

女子剣道選手とバレーボール選手の 筋持久力と作業中血流量

北村 潔 和

富山大学教養部運動生理学教室 〒 930 富山市五福 3190

Muscular Endurance and Blood Flow in Women Kendo-athletes and Volleyball-athletes

Kiyokazu Kitamura

Laboratory for Work Physiology, College of Liberal Arts, Toyama University,
3190 Gofuku, Toyama 930

ABSTRACT Muscular endurance and blood flow were measured in 7 female Kendo-players, 8 female Volleyball-players and 23 untrained students. The forearm blood flow was determined with a mercury-in-rubber strain-gauge venous occlusion plethysmography before, during and after rhythmic hand-grip exercise. The hand-grip exercise was performed on a hand-ergometer with a load of 30% of maximal voluntary contraction of each subjects, at a rate of 60 beats/min as time with metronome. The number of contraction (muscular endurance) of the Kendo-players, Volleyball-players and untrained students were 107.7, 158.5 and 196.6, respectively. The blood flow immediately after exercise in the Kendo-players, Volleyball-players and untrained students was 20.8ml/100ml. min, 26.9ml/100ml. min and 32.8ml/100ml. min, respectively. The peak blood flow during exercise and the blood flow final minute of exercise in the Volleyball-players were higher than that in the Kendo-players ($p < 0.05-0.01$). Furthermore, a close relationship was found between the muscular endurance and the peak blood flow during exercise ($r = 0.852$, $p < 0.001$), the blood flow final minute of exercise ($r = 0.912$, $p < 0.001$) and the blood flow immediately after exercise ($r = 0.509$, $p < 0.05$).

I. 目 的

マラソン競技など持久的（長時間高いパワーを持続）な運動を続けている選手は、100 m 走などのパワー的（短時間に爆発的なパワーを発揮）な運動を続けている選手に比べて最大酸素摂取量¹²⁾、心拍出量²⁾などの呼吸循環系機能に優れていることが知られている。また、筋力を高めるために必要な負荷強度でトレーニングを続けると、筋力は高まるが、筋持久

力には改善のみられないとする報告が行われてきている。^{1,10,14)}これらの報告は、スポーツ種目によって改善される身体の生理的機能に違いの生じることを、スポーツ種目や運動の方法に対して、身体の生理的機能は特異的に反応することを示すものであろう。したがって、長期間同じ種目のスポーツを行っている、そのスポーツ種目に合った身体機能特性を持つようになることが推測される。

スポーツの種目特性を検討することは、競技力を向上させるためのトレーニング方法や健康の維持増進を目的にスポーツを行う場合の種目の選択や運動の方法を処方する場合に重要な示唆を与えてくれるものと考えられる。本実験の目的は、女子剣道選手とバレーボール選手を対象に、前腕の筋持久力と血流量を測定し、一般学生との比較から剣道競技とバレーボール競技によって獲得される筋の機能特性を検討しようとしたものである。

II. 実験方法

被検者は、剣道競技歴3～8年の女子選手7名とバレーボール競技歴3～7年の女子選手8名の合計15名である。被検者の身体的特徴は、表1に示した。

最大筋力、筋持久力、血流量（安静時、作業中、回復期）は、既に我々が報告している^{8,9)}方法を適用して測定した。すなわち、最大筋力は、被検者を木製ベット上に仰臥位にし、右腕を体側方向肩の高さに伸ばし、前方に置かれたストレインゲージ製握力計（ヤガミED-100）を用いて、3秒間の最大努力で握力計を握ることにより測定した。本実験では、このようにして得られた最大筋力の30%を筋持久力測定の前負荷として用いた。

筋持久力は、被検者を最大筋力の測定と同じ仰臥位にし、体側方向に腕を伸ばした前方に固定されたハンドエルゴメーターを用いて、最大筋力の30%の前負荷を60回/分のメトロノームのテンポに合わせて1cmの高さに持ち上げる作業を行わせて測定した。疲労困憊の判定は、規定のテンポで作業が遂行できなくなることや、前負荷が持ち上がらなくなることを目安にして検者が行った。

安静時、作業中、回復期の血流量は、静脈阻止プレチスモグラフ法を用いて測定した。^{8,9)}すなわち、手頸部に幅4cm、上腕部に幅14cmのcuffを、前腕最大囲に水銀ラバーストレインゲージを20gの張力でそれぞれ装着した。前腕周径変化を記録するために、手頸部のCuffに220-230mmHgの圧を加え手への血流を阻止した後、上腕部のCuffに60mmHgの静脈阻止圧を5-10秒間加えた。血流量は、このようにして得られた前腕周径変化の記録からWhitney¹⁵⁾の方法にしたがい求めた。安静時血流量は、30秒間隔で4回、作業中血流量は作業開始5秒後から約15秒間隔で疲労困憊まで、回復期血流量は、作業終了直後（5秒以内）と30秒後に測定した。

なお、一般学生、剣道選手、バレーボール選手間の差の検定は、Student's t検定を用いて行った。

III. 結 果

表1は、一般学生、剣道選手、バレーボール選手の筋力、作業回数(筋持久力)、安静時

表1 被検者の身体的特徴と筋力、作業回数、血流量の平均値と標準偏差

	被検者 (人)	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	筋 力 (kg)	作業回数 (回)	血 流 量 (ml/100ml・min)			
							安静時	作業中最高	作業終了直前	作業終了直後
一般学生	23	21.9	157.6 (3.8)	51.6 (4.3)	28.7 (4.7)	196.6 (28.7)	3.7 (1.9)	—	—	32.8 (7.1)
剣道選手	7	19.9	158.8 (2.9)	51.3 (3.3)	33.5 (4.8)	107.7 (18.3)	2.2 (0.9)	15.8 (3.1)	13.1 (2.8)	20.8 (4.9)
バレーボール 選手	8	20.5	160.6 (4.5)	54.3 (6.2)	32.8 (5.0)	158.5 (42.4)	2.2 (0.6)	23.9 (6.3)	20.0 (5.3)	26.9 (6.2)

※は一般学生に対する差の検定、△は剣道選手とバレーボール選手の間差の検定を示す。
※、△：P<0.05、※※、△△：P<0.01、※※※：P<0.001を示す。

血流量、作業中最高血流量、作業終了直前血流量、作業終了直後血流量の平均値と標準偏差を示したものである。

剣道選手の筋力は、一般学生に比べて有意に高い値を示したが(P<0.05)、バレーボール選手との間に有意差は認められなかった。また、バレーボール選手の筋力は、一般学生と比べて有意差は認められなかった。

剣道選手の筋持久力は、一般学生(P<0.001)やバレーボール選手(P<0.05)に比べて有意に低い値を示した。また、バレーボール選手の筋持久力は、一般学生に比べて有意に低い値を示した(P<0.05)。

剣道とバレーボール選手の安静時血流量は、一般学生に比べて有意に低い値を示した(P<0.05)。しかし、剣道選手とバレーボール選手の間には有意差は認められなかった。

一般学生の作業中血流量は測定されなかったが、測定された作業終了直後血流量は、剣道選手(P<0.001)やバレーボール選手(P<0.05)に比べて有意に高い値を示した。しかし、剣道選手とバレーボール選手の間には有意差は認められなかった。

また、剣道選手の作業中最高血流量(P<0.05)、作業終了直前血流量(P<0.01)は、バレーボール選手に比べて有意に低い値を示した。

図1は、剣道選手とバレーボール選手の筋持久力と作業中最高血流量の関係を示したものであり、両者の間には密接な関係が認められた($r=0.852$, $P<0.001$)。

図2は、剣道選手とバレーボール選手の筋持久力と作業終了直前血流量の関係を示したものであり、両者の間には密接な関係が認められた($r=0.912$, $P<0.001$)。

図3は、剣道選手とバレーボール選手の筋持久力と作業終了直後血流量の関係を示したものであり、両者の間には密接な関係が認められた($r=0.509$, $P<0.05$)。

図4は、剣道選手とバレーボール選手の作業中血流量を作業時間経過に対して示したものである(作業中血流量は、それぞれの被検者の疲労困憊時点の作業時間を100%として、

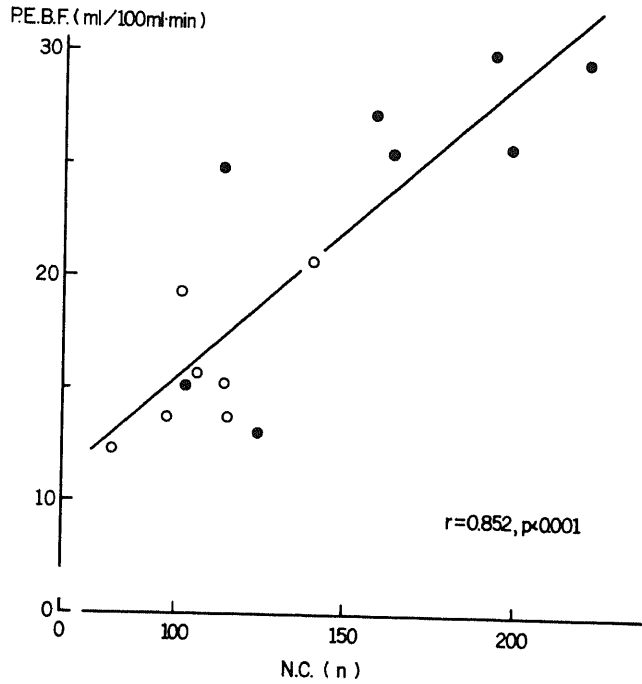


図1 作業回数 (N. C.) と作業中最高血流量 (P. E. B. F.) の関係。
黒丸印はバレーボール選手を白丸印は剣道選手を示す。

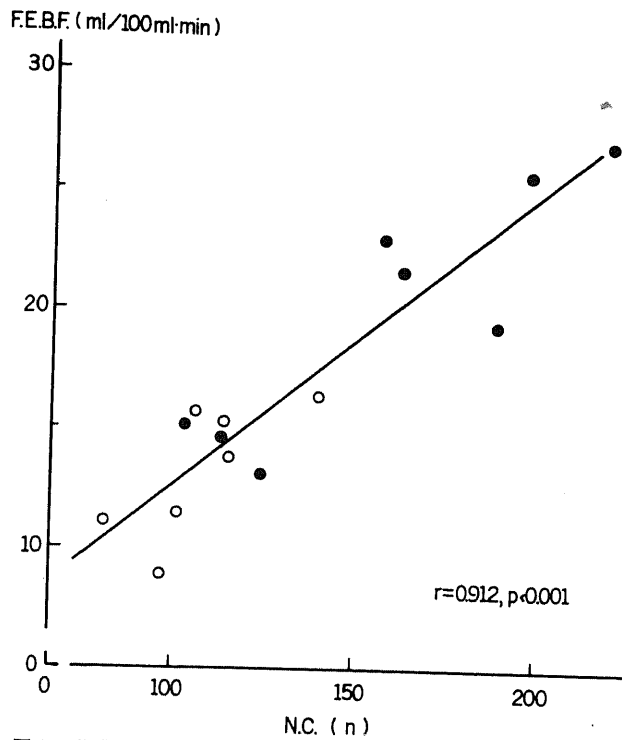


図2 作業回数 (N. C.) と作業終了直前血流量 (F. E. B. F.) の関係、
印は図1と同じ。

その相対的な割合で時間を示した)。図 4 でも明らかなように、バレーボール選手は剣道選手に比べて作業開始直後から高い血流量を獲得しながら作業を遂行している傾向がみられた。

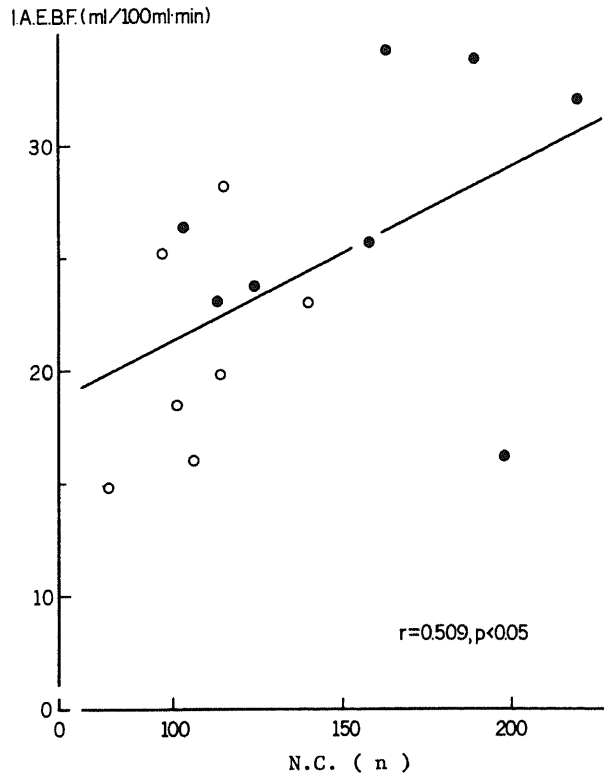


図3 作業回数(N. C.)と作業終了直後血流量(I. A. E. B. F.)の関係、印は図1と同じ。

IV. 考 察

本実験の剣道選手やバレーボール選手の測定値と比較するために用いた一般学生の値は、既に我々が報告したものである。この報告の最大筋力の測定方法や筋持久力測定のための負荷は、本実験とほぼ同じであったが、筋持久力測定のための作業方法が異なる。すなわち、本実験では、最大筋力の30%の負荷を60回/分のテンポに合わせて1cmの高さに持ち上げる作業であったのに対し、先の報告では、最大筋力の30%の負荷を60回/分のテンポに合わせて2cmの高さに持ち上げる作業であり、単位時間当りの仕事量が先の報告に比べて本実験では半分であった。北村⁹⁾は、本実験と同じ作業方法で筋持久力を測定し、作業方法や作業負荷が同じであれば、筋持久力は単位時間当りの仕事量と密接に関係し、1cmの高さに持ち上げる作業で得られた筋持久力を2cmの高さに持ち上げる作業として換算すると両方法で得られた測定値がよく一致することを報告している。したがって、本実験では、先の一般学生の測定値を高さ1cmに持ち上げる作業に換算して検討した。

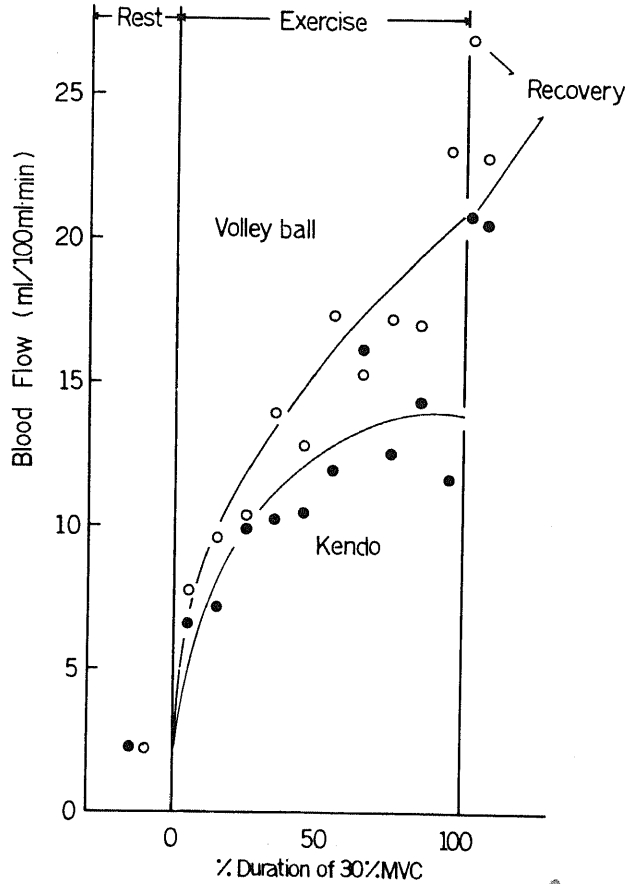


図4 剣道選手(黒丸印)とバレーボール選手(白丸印)の安静時, 作業中, 回復期の血流量

ところで、剣道競技を試合時間や動作特性から検討してみると、試合時間は5分～7分と短かく、その間に手に保持した竹刀で相手に向って素速い打突を繰り返し勝敗を競う競技であり、剣道競技は、筋持久力よりも筋の収縮スピードやパワーの要求される競技と考えられる。また、バレーボール競技について検討してみると、試合時間は、1時間～2時間であり、その時間の長さからみると持久的能力が要求される競技のように考えられる。しかし、個々の競技中の動きを検討してみると、競技中たえず動いているのではなく、飛んでくるボールに対して素速く対応することやスパイクのためのジャンプの繰り返しである。さらに、本実験で対象とした前腕筋群については、オーバーハンドパスやスパイク時に瞬間にボールに力を加えるように働くことが多く、筋持久力よりも筋の収縮スピードやパワーの要求される競技のように考えられる。しかし、女子剣道選手やバレーボール選手を対象として、前腕筋群の収縮特性や作業能力を検討した報告はみられない。本実験では、剣道競技やバレーボール競技によって獲得できる筋の収縮特性や作業能力を検討する第1段階として、女子剣道選手とバレーボール選手の前腕筋群の持久力に注目した。

筋の持久力を測定する方法には、絶対的負荷法と相対的負荷法がある。⁵⁾絶対的負荷法は、誰にでも同じ負荷を与えて、その持続時間や反復回数を検討する方法である。相対的負荷法は、個人の最大筋力に対して一定の割合で負荷を与え、その持続時間や反復回数を検討する方法である。

絶対的負荷法で得られた筋持久力は、最大筋力と密接な関係を持つことが報告され、¹³⁾相対的負荷法で得られた筋持久力は、最大筋力に関係することなく筋力から独立して筋持久力の測定のできることを示唆されている。¹³⁾したがって、本実験では、相対的負荷法を用いて筋持久力を測定した。その結果、剣道選手の筋持久力は、一般学生やバレーボール選手に比べて低い値を示し、バレーボール選手は一般学生と剣道選手の中間の値を示した(表1)。これらの結果は、剣道競技やバレーボール競技の試合時間と動作特性から推定した結果を支持するものと考えられ、剣道選手やバレーボール選手の前腕筋群は、持久力よりも筋の収縮スピードやパワーに関係する要因に改善のみられることを示すものと考えられる。これは、短時間に最大に力を発揮する能力の要求される最大筋力が、一般学生に比べて剣道選手やバレーボール選手に大きかったことから推定できる。

また、バレーボール選手の筋持久力が、剣道選手に比べて高い値を示したことはバレーボール競技の試合時間の長さや前腕筋群に加わる力が剣道競技の竹刀を保持する力に比べて小さいことなどが考えられる。

筋持久力を決定する要因の1つが、作業筋への血流量にあることが多くの研究者によって報告されてきている。^{3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 14)}本実験においても、作業筋への血流量を測定した。一般学生については、作業終了直後の測定であったが、剣道選手やバレーボール選手(筋持久力が劣る)に比べて有意に高い値を示し、これまでの報告とよく一致した。^{3, 4, 7, 9)}また、バレーボール選手の作業中最高血流量と作業終了直前血流量は、剣道選手に比べて有意に高い値を示した(表1)。さらに、バレーボール選手と剣道選手について検討した、筋持久力と作業中最高血流量(図1)、作業終了直前血流量(図2)、作業終了直後血流量(図3)の間には、それぞれに密接な関係が認められ、これまでの報告とよく一致した。⁹⁾これらの結果は、長期間、筋の収縮スピードやパワー的的要因を改善させるような競技を続けた選手であっても、筋の持久的能力は、作業筋への血流量に依存されていることを示すものと考えられる。

^{8, 9)}北村は、筋の持久力の優れている者と劣っている者の作業中血流量を測定し、筋持久力に優れている者は、作業中最高血流量や作業終了直前血流量のみ高い値を示すのではなく、作業開始直後から高い血流量を獲得してゆくことを報告している。本実験においても、剣道選手とバレーボール選手の作業中血流量の作業時間経過に対する変化を比べたところ、バレーボール選手は、剣道選手に比べて作業開始直後から高い血流量を獲得しながら作業が遂行される傾向が認められ、これまでの報告とよく一致した。^{8, 9)}(図4)。

以上の検討から、剣道選手の筋持久力は、一般学生やバレーボール選手に比べて低く、バレーボール選手の筋持久力は、一般学生と剣道選手の中間にあり、筋持久力は、スポーツ種目に関係なく作業筋への血流量に依存されることが考えられた。

V. 要 約

剣道選手とバレーボール選手の前腕筋群の持久力と血流量を測定し、一般学生のそれらと比較検討した。剣道選手の筋持久力は、一般学生とバレーボール選手に比べて低い値を示した。また、バレーボール選手の筋持久力は、剣道選手と一般学生の中間にあった。

作業筋への血流量についても、剣道選手とバレーボール選手は、一般学生に比べて低い値を示した。また、剣道選手の血流量は、バレーボール選手に比べて低い値を示した。さらに、筋持久力と血流量の間には、密接な関係が認められた。これらの結果から筋持久力は、スポーツ種目に関係なく作業筋への血流量に依存されると考えた。

文 献

- 1) Hansen, J. W. (1963): The training effect of dynamic maximal resistance exercise. *Int. Z. angew. Physiol. Arbeitsphysiol.* 19: 430-434.
- 2) 猪飼道夫, 宮村実晴 (1967): 心拍出量からみた全身持久性 2, *体育の科学*, 17: 344-349.
- 3) 猪飼道夫, 田口貞善 (1968): 筋の酸素摂取量と作業能力 (II), *体育の科学*, 18: 188-194.
- 4) Kagaya, A. and M. Ikai (1970): Training effects on musculare endurance with respect to blood flow in males and females of different ages. *Res. J. Phys. Educ.* 14: 127-134.
- 5) 加賀谷淳子 (1973): 末梢循環と筋持久力, *身体運動の生理学*, 猪飼道夫編, 杏林書院, P. 238-239.
- 6) 北村潔和, 松井秀治 (1975): 鍛練者と非鍛練者の作業後下腿血流量, *体育学研究*, 21: 87-93.
- 7) 北村潔和, 福田明夫, 有沢一男, 山地啓司 (1981): 加齢と性差からみた前腕の筋持久力と血流量の変動, *富山大学教養部紀要 (自然科学編)*, 14: 87-94.
- 8) 北村潔和 (1983): 鍛練者と非鍛練者の前腕の律動的作業中および回復期血流量, *松井秀治教授退官記念誌*, P. 219-223.
- 9) 北村潔和 (1984): 前腕の律動的作業中の血流量と筋持久力, *J. J. Sports Sci.* 3: 563-568.
- 10) 中西光雄, 寄金義紀, 伊藤幸子 (1963): 静的筋トレーニングが動的筋力及び筋持久力に与える影響について, *体育の科学*, 13: 10-17.
- 11) Rother, F. D., R. H. Rochelle and C. Hyman (1963): Exercise blood flow changes in the human forearm during physical training. *J. Appl. Physiol.* 18: 787-793.
- 12) Saltin, B. and P.-O. Åstrand (1967): Maximal oxygen uptake in athletes. *J. Appl. Physiol.* 23: 353-358.
- 13) Start, K. B. and J. S. Graham (1964): Relationship between the relative and absolute isometric endurance of a isolated muscle group. *Res. Quart.* 35: 193-204.
- 14) Vanderhoof, E. R., C. J. Imig and H. M. Hines (1961): Effects of muscle strength and endurance development on blood flow. *J. Appl. Physiol.* 16: 873-877.
- 15) Whitney, R. J. (1953): The measurement of volume changes in human limbs. *J. Physiol.* 121: 1-27.