

## 4 循環機能からみた柔道選手の体力(2)

— 主として心臓X線像からの観察 —

体力医学研究所 増田 允  
芝山 秀太郎  
江橋 博

### は し が き

スポーツの場面では、スタミナという言葉が、よく出てくる。柔道においても、1964年の東京オリンピックを契機としてスタミナの養成が強調されるようになった。しかし、スタミナという言葉は、よく用いられる割には必ずしも定義づけのはっきりした内容を指しているわけではない。スポーツや仕事が、一定の割合で続けていくことができなくなって、能率が徐々に低下していく現象は、まさしく身体が疲労したということであり、逆に疲労しにくいということをも「持久力」という言葉であらわし、これを数量化してスタミナの有るなしを評価しようという試みが多い。

持久力は、体力を考えていく上で、筋力、敏捷性とならぶ重要な因子である<sup>6)</sup>。エネルギーの発現様式からみれば、筋力が力に対応し、敏捷性が速さに対応するのにたいし、持久力は時間の長さに対応するものといえよう。Andersen, K. L. は、体力の中で最も重要なものとして作業能力 *working capacity* を挙げ、これをあらわす指標に最大酸素摂取量が適切であると述べている<sup>7)</sup>。日常におけるスポーツや作業の場面では有酸素的作業能力 *aerobic capacity* が主体となることはほぼ間違いないところであり<sup>7)</sup>。この意味では作業能力の中味にも、「時間の要素」が多分に含まれている感じである。

作業能力をあらわすには、

- (1) 外部になした物理的な仕事量でみるもの
- (2) そのために内部に蓄積されたエネルギー量でみるもの

との二つがあり、猪飼は、前者を作業成績 *performance*、後者を身体資源 *physical resources* という言いかたを用いている<sup>5)</sup>。最大酸素摂取量をはじめ心拍出量、血中ヘモグロビン濃度、肺拡散能力などはこの後者に属し、トレッドミルの持久走時間や自転車エルゴメーターの最大作業量などは前者に相当しよう。

柔道をはじめとする格技スポーツにおいても、要求される体力因子に「時間の要素」が含まれることは当然であり、スタミナは、*performance* としての筋力の面からと *physical resources* としての循環呼吸機能の面からの追求が必要とされる筈である。前者はエネルギーの発生を、後者はエネルギーの補給をあらわし、いずれも柔道選手のスタミナを考える上で重要な問題である。

ここでは柔道選手の体力を、循環機能や各種の基礎的な体力指標と関連させつつ考察し、他のスポーツ競技における一流選手の身体資源と比較してみた。

### 実 験 方 法

本実験で用いられた被検者および実験方法は、すべて前報と同一である<sup>9)11)</sup>。





## 結果と考察

### 1. 柔道選手の循環機能

柔道選手の、心臓を中心とする循環機能の諸測定値をあげると表1のようになる。表には他の一流競技選手の例を掲げ、またいくつかの基礎的な体力測定の結果を併記した。

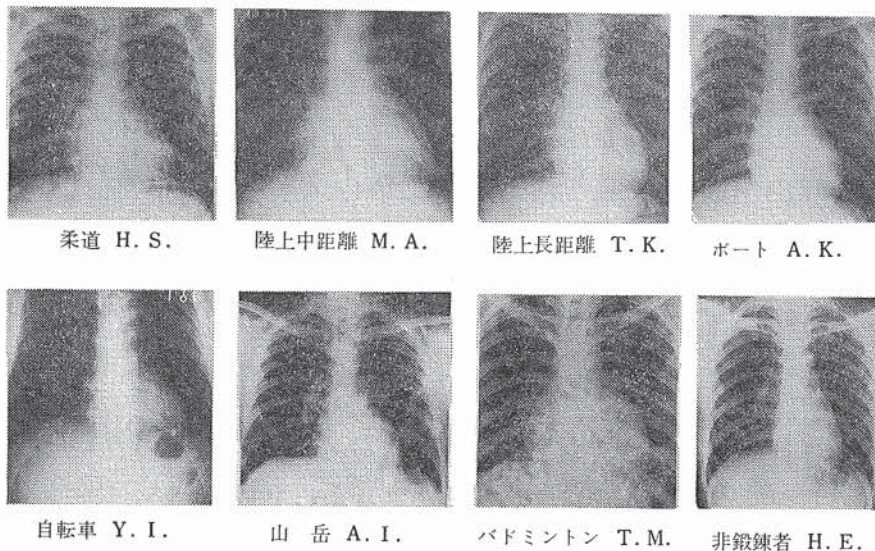
柔道選手は運動歴5年という現役の大学柔道部員で、その実験時は2段、軽量級の有望選手であった。その他の競技選手では、陸上長距離選手は、全日本陸上選手権10,000m 3位(1962年)、陸上中距離選手はユニバシアード1,500m 6位(1965年)、ボート選手は国体シングルで4位(1966年)、自転車競技はプロ入り18年のA級競輪選手、山岳は山岳歴4年の大学山岳部員、野球選手はプロ野球の優勝チーム主戦投手で防御率第1位、(1965年)、ゴルフ選手は、全日本オープン2位(1964年)のプロゴルフア、バドミントンは世界選手権ダブルス優勝(1966年)シングルス2位(1965年)の、それぞれ優秀な競技歴を有する一流選手であった。

このようなトップレベルにある運動選手では、すぐれた技術の獲得とそれを可能にするような身体的な基盤がある筈であり、著者らが体力測定を行なってきた目的もここにある。とくに柔道選手の体力では、身体資源としての循環機能がスタミナとの関連で問題となりつつあるので、観点を変えて、柔道という競技種目の特性に応じて構造化された循環機能を把握しようという試みもまた非常に重要なことと考えられる。

柔道選手の循環機能を非鍛錬者のそれと比較したときは、とくに生体にストレスを加えたようなときの総合的な適応能力にすぐれていることが特色であったが<sup>9)</sup>。他の競技の種目との関連からみた、柔道選手の循環器系における身体資源としての役割はどうであろうか。

安静時の血圧や心拍数は、柔道選手もふくめていずれも正常範囲内にあり、平均血圧<sup>4)</sup>でみたとき柔道選手の87mmHgにたいして他種目の選手も77mmHg~98mmHgに分布し10%前後の変動に過ぎず非鍛錬者とも全く差が認められない。心拍数においても同様にほとんどが毎分64拍を前後している。ハーバード・ステップ・テストを負荷して回復時の心拍数応答様式を比較した場合、柔道選手の得点104.9は非鍛錬者よりすぐれた数値ではあるが、他の競技選手の得点と比較して固有

図1 柔道選手と他競技選手の心臓X線像の比較





の特質を見出すほどのものは認められなかった。

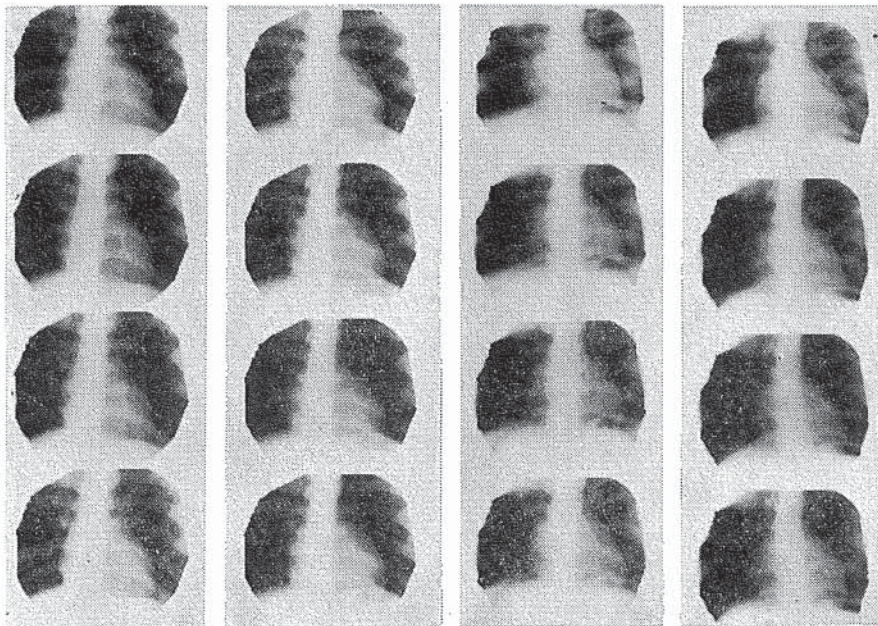
非鍛錬者と比較したとき柔道選手に最も顕著な特長はX線による心臓の陰影像であった<sup>9)</sup>。これを他の競技選手の心臓X線像と比較検討したものが図1である。図に明らかなように非鍛錬者を除く全選手に、左心室の肥大した典型的なスポーツ心臓が形成されていることを認めることができ、非鍛錬者のそれが細長型であるのとくらべ対照的である。しかし他の競技選手のそれと比較したときの柔道選手は、前述の表1にも示したように心陰影像に柔道種目の特長を見出すことはできない。全横径における柔道選手の14.46cmは、陸上中距離やバドミントン選手などより小さく、長径15.67cmも、陸上中距離、バドミントン、ボートの各選手に次ぐ程度である。心陰影面積は、本来三次元の物体である筈の心臓を平面上でとらえた比較であるから数値そのものを問題とすることは困難であるが、柔道選手が陸上中距離、自転車、山岳、ボート、バドミントンの各選手よりかなり下まわる大きさであることは推察できる。したがって柔道選手を、心臓X線像を中心として循環機能から検討すると、スタミナという点では他種目の競技選手に比して、機能的にかなり低位におかれていると考えることができる。

## 2. オールアウト負荷時の心容積変化

このように循環機能の中心である心臓に着目して、柔道選手の運動時における心臓容積変化を追求することは安静時の形態観察から更に突っ込んだ研究方法として、しばしば用いられている。著者らはすでに、*moderate exercise* 時の心容積変化をX線映画法によって解明したが<sup>11)</sup>同様の方法により、*all-out exercise* 時の心容積変化を観察してみた。*all-out exercise* は持久力測定に最も有効な負荷として一般に用いられている方法である<sup>2) 8) 15)</sup>。

実験にはX線映画撮影装置を直結した自転車エルゴメーターを試作してこれによる運動を負荷した<sup>10)</sup>。X線条件、撮影条件、フィルムの計測装置はすべて前報に同じとし、計測の指標には心横径

図2 柔道選手における運動中、回復過程の心陰影像変化



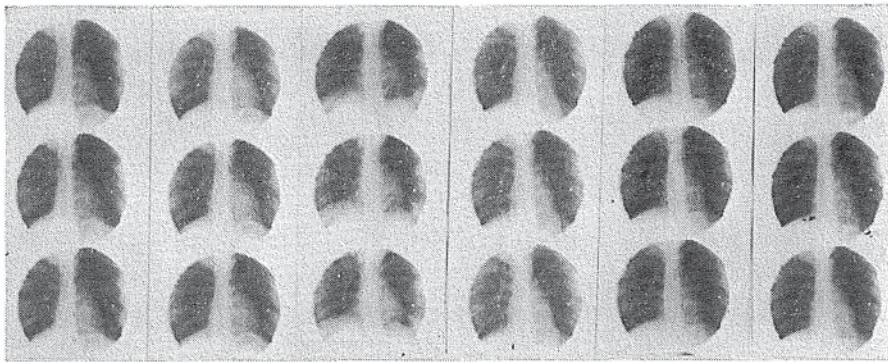
(1) 安静時

(2) 運動開始直後

(3) 運動開始後40秒

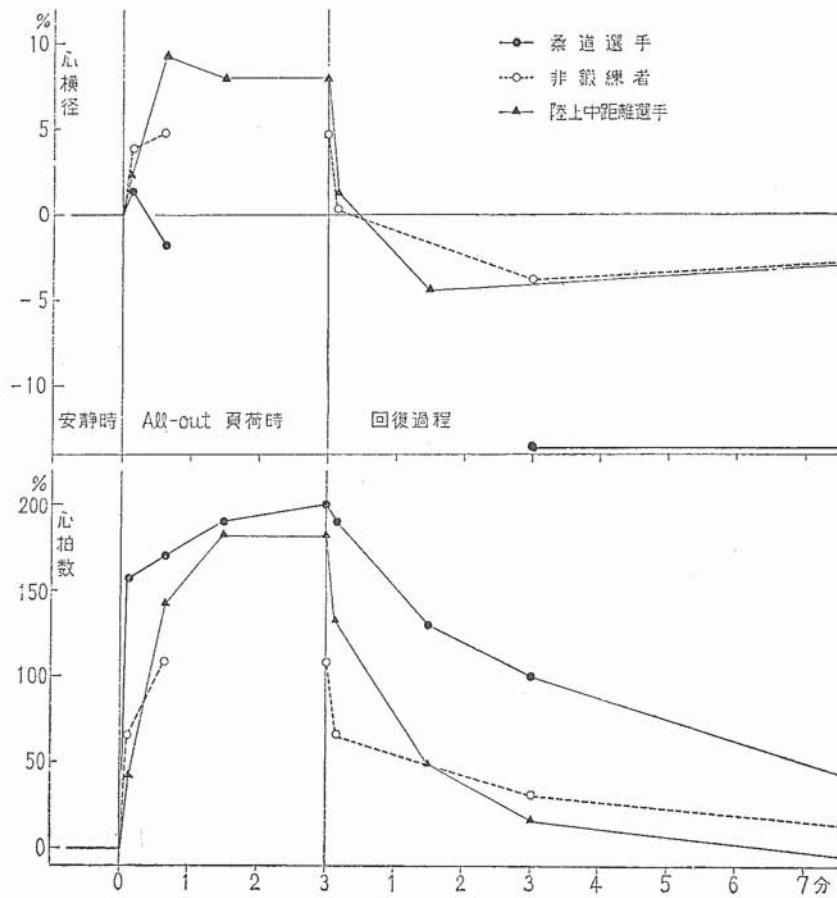
(4) 運動中止後3分

図3 非鍛錬者における運動中、回復過程の心陰影像変化



(1)安静時 (2)運動開始直後 (3)運動開始後40秒(all-out時) (4)運動中止直後 (5)運動中止後3分 (6)運動中止後10分

図4 All-out exercise時の心影像変化





を用いた<sup>11)</sup>。これは心陰影像最大横径にあたる場所である。この計測値はすべて安静時値に対応する相対的变化として表わされた。

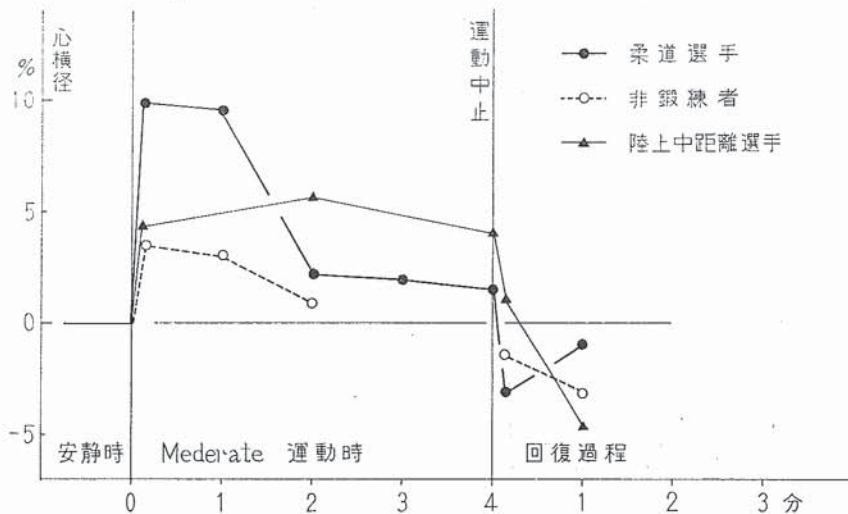
柔道選手、非鍛錬者ともに、自転車エルゴメーターのペダルは最大努力で回転させるよう指示した。その仕事率はおよそ  $25\text{kg}\cdot\text{m}/\text{sec}$  であった。そして安静時、運動時、回復過程の各位相の中から観察に重要と思われる位相をえらんで解析を行なった。図2は柔道選手に all-out exercise を負荷したときの毎秒24コマのX線映画記録から、安静時、運動時、回復過程の各位相につき、任意の3コマずつを抽出したパターンを示している。同様にして図3はこれに対応する非鍛錬者の例について掲げた。

このような心陰影像は、本来、拍動にともなって収縮、拡張をくりかえすので、各位相の比較は、end-systolic level あるいは end-diastolic level ごとに行なうべきであるが<sup>10) 14)</sup>、個々のフィルムの計測値には fluctuation が存在するため、こうした収縮、拡張の区別を求めず運動の各位相について測定した値の平均値を求めて、心陰影像変化の縮小あるいは増大の様子を観察してみた。この成績が図4である。この図は、以上の計算によって求められた心横径を、安静時平均値をゼロとして、all-out exercise によって変化した最大値の安静値にたいする減少率または増加率を、同一スケール上に求めて測定値の変化を時間軸に対応してプロットしたものである。図で●印の実線は柔道選手の成績、○印の点線は対照の非鍛錬者の成績である。また比較の意味で▲印の陸上競技中距離選手の成績を掲げた。なお下段には、そのときの心拍数変化を、同様に安静時値にたいする増加率で表わして示した。

これによると、柔道選手では、運動負荷により、はじめ心陰影の増大がみられるが、運動開始後40秒を経過した時点からは逆に安静時よりも縮小する。心拍数増加が安静時のおよそ3倍に達した all-out stage (運動後3分) では実験上の手違いから記録を得られなかったが、しかし回復過程の状態から推察すると、あるいは縮小しているとも考えられ、これは非鍛錬者の例や、参考までに掲げた陸上中距離選手の成績とも異なっている。

前回に報告した moderate exercise 時の心容積変化を<sup>11)</sup>、陸上競技中距離選手と比較したものが

図5 Moderate exercise 時の心陰影像変化の比較



次の図5であるが運動負荷をこのように中等度とした場合は柔道選手も陸上中距離選手と傾向としては同一のものを示している。

心拍出量が運動により増大するとき心拍数を主因とすることは言をまたないが<sup>12)</sup>、一心拍ごとの拍動量も、よく鍛錬された者では左心室への充填圧が安静時の2倍にも達するため、短い流入時間となっても低下しないという報告がある<sup>3)</sup>。moderate exercise 時の柔道選手は、拍動幅は減少するが心臓容積の増大によって、わずかな心筋の短縮でも比較的大きな拍動量を維持しようするようなメカニズムがあることが推察され、これは図5にもあるように、心容積変化の増加率や増加の過程は異なっても陸上中距離選手と軌を一にする傾向である。

しかし all-out exercise のように追い込まれた状態の柔道選手は、図4にあるように心臓容積の減少ということが考えられ、静脈還流量増加などによる心拡張期容積の増大が認められなかったと考えるならば、Reindell, Hらのいう拍動幅の問題があるとしても、一応は身体資源が大きくてスタミナ充分と思われる陸上中距離選手よりは余裕力が小さく、心拍出量からみた全身持久力に劣るものがあると推察されよう。先の Reindell, H らは既に、運動時心容積は、とくに収縮期容積において減少すると報告している<sup>13)</sup>。著者らの実験例では、all-out exercise を負荷後の回復過程で、柔道選手ばかりでなく非鍛錬者や陸上選手においても心容積の縮小していることが認められた。これは前回の moderate exercise の成績においても同様である。

#### ま と め

スタミナ解明の一つの手がかりとして、柔道選手の体力を、心臓X線像を中心として循環機能や各種の基礎的な体力指標と関連させつつ考察し、他のスポーツ競技における一流選手の成績と比較してみた。

その結果は次のようにまとめられた。

(1) 柔道選手の循環機能を中心とする体力は、非鍛錬者と比較すればかなりすぐれているが、しかし他種目の競技選手と異なった特長は見出せなかった。

(2) 心臓X線像の観察では、他種目の競技選手に比してむしろ評価の低い傾向が認められた。

(3) All-out exercise を負荷して、心陰影像を毎秒24コマのX線映画に撮影してみたところ、柔道選手では心陰影像の縮小が推察された。これは陸上中距離選手が all-out stage で心臓容積の増大を示すこととむしろ逆の傾向であった。

(4) All-out 負荷後の回復過程では、柔道選手ばかりでなく陸上選手、非鍛錬者ともに、心陰影像は縮小した。

(5) 前回の報告にあるように moderate exercise 時の心陰影像は、柔道選手も陸上選手と同様に増大の傾向が認められることから、柔道選手では all-out exercise のような追い込まれた状態では、心拍出量からみた全身持久力に劣るものがあると推察された。

(6) 以上のことから、心臓X線像を中心として検討した場合、安静時においても all-out exercise を負荷した観察においても、スタミナという点では他種目の競技選手に比して、機能的にかなり低位におかれているものと考えられた。このことは逆に、柔道選手のスタミナは、他競技のそれとは性質を異にするものであることを示唆しているかも知れない。

#### 参考文献

- 1) Andersen, K.L. et al. (1965) Aerobic work capacity in middle-aged Norwegian men. J. Appl. Physiol. 20 (3) 432-436.
- 2) Asmussen, E. et al. (1955) Cardiac output during muscular work and its regulation. Physiol. Rev. 35, 778-800.



- 3) Bevegard, S. et al. (1963) Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position. *Acta Physiol. Scand.* 57, 26-50.
- 4) Hyman, A. S. (1962) The postural mean blood pressure index. *J. Sports Med.* 2 (4) 218-220.
- 5) 猪飼道夫 (1967) 青少年の健康と体力, 体育の科学 17 (2) 69-72.
- 6) 猪飼道夫他 (1967) トレッドミルによる作業能力の研究, 体育の科学 17, 406-412, 456-462, 527-530, 587-591.
- 7) 猪飼道夫 (1968) 呼吸・循環機能からみた体力の限界。呼吸と循環 16, 449-456.
- 8) Lind, A. R. (1970) Cardiovascular responses to static exercise. *Circulation* 41 (2) 173-176.
- 9) 増田 允他 (1966) 柔道選手の体力について (1) 主として循環機能の立場からの考察, 体力研究 9, 20-30.
- 10) Masuda, M. et al. (1967) Study on human heart volume changes during all-out and moderate exercises by cinefluorography. 体力研究 13, 1-19.
- 11) 増田 允他 (1969) X線映画法による柔道選手の運動時心容積変化, 講道館柔道科学研究会紀要 3, 53-61.
- 12) Meek, W. J. et al. (1923) Cardiac size and output in man during rest and moderate exercise. *Am. J. Physiol.* 63, 400-401.
- 13) Reindell, H. et al. (1956) Regulative und myogene Dilatation des Herzens. *Fortschr. Gebiete. Röntgenstrahl. Nuklearmedizin.* 85 (4) 385-409.
- 14) Sandler, H. (1970) Dimensional analysis of the heart. *Am. J. Med. Sci.* 260 (1) 56-70.
- 15) Taylor, H. L. et al. (1955) Maximal oxygen intake and objective measure of the cardio-respiratory performance. *J. Appl. Physiol.* 8, 73-80.