

競技スポーツ中にみられる不整脈の
実態とその対策に関する研究
—スポーツ用携帯型心電図記録器の
開発と各種運動中心電図の検討—

国立健康・栄養研究所 太田 壽城

Documentation and Evaluation of Arrhythmias in Competitive Sports
—Development and Clinical Application of Portable ECG
Recorder with IC Memory for Sports Medicine—

by

Toshiki Ohta

National Institute of Health and Nutrition

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a compact portable ECG recorder for sports medicine and to evaluate ECG findings during various types of competitive sports with the recorder.

The recorder with a microcomputer was down sized (124 × 70 × 22 mm, 200 g) and easy to record ECGs at highly dynamic exercise.

ECGs were recorded for 10 ~ 15 min during various types of competitive sports from 94 students and 99 apparently healthy middle aged subjects. Sports were classified into highly dynamic and highly static, highly dynamic, and highly static types.

Incidence of arrhythmia was greater than 50% in kendo, running (sprint), fencing and tennis for students, and in kendo, naginata, running, ping-pong, judo and weight training for middle aged subjects. The most common arrhythmia was supraventricular premature beat (students 36%, middle aged 37%) and the next was ventricular

premature beat (students 9%, middle aged 24%).

Incidence of arrhythmia was greater in middle aged subjects than in students for ventricular premature beats (middle aged 24%, students 9%) and runs of supraventricular premature beats (middle aged 7%, students 1%).

Greater incidence of runs of supraventricular premature beats was observed in highly dynamic and static (7%) and highly static (8%) sports compared with highly dynamic (1%) sports.

要 旨

本研究の目的はスポーツ医学用の小型携帯型心電図記録器を開発し、各種競技スポーツ中の心電図所見を評価することである。

この記録器はマイクロコンピュータを内蔵しており、小型計量 (124 × 70 × 22 mm, 200 g) で、高度に動的な運動中の心電図も容易に記録できた。

心電図は 94 名の学生と 99 名の中高年を対象として各種競技スポーツについて 10 ~ 15 分間記録した。スポーツは高度動的 + 高度静的、高度動的、高度静的の 3 群に分類した。

何らかの不整脈が 50% 以上に認められたものは学生では、剣道、陸上 (スプリント)、フェンシング、軟式テニス、中高年では、剣道、なぎなた、ランニング、卓球、柔道、筋力トレーニングであった。

認められた不整脈の中では、上室期外収縮が最も高頻度 (学生 36%, 中高年 37%) であり、つぎは、心室期外収縮 (学生 9%, 中高年 24%) であった。学生と中高年を比較すると心室期外収縮 (9% と 24%) と上室性期外収縮連発 (1% と 7%) は中高年で高頻度に認められた。また、上室期外収縮連発は高度動的 + 高度静的運動 (7%) と高度静的運動 (8%) で高度動的運動 (1%) より高頻度に認められた。

健康づくりのために市民スポーツが盛んになるにつれて、突然死で代表される運動中の心臓事故が目立ってきている^{1,2)}。このような運動中の事故防止のために実際の運動中の心電図を簡便かつ、正確に記録解析する必要性が増してきている。

そこで、われわれは、IC メモリーを用いた軽量小型スポーツ用心電図記録機 (略称ハートメモ以下ハートメモと称す) を開発し、学生と市民について各種スポーツ中の心電図を検討した³⁾。

1. 方 法

1.1 装置の開発

写真 1 はハートメモの概観を示す。大きさは縦 12.4 cm, 横 7.0 cm, 厚さ 2.2 cm と小型で、シャツやズボンのポケットに入るサイズであり、重量は電源の単 4 アルカリ乾電池 2 本を含め 200 g と軽量で、簡易防水機構も施されている。心電図の誘導は CM₅ 誘導を用いた。

図 1 はハートメモ集録器のブロックダイアグラムを示す。CPU は uPD 78 C 05 を用いた。増幅器は増幅度 48 dB 250 倍、入力抵抗 50 MΩ 以上、時定数 3.3 秒とした。A/D 変換は 8 ビット、サンプリング間隔は 4 msec とした。また、心拍数を常時知ることができるよう液晶プレートを装備するとともに、自覚症状等発生の特定の時点を記すためにイベントマーカと時計を内蔵した。プロ

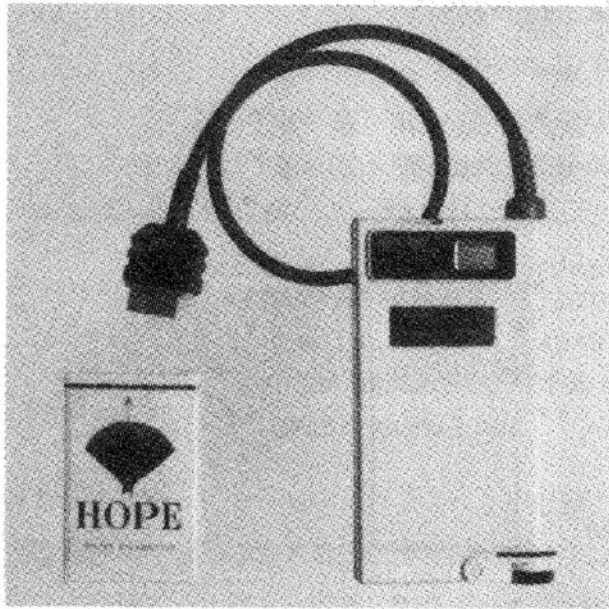


写真1 大きさは124mm×70mm×22mm
ハートメモの概観

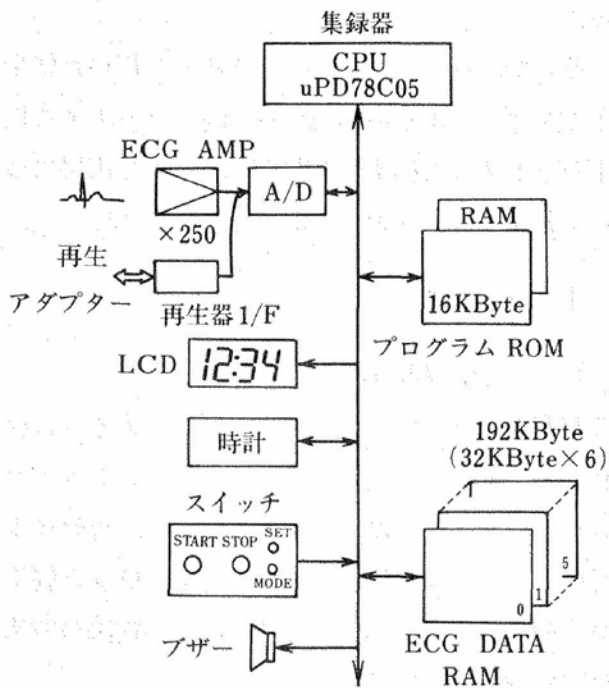


図1 ハートメモのブロックダイアグラム

グラムROM (Read Only Memory) は16キロバイトで、集録RAM (Random Access Memory) は32キロバイトのICを6個内蔵し、192キロバイトの記憶容量を可能とした限られた記憶要領で記録時間を出来るだけ長くするために、リアルタイムのデータ圧縮を行った。データ

圧縮の方法としてはSAPA (Scan Along Polygonal Approximation) の変法を用いた^{4,5)}。

また、フィルターとしては筋電図除去フィルターとACハムノイズ除去フィルター(高周波用デジタルフィルター)を使用するとともに、運動中の基線の動揺を除去する目的でドリフト補正フィルター(無位相デジタルフィルター)を用いた。

データの出力はサーマルプリンターを用いた。専用の出力装置を開発し、圧縮全波形出力、心拍数トレンド、STトレンド、一部あるいは全完波形出力を可能にした(図2)。

1.2 対象

対象は高校と大学でスポーツクラブに属している学生94名と市民スポーツを県の施設で行っている中高年99名である(表1, 表2)。スポーツの種目は学生12種類、中高年10種類であった。本研究では対象の行った運動種目を Symposium on participation of sports の報告にしたがって、I-A-1 高度動的かつ高度静的、I-A-2 高度動的、I-A-3 高度静的の3つに分類して検討した。(表3)⁶⁾。ただし、今回検査した運動種目のすべてが Symposium の報告に含まれているわけではないので、その場合には類似した種目を参考にして総合的に判断した。すなわち、剣道はフェンシングよりも動的な要素が多いと考え、弓道はアーチェリーに類似するとした。運動の強度は通常の練習程度として10~15分間の心電図を記録し、年齢補正パーセント最大心拍数 $\frac{\text{運動中の心拍数}}{220 - \text{年齢}} \times 100$ 各種不整脈出現率等、について検討した。運動中の胸痛は全例で認められなかった。

2. 結果

2.1 装置の精度の検討

まず、種々の体力テスト時にハートメモをホルター心電図と同時に装着し、集録した心電図記録

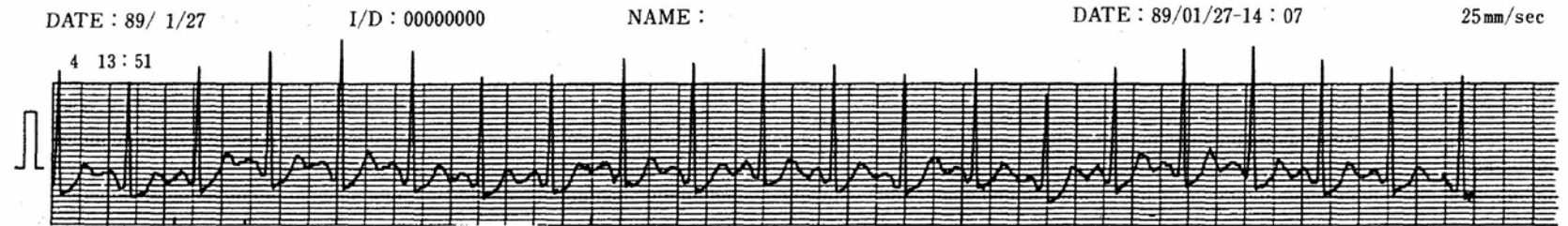
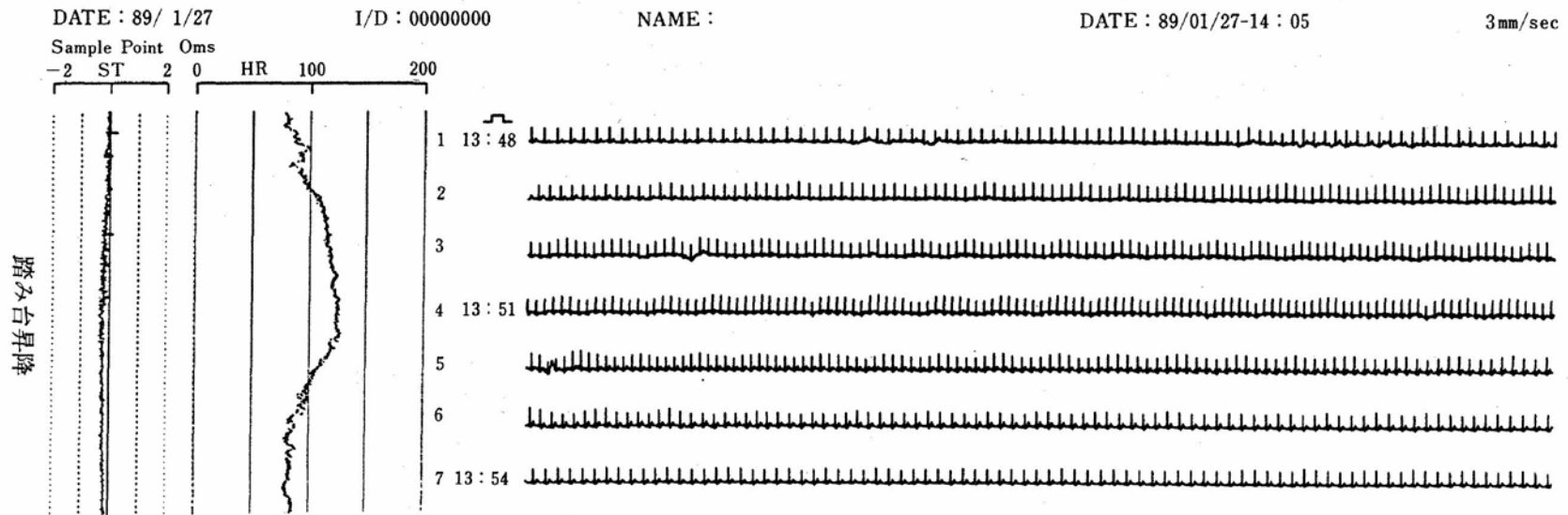


図2 出力波形

表1 学生における運動種目と不整脈出現率

運動の種類	種目	人数	男/女	年齢 (歳)	最大心拍数 (%)	不整脈出現率 (数)				
						全体 (%)	上室性	上室性連発	心室性	心室性連発
高度動的 + 高度静的	剣道	6	6/0	16±0	86±8	67 (4)	67 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	ラグビー	5	5/0	16±0	83±7	20 (1)	20 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	陸上 (スプリント)	8	8/0	20±1	85±6	63 (5)	38 (3)	13 (1)	13 (1)	0 (0)
	フェンシング	7	7/0	19±1	87±10	57 (4)	57 (4)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	小計	26				54 (14)	46 (12)	4 (1)	4 (1)	0 (0)
高度動的	バトミントン	13	11/2	18±3	89±5	38 (5)	38 (5)	0 (0)	13 (2)	0 (0)
	バレーボール	8	8/0	16±0	83±9	25 (2)	13 (1)	0 (0)	25 (2)	0 (0)
	軟式テニス	8	8/0	16±0	90±5	75 (6)	75 (6)	0 (0)	13 (1)	0 (0)
	水泳	4	4/0	16±0	85±4	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	バスケット	7	7/0	16±0	78±5	43 (3)	43 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	サッカー	15	15/0	18±3	82±8	33 (5)	27 (4)	0 (0)	7 (1)	0 (0)
	小計	55				38 (21)	34 (19)	0 (0)	11 (6)	0 (0)
高度静的	アーチェリー	6	3/3	21±0	60±6	33 (2)	17 (1)	0 (0)	17 (1)	0 (0)
	ウェイトリフティング	7	7/0	20±1	77±6	29 (2)	29 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
	小計	13				30 (4)	23 (3)	0 (0)	8 (1)	0 (0)
合計		94	89/5	18±2	83±10	41 (39)	36 (34)	1 (1)	9 (8)	0 (0)

表2 市民における運動種目と不整脈出現率

運動の種類	種目	人数	男/女	年齢 (歳)	最大心拍数 (%)	不整脈出現頻度 (数)				
						全体 (%)	上室単発	上室連発	心室単発	心室連発
高度動的 + 高度静的	剣道	6	6/0	38±6	93±4	50 (3)	50 (3)	0 (0)	17 (1)	0 (0)
	なぎなた	6	0/6	49±13	105±4	50 (4)	67 (4)	17 (1)	33 (2)	17 (1)
	反復横跳び	17	7/10	44±10	86±9	35 (6)	35 (6)	33 (2)	35 (4)	0 (0)
	小計	29				45 (13)	45 (13)	10 (3)	24 (8)	3 (1)
高度動的	バトミントン	9	1/8	42±6	95±8	35 (3)	33 (3)	0 (0)	56 (5)	0 (0)
	ランニング	9	9/0	54±10	87±6	67 (6)	44 (4)	11 (1)	33 (3)	0 (0)
	卓球	11	0/11	50±7	84±9	55 (6)	36 (4)	0 (0)	27 (3)	0 (0)
	踏台昇降テスト	17	7/10	44±10	87±7	18 (2)	12 (2)	0 (0)	0 (1)	0 (0)
	小計	46				37 (17)	28 (13)	2 (1)	26 (12)	0 (0)
高度静的	柔道	6	6/0	33±2	93±4	83 (5)	83 (5)	0 (0)	17 (1)	0 (0)
	筋力トレーニング	9	9/0	54±10	84±7	56 (5)	33 (3)	22 (2)	33 (3)	0 (0)
	弓道	9	5/4	59±17	75±8	33 (3)	33 (3)	11 (1)	11 (1)	0 (0)
	小計	24				54 (13)	46 (11)	13 (3)	21 (5)	0 (0)
合計		99				43 (43)	37 (37)	7 (7)	24 (24)	1 (1)

表3 スポーツの分類⁶⁾

I. Intensity and type of exercise performed	Field events (jumping)
A. High to moderate intensity	Field events (throwing)
1. High to moderate dynamic and static demands	Gymnastics
Boxing	Karate or judo
Crew/rowing	Motorcycling
Cross-country skiing	Rodeoing
Cycling	Sailing
Downhill skiing	Ski jumping
Fencing	Water skiing
Football	Weight lifting
Ice hockey	B. Low intensity (low dynamic and static demands)
Rugby	Bowling
Running (sprint)	Cricket
Speed skating	Curling
Water polo	Golf
Wrestling	Riflery
2. High to moderate dynamic and low static demands	II. Danger of body collision
Badminton	Auto racing*
Baseball	Bicycling*
Basketball	Boxing
Field hockey	Diving*
Lacrosse	Downhill skiing*
Orinteering	Equestrian*
Ping-pong	Football
Race waking	Gymnastics*
Racquetball	Ice hockey
Running (distance)	Karate or judo
Soccer	Lacrosse
Squash	Motorcycling*
Swimming	Polo*
Tennis	Rodeoing*
Volleyball	Rugby
3. High to moderate static and low dynamic demands	Ski jumping*
Archery	Soccer
Auto racing	Water polo*
Diving	Water skiing*
Equestrian	Weight lifting*
	Wrestling

* Increased risk if syncope occurs

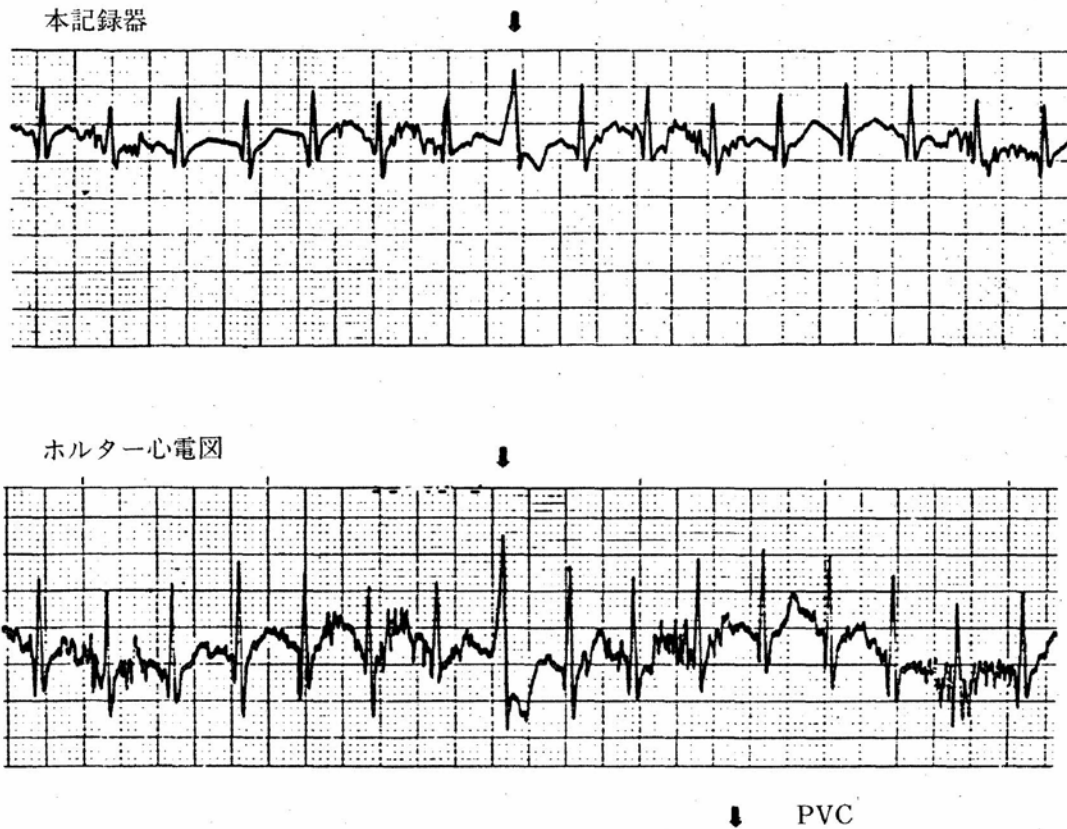


図3 上体おこし時集録波形の比較 (CM₅ 誘導)

を比較した。図3は上体おこし時のCM₅誘導心電図を示す。上体おこし中の心電図では、心室期外収縮が認められたが、ハートメモはホルターと比較しても、不整脈判読にまったく支障がなかった。また、握力テスト時では、ハートメモによる心電図は、ホルターに比較して筋電図によるノイズが少なく、QRS波形がすべての心拍で、明りように判別できた。反復横跳びの際の心電図では、ハートメモはホルターに比べ、ジャンプによる基線の動揺が除去されていた。

つぎに、ST-T所見に対するハートメモの波形の心頼性について検討した。ST-T異常の認められた症例において、通常のマイコン心電計とハートメモの出力を比較したところ、ST-Tの波形は低サイクル成分に軽度の変化が認められたものの、両者でよく似ていた。

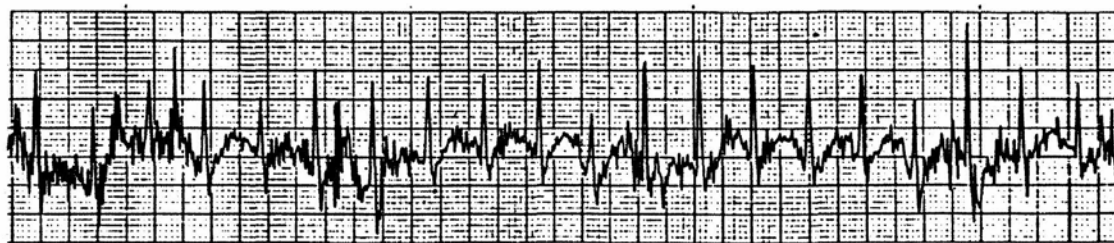
さらに、通常のホルター心電計では記録不可能なきわめて激しい運動中の心電図記録に対する

ハートメモの有用性を検討した。図4は鉄棒および床運動中のハートメモによるCM₅誘導心電図である。鉄棒の大車輪中の記録では、ノイズ、ドリフトはあるが、比較的良好な波形が得られた。(図4上段)。床運動中の記録では、やはり、ノイズ、ドリフトは存在するものの、上室期外収縮の判定も可能であった(図4下段)。他の激しい運動(ジョギング、エアロビクス、テニス、バスケットボール、バドミントン、卓球、剣道、柔道)でも、比較的良好な心電図波形が得られた(図5、図6)。

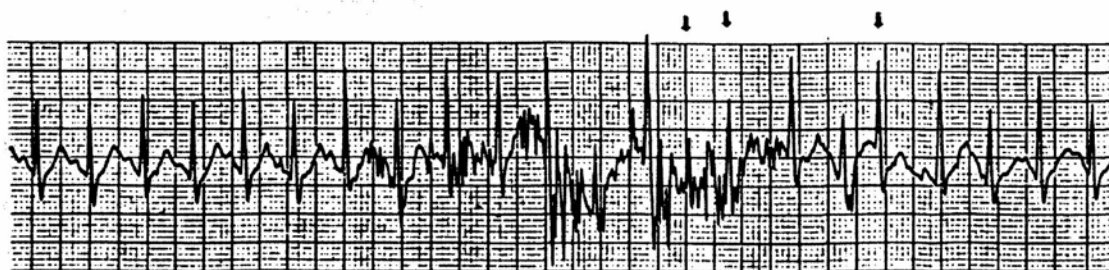
2.2 各種運動中の心電図の検討

表1、2は学生と中高年における運動種目と不整脈出現率を示したものである。不整脈については全体(いずれかの不整脈がみられる)、上室期外収縮単発、上室期外収縮連発、心室期外収縮単発、心室期外収縮連発についてその出現率を求めた。各種運動種目の中で何らかの不整脈が50%以上

鉄棒



床運動



↓ PAC

図4 鉄棒および床運動時の集録波形 (CM₅誘導)

に認められたものは学生では、剣道、陸上 (スプリント)、フェンシング、軟式テニス、中高年では、剣道、なぎなた、ランニング、卓球、柔道、筋力トレーニングであった。また、心室期外収縮が30%以上の頻度で認められた種目は学生ではなく、中高年ではなぎなた、反復横跳び、バドミントン、ランニング、筋力トレーニングであった。

図7は学生と中高年で各種不整脈出現頻度を比較したものである。学生と中高年は10～15分の運動でそれぞれ41%、43%で何らかの不整脈がみられた。認められた不整脈の中では上室期外収縮が最も高頻度であり、心室期外収縮単発、心室期外収縮連発と続いた。学生と中高年を比較すると不整脈全体(41%と43%)と上室期外収縮単発(36%と37%)では差がみられなかったが、臨床的に重要な意味を持つと考えられている上室期外収縮連発(1%と7%)と心室期外収縮単発(9%と24%)は中高年で高頻度で認められた。

図8、表4は運動の種類別に各種不整脈の出現頻度を比較したものである。不整脈全体や上室期
デサントスポーツ科学 Vol.13

外収縮単発では高度動的運動が低い出現頻度を示した。上室期外収縮連発でも高度動的運動(1%)が低い出現率を示し、高度動的+高度静的運動(7%)と高度静的運動(8%)は高い出現率を示した。一方、心室期外収縮単発は3群間でほとんど差がみられなかった。

3. 考 察

今回の検討では学生と中高年の各種運動中の心電図の記録と比較のみであり、各対象の医学的なデータは不明であった。また、運動の記録時間も運動によって若干の差があり、運動の強度の点でも統一されていない。したがって、種々の要因をコントロールした分析は困難と考えられる。

しかし、学生と中高年の運動中の心電図を比較すると、臨床的に問題のない上室期外収縮単発ではその出現頻度に差がみられなかったが、臨床的に重要な上室期外収縮連発や心室期外収縮は中高年で高頻度に認められた。

Fairsらは健康人の運動負荷試験時の心室期外

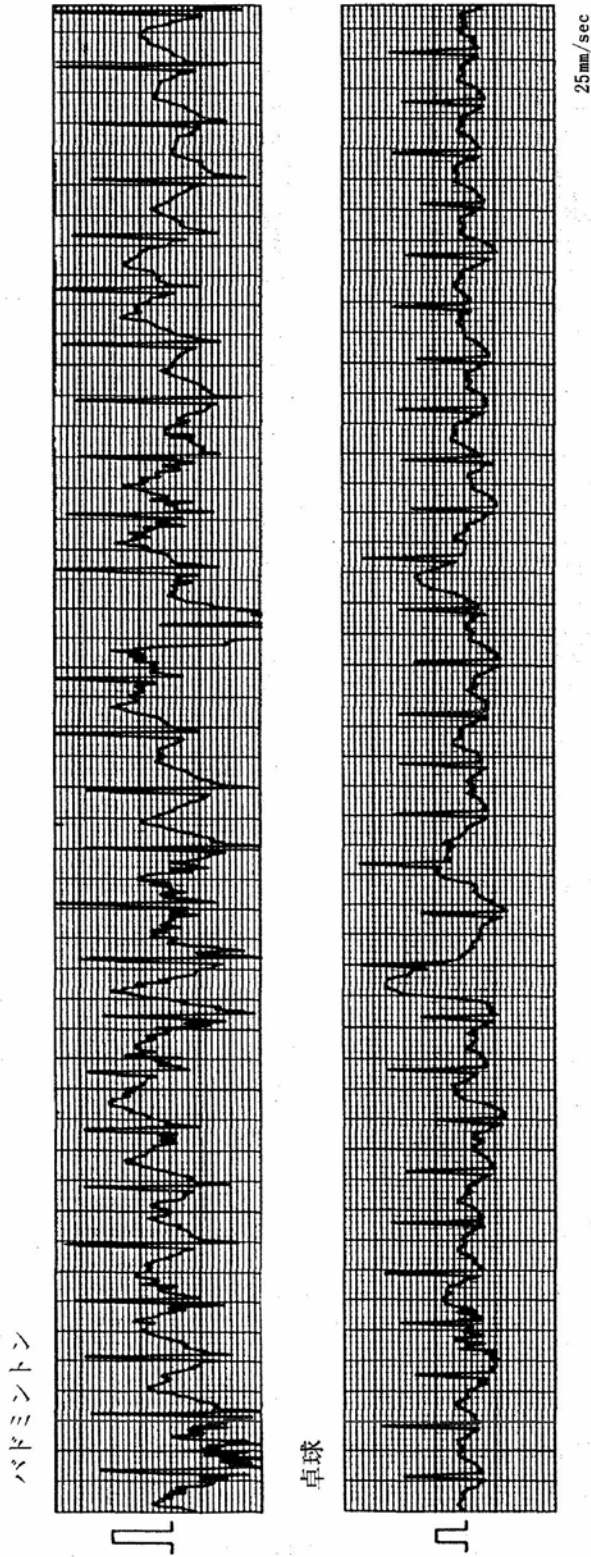


図5 バドミントンと卓球時の集録波形 (CM₅誘導)

収縮の出現頻度を検討し、25～34歳の30%と45～54歳36%で出現頻度にほとんど差がなかった事を報告している⁷⁾。今回の研究結果とFarisらの報告を組み合わせると、実際のスポー

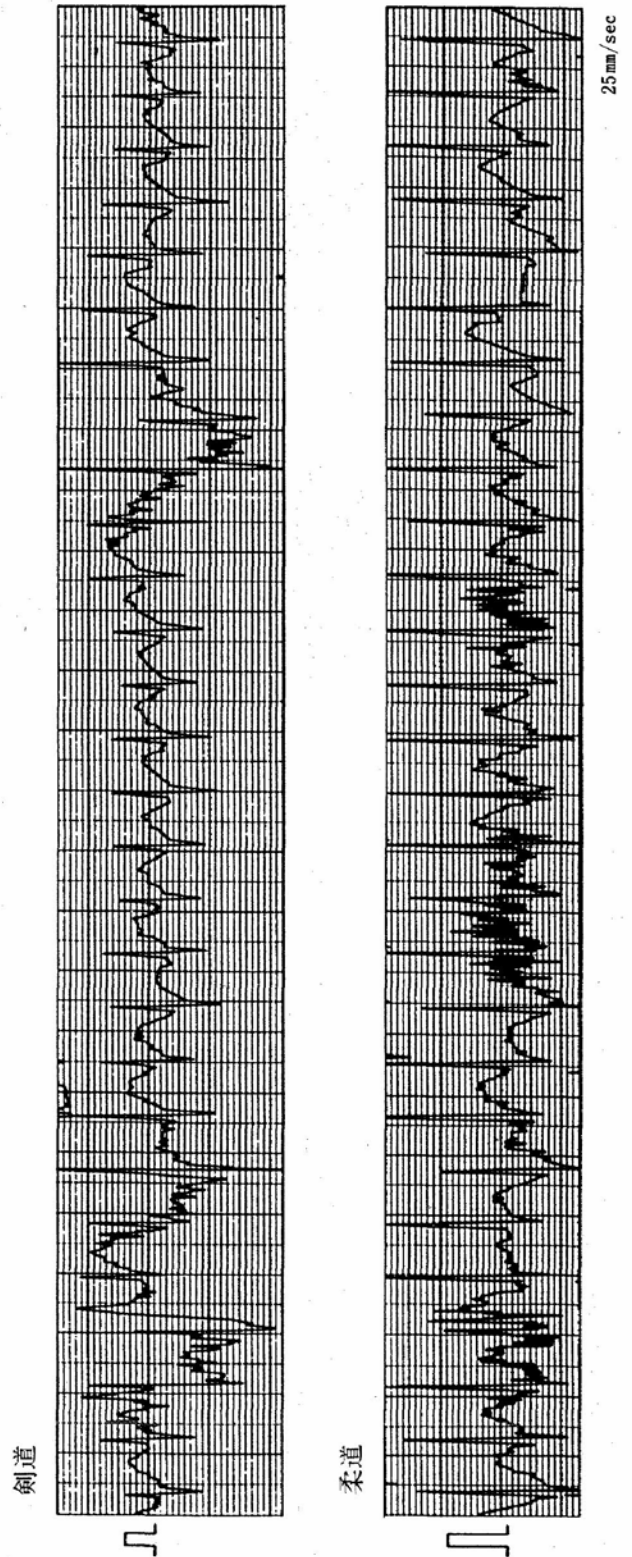


図6 剣道と柔道時の集録波形 (CM₅誘導)

ツ活動中では学生に比し中高年で心室期外収縮が高頻度にみられたが、運動負荷試験では学生と中高年で心室期外収縮の出現頻度に差がないことが示唆される。このことは中高年において実際のス

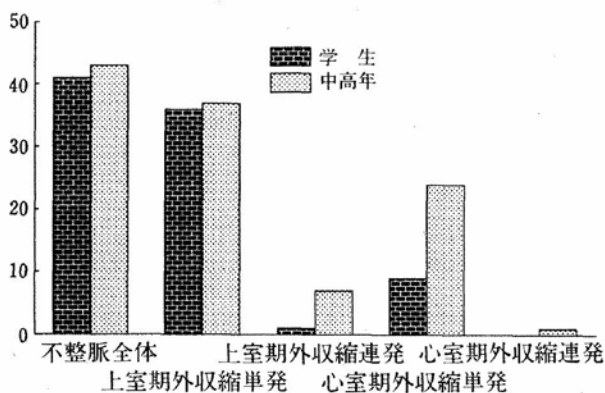


図7 対象別不整脈出現頻度

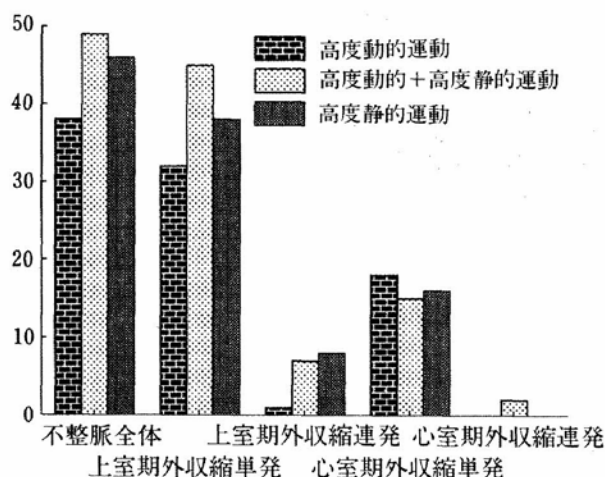


図8 運動の種類別不整脈出現頻度

スポーツ活動中の心電図を記録することの臨床的重要性を示唆すると考えられた。

一方、運動の種類別に各種不整脈の出現頻度を検討すると、上室期外収縮連発において高度動的+高度静的運動と高度静的運動で高度動的運動より高頻度で認められた。この所見は高度静的な要因を含む運動については、不整脈に注意する必要性を示した⁸⁾。

結 語

1. 小型携帯スポーツ用心電図記録器を用いて学生と中高年の各種競技スポーツ中心電図を記録した。

2. 激しい運動時の心電図も比較的良好な記録が出来た。

3. 臨床的に重要な心室期外収縮や上室期外収縮連発は中高年で学生より高頻度に認められた。

4. 高度静的な要素を含むスポーツではその要素を含まないスポーツに比し上室期外収縮連発が高頻度で認められた。

謝 辞

本研究にあたり、愛知県総合保健センターの岩塚 徹、北川信博、光田洋子の各氏、ならびに中京大学の北川 薫氏にご協力をいただいた。

ここに心から感謝の意を表します。

文 献

- 1) Waller B. F., Roberts W. C. ; Sudden death while running in conditioned runners aged 40 years or over, *Am. J. Cardiol*, **45**, 1292 (1980)
- 2) 村山正博; スポーツと心臓事故, *循環科学*, **2**, 1008 (1982)
- 3) 松本一年, 太田壽城, 波多野潔, 杉原弘晃, 横井正史, 魚住善一郎, 岡本 登, 水野嘉子, 岩塚徹, 外山淳治, 山田和生, 永田修二, 日比野萌; ICメモリーを用いたスポーツ用心電図記録器の開発と使用経験, *Jpn. J. electrocardiol*, **3**, 336 (1989)
- 4) Ishijima M., Shin S. B., Hostetter G. H., Sklansky J. ; Scanslong Polygonal approximation for data compression of electrocardiograms, *IEEETrans. Biomed. Biomed. Eng.*, **BME**, **30**, 723 (1983)
- 5) 松本伍良, 清水孝一; 心電情報の圧縮と再生信号の品質, *BME*, **1**, 56 (1987)
- 6) Mitchell J. H., Blomqvist C. G., Haskell W. L., James F. W., Miller W. M., Strong W. B. ; Classification of sports, *JACC*, **6**, 1198 (1985)
- 7) Faris J. V., McHenry P. L., Jordan J. N., Morris S. N. ; Prevalence and reproducibility of exercise-induced ventricular arrhythmias during maximal exercise testing in normal men, *Am. J. Cardiol*, **37**, 617 (1976)
- 8) 水野 康, 福田市蔵編; 循環器負荷試験法, 理論と実際, 診断と治療社, 東京 (1981)