告している。これらの報告は、身体トレーニングによる安静時心拍数の低下が、心臓の寿命に達する年数を延長させたことを示唆していると考えられることもできる。反対に、スポーツ選手の短命を主張する報告には、その原因の一つとして運動中の心拍数の過剰な上昇によって1日の総心拍動数が増え、結果として心臓の寿命に達する年数が短縮されたことをあげているものも

ある⁷。

b. 運動と寿命 — 仮説 —

本研究の結果、R群及びJ群の1日の総心拍動数はC群よりも有意に低値を示した。心臓に寿命があると仮定した場合、本研究の結果はよく運動している人の方が運動不足の人に比べて長寿となる可能性を意味する。図6は心臓寿命の回数を25億回と仮定し、現在の1日の平均心拍数（横軸）から寿命（縦軸）を推定した模式図である。これによると、C群の寿命は、J群及びR群に比べておよそ10年短いと予測される。この予測が成立する要因はC群の運動不足による安静時の頻脈である。逆に身体トレーニングによって安静時の徐脈が起これば、寿命が延長される。図6でみた場合、C群がトレーニングを開始すると、その効果として平均心拍数が低下するため、J群の方へ向かい（C→J）寿命が延長される。反対にJ群がトレーニングを中止するとC群の方へ向かい（J→C）寿命が短縮される。この例のように、現在の心拍数から寿命を予測したり、運動不足に対する危機意識を

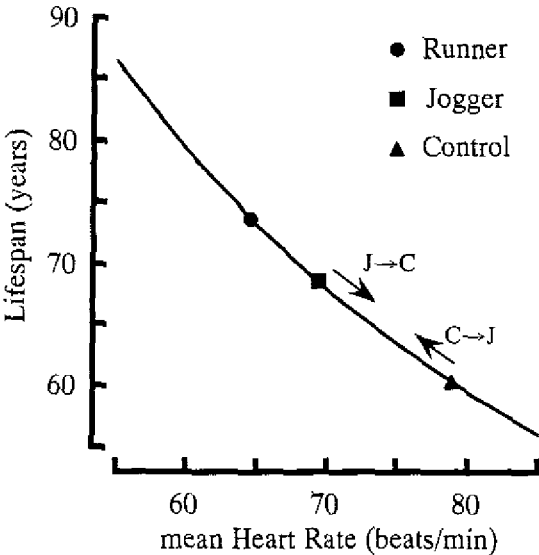


図6 平均心拍数と寿命の関係（模式図）

促したりすることも可能であり、運動の効果の一つとして健康教育の題材に「心臓の寿命説」を取り上げることは有効と思われる。

今回のR群及びJ群の運動習慣は主にランニングであり、安静時の徐脈に対する効果は、他のスポーツ種目の選手よりも大きい可能性もある⁹⁾。したがって、様々なスポーツ種目の効果については、今後の検討課題である。

V. 結 論

男性長距離ランナー及びジョガー(運動群)と、日常運動習慣のない男性(非運動群)を対象に、24時間連続して心拍数を記録し、1日の総心拍動数を比較した。その結果、運動群は平均して1日約2時間の運動を行い、その間の心拍数が高くなっているにも関わらず、日常生活及び睡眠時の心拍数が顕著に低いため、1日の総心拍動数は非運動群よりも有意に低値を示した。

謝辞：この研究は、平成9年度筑波大学体育センター研究及び平成10年度筑波大学学内プロジェクト(奨励研究)の助成を受けて行なった。また、こころよく実験に協力してくれた被検者の皆さまに、深謝するとともに、より一層充実した人生をお過ごしになられることを祈念いたします。

参考文献

- 1) Aronow, W.S., Ahn, C., Mercado, A. D. and Epstein, S. (1996) Association of average heart rate on 24-hour ambulatory electrocardiograms with incidence of new coronary events at 48-month follow-up in 1,311 patients (mean age 81 years) with heart disease and sinus rhythm. *Am. J. Cardiol.* 78 : 1175-1176.
- 2) Åstrand, P.O. and Rodahl, K. (浅野勝己訳) (1982) 最大下作業負荷に対する心拍数反応に基づく最大 O_2 摂取量の予測. オスランド運動生理学. 大修館：東京, pp467-475.
- 3) Dela, F., Mikines, K.J., Linstow, M.V. and Galbo, H. (1992) Heart rate and plasma catecholamines during 24h of everyday life in trained and untrained men. *J. Appl. Physiol.* 73 : 2389-2395.
- 4) 原瀬瑞夫(1990) いまスポーツで子どもが危ない. 五月書房：東京.
- 5) Jokl, E. (吉本俊一監訳) (1992) スポーツ心臓. スポーツと突然死. メディカル葵：東京, pp1-9.
- 6) Kannel, W.B., Belanger, A., D'Agostino, R. and Israel, I. (1986) Physical activity and physical demand on the job and risk of cardiovascular disease and death: The Framingham study. *Am. Heart J.* 112 : 820-825.
- 7) 加藤邦彦(1992) スポーツは体にわるい. 光文社：東京.
- 8) 小磯 透, 大沢清二(1991) わが国におけるスポーツマンの寿命に関する研究. 厚生 の指標. 38 : 22-27.
- 9) 栗原 敏, 田中悦子(1990) スポーツ心臓における肥大のメカニズム. 臨床スポーツ医学. 7 : 881-887.
- 10) Livingstone, S.D. and Kuehn, L.A. (1979) Similarity in the number of life-span heartbeats among non-hibernating homeothermic animals. *Aviat. Space Environ. Med.* 50 : 1037-1039.
- 11) 本川達雄(1995) ズウの時間ネズミの時間. 中央公論社：東京.
- 12) 鍋倉賢治(1997) 心拍出量の調節. 身体機能の調節性(池上晴夫編). 朝倉書店：東京, pp75-83.
- 13) 小川新吉(1979) 元力士・年寄の寿命と死因. からだの科学 89 : 72-77.
- 14) 大沢清二(1998) スポーツと寿命. 朝倉書店：東京.

- 15) Paffenbarger, R.S., Hyde, R.T., Wing, A.L. and Hsieh, C.C. (1986) Physical activity, all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Engl. J. Med.* 314 : 605-613.
- 16) 澤田芳男(1985)運動と寿命. 体質と寿命. 朝倉書店:東京, pp80-127.
- 17) Slooten, J., Kemper, H.C.G., Post, G.B., Lujan, C. and Coudert, J. (1994) Habitual physical activity in 10-year-old Bolivian boys - The relation between altitude and socioeconomic status -. *Int. J. Sports Med.* 15 : S106-S111.
- 18) 山地啓司(1981)運動と寿命. 厚生指標. 28 : 3-10.
- 19) 山地啓司(1982)寿命は心拍数の多少によって決まる. 心臓とスポーツ. 共立出版:東京, pp211-218.