

血管拡張能を高める運動トレーニングの条件

日本女子体育大学 大森 芙美子
(共同研究者) 同 清水 静代

The Determinant in Exercise Training for Improving Dilation Capacity of Blood Vessel During Exercise

by

Fumiko Ohmori, Shizuyo Shimizu
*Japan Women's College of Physical Education,
Research Institute of Physical Fitness*

ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the exercise intervals to augment blood flow to exercising region and to determine the effect of dynamic plantar flexion exercise training on dilation capacity of blood vessel during exercise. Based upon the time to reach peak blood flow after contraction, the exercise intervals were set up Eighteen healthy female subjects performed dynamic plantar flexion exercise. Blood velocity signal and vessel diameter of the popliteal artery were measured using ultrasound Doppler method and ultrasound B-mode method. In experiment A, the time from immediately after single contraction to peak blood flow was determined. Three different exercise intervals were set up at 10, 30 and 50% of the time to peak blood flow, respectively. No difference in blood flow was made among three exercise intervals. In experiment B, 2 times of exercise training were performed 4 times a week for 3 weeks; one consisted of exercise with the interval at 20% of the time to peak blood flow (T_A) group and the other at 100% (T_B) group. Peak blood flow after exercise tended to increase after training in both groups. However, the rate of

blood flow increase in T_A group was significantly ($p < 0.05$) higher than that in T_B group. The results suggest that the dilation capacity of blood vessel during exercise increased by training using exercise intervals set up at time before reaching peak blood flow.

要 旨

本研究は、1) 運動時の血流量の増加を高める運動間隔を明らかにすること、2) 動的足底屈運動トレーニングが血管拡張能に与える効果について検討すること、を目的として実験を行った。運動間隔は、運動後血流量が最高値に達する時間を基準とし、設定した。健康な成人に（実験1：6名、実験2：12名）、仰臥位における動的足底屈運動を行わせ、その時の膝窩動脈血流量を測定した。実験1では、1回の運動後血流量が最高値に達する時間を基準とし、その10、30、50%の時間を2回連続運動の運動間隔に設定し、運動後血流量最高値を比較した。その結果、異なる運動間隔における血流量の相違はみられなかった。実験2では、週4回、3週間のトレーニング実験を行った。運動間隔時間を血流量が最高値に達する時間の20%の時間を用いた群（ T_A 群）と最高値に達した時間を用いた群（ T_B 群）に分け、血管拡張能に対する効果を検討した。その結果、両群とも運動中および運動後血流量最高値がトレーニング後で高くなる傾向を示し、その増加は T_B 群と比較して T_A 群で有意（ $p < 0.05$ ）に高くなった。以上の結果より、3週間の動的足底屈運動トレーニングでも血管拡張能を増大させ、その効果は血流量が最高値に達する前に次の運動を行うという運動間隔を用いた運動条件で顕著であることが示された。

目 的

拍出された血液が運動時には重点的に活動筋へ

配分されるという循環系の応答は、エネルギー消費のための酸素供給や血管内に放出される老廃物の除去など、多様な働きを促すことから運動を持続する上で重要な要素となる。そのため、いかに血流量を活動筋へ送るかが、長時間運動を持続するための規定因子となる。

動的運動の特性は、筋の収縮と弛緩を繰り返すことである。動的運動に対する活動筋血流量は、筋が収縮している時相では減少し、弛緩している時相では顕著な増加を示す^{2, 3, 9, 10}。したがって、運動の間隔、すなわちテンポは活動筋への血流量を左右する重要な条件である⁷。そして、血流量は筋収縮時間より筋弛緩時間に影響されることが報告されており⁶、動的運動における筋弛緩期が血流量増加に与える影響は大きいと考えられる。また、運動後血流量が安静レベルに戻る前に次の収縮を開始するほうが、安静レベルに戻った後に開始するよりも運動後血流量の増加が大きい⁴ことも報告されている。そこで本研究では、筋活動期の血流量の時間的な変化を調べ、そのどの時相で次の活動が行われると血流量がより増加するかを明らかにすることとした。

一方これまで、筋の持久力向上を目的としたトレーニング実験が多く行われてきたが、血流量を増加させるかどうかについては必ずしも一致した結果は得られていない。局所的なトレーニングによって血流量が増加したとする報告^{9, 15, 19}に対し、最大下運動では血流量に効果を与えなかったという報告¹¹もある。このような矛盾した結果が得られた理由の1つに筋持久力に貢献する血流供給能、

つまり最大血管拡張能を評価していなかったことが考えられる。

血流供給能は最大血管拡張能によって評価することが可能であり、これまでの報告では、動脈閉塞解除後の血流量最高値が用いられてきた。しかし、運動時の血流量は動脈閉塞解除後に起こる代謝性血管拡張による血流量最高値には達しない¹⁹⁾。これは、運動時の活動筋血流量は、運動時の血管拡張性因子と血管収縮性因子、灌流圧と筋内圧などの相互作用によって決まる⁸⁾からである。そのため、活動筋血流量を高めるためには活動筋内の血管の拡張作用を優位に働かせることが必要であるが、このような活動筋の血管拡張能を高めることを目的としたトレーニング条件は明らかになっていない。

以上のことから、運動時の筋血流量を高める血管拡張能の向上という観点から最も効果的な運動条件を検出することを目的とし、1) 各個人の筋弛緩期血流量の変化から運動間隔の設定を行ない、血流量を増加させる運動条件を明らかにすること、2) 最大血流量が発現する条件を基準として設定した運動で2種のトレーニングを遂行し、血流量に対する効果の相違を明らかにする、という2種の実験を行った。

1. 方法

1.1 被検者

被検者は、健康な成人とし、実験1で6名、実験2で12名（このうち4名をトレーニングA群(T_A), 4名をトレーニングB群(T_B), 残りの4名をコントロール群(C群)とした。被検者には事前に研究の目的、方法、実験に伴う危険性を十分に説明し、書面により実験参加の同意を得た。また、本研究の内容は、日本女子体育大学の人を対象とする実験・調査等に関する倫理委員会承認されている(申請番号2004-5)。

1.2 実験方法

A. 運動方法

被検者は、脚エルゴメータを用い、足関節角度を90度から100度に底屈させる動的な足底屈運動を仰臥位姿勢で行った。運動はメトロノームの電子音に合わせて、足関節角度を90度から100度に底屈させる時間を0.5秒、100度の時間を保持する時間を0.5秒となるよう角度変化(角度トランスデューサー:日本光電社製)をモニターしながら練習させた。

B. 運動プロトコール

実験1: 単発および2回連続運動による血流量の変化

足関節底屈運動を1回行い、血流量の時間的変化を観察した。そして、運動終了直後から血流量が最高値に達するまでの時間を基準(100%)とし、その10、30、50%の時間を運動間隔に設定し(図1)、2回の連続動的足底屈運動を行った。運動の負荷強度は、足関節角度90度で測定した等尺性最大足底屈筋力(MVC)の30、50、70%とした。

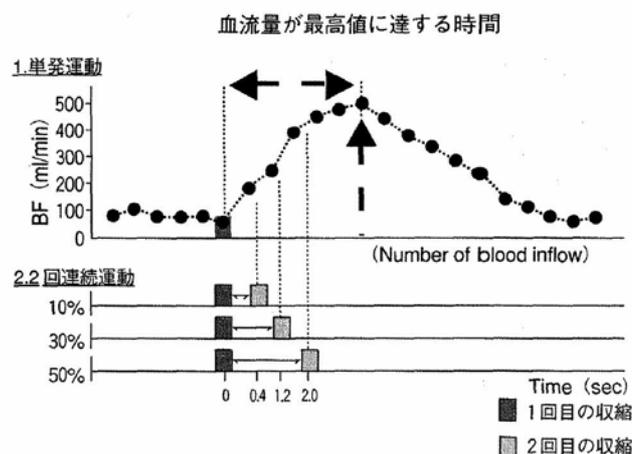


図1 運動プロトコール

実験2: トレーニングによる血流量変化

a) トレーニングの方法

右足での動的足底屈運動を仰臥位姿勢で行った。負荷は50%MVCとした。両トレーニング群とも

筋活動時間を1.0秒とし、運動間隔を、 T_A 群では単発運動後血流量が最高値に達するまでの時間の20%、 T_B 群では100%とした。両群のトレーニング条件は負荷強度を固定し、頻度と時間を変えることにより両群の仕事量が同じになるようにした。トレーニングの期間は3週間、頻度は週4回であった。その期間、C群には普段と同じ生活を送るよう指示した。

b) トレーニング効果の判定

トレーニング効果を判定するために、トレーニング前後でMVC測定と5分間の一定負荷運動テストを行った。筋活動時間を1.0秒とし、運動間隔時間を単発運動後血流量が最高値に達するまでの時間の20%とした。この条件を設定した理由は、第1実験の結果が負荷強度50%MVC、頻度、運動間隔が血流量が最高値に達する20%としたときに血流量最高値が得られたからである。

1. 3 測定方法

実験はすべて室温26℃、相対湿度60%に調節した実験室内で行った。

A. 膝窩動脈の血流速度、膝窩動脈の血管径測定方法

膝窩動脈血流速度と血管径の測定には、循環器用超音波診断装置 (Hewlett Packard, GP8500) を使用した。はじめに、Bモード法により、7.5MHzの探触子を膝窩動脈皮膚上に接触させて血管断層図を記録した。そして、パルスドップラー法に切りかえて、膝窩動脈血流速度波形を継続的にVTRに録画した。

実験後、VTRに録画した記録から血管径および血流速度波形の分析を行った。両実験の安静時と回復期、さらに実験1の2回連続運動中においては、1心周期に対応する血流速度波形を超音波画面上で計測し、血流速度波形積分値と血管横断面積の積から1パルスに流入する血流量を算出し、さらに1分間あたりのR-R間隔数を掛け合わせる

ことにより、1心周期ごとの血流量を算出した。実験2における運動中の分析は、筋活動期と活動中止期を1運動周期とし、5周期の血流速度の平均値を算出し、血管横断面積を掛け合わせ、1分間あたりの血流量を算出した。

血管径は心臓の収縮期と拡張期とで相違があるため、血流量算出に用いる血管径は、心臓の収縮期と拡張期に合わせて計測し、次のように平均血管径を算出した。

膝窩動脈血管径 = 心収縮期血管径 \times 1/3 + 心拡張期血管径 \times 2/3.

B. 血圧

血圧は、心臓と同じ高さになるように設定した左手の中指にFinger Cuffを装着し、Finapres血圧モニター (Ohmeda, Finapres2300) を用いて測定した。

1. 4 統計処理

得られた変数の群の値は、平均値 (Mean) \pm 標準誤差 (SE) で表した。3群以上の群間の差の検定には、繰り返しのある一元配置の分散分析を用い、有意差が認められた場合、群間の差の検定にFisher's PLSDを用いた。さらに、各変数が2要因で分類される群の差の検定には、繰り返しのある二元配置の分散分析を用いた。トレーニング前後の平均値の差の検定には、対応のあるt検定を用い、いずれも危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

2. 結果

2. 1 実験1：単発および2回連続運動による血流量の変化

1) 血流量が最高値に達する時間

単発運動後に血流量が最高値に達する時間を表1に、2回連続運動後に血流量が最高値に達する時間の範囲を表2に示した。2回連続運動後に血流量が最高値に達する時間は単発運動と比較する

表1 各被験者における血流量が最高値に達する時間

被験者	A	B	C	D	E	G	Mean	SE
30%MVC	4.74	3.89	4.33	5.31	3.42	3.54	3.99	0.89
50%MVC	5.34	3.05	4.52	5.57	2.31	4.84	4.11	1.27
70%MVC	4.42	5.43	5.25	4.64	2.79	4.5	4.51	0.94

(単位;秒)

表2 2回連続運動後の血流量が最高値に達する時間の範囲

強度/運動間隔	10%interval	30%interval	50%interval
30%MVC	2.2-2.8	2.1-3.1	2.1-3.2
50%MVC	2.0-2.7	2.4-2.9	2.6-2.8
70%MVC	2.2-3.2	2.3-3.5	2.0-3.1

(単位;秒)

と短縮し、単発運動後の血流量が最高値に達する時間の40-80%に相当した。

2) 異なる運動強度、運動間隔時間での血流量変化

2回連続運動後の血流量最高値を異なる運動強度、運動間隔で比較したものを図2に示した。各運動間隔で比較すると、いずれも有意な変化はみられなかった。また、強度別に比較すると3種の運動間隔とも30%MVCに対し、50、70%MVCで有意 ($p < 0.05$) に高い値を示した。

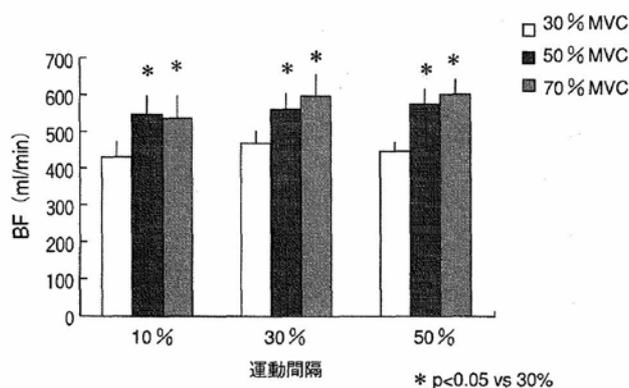


図2 異なる運動間隔、運動強度における2回連続運動後の血流量最高値

2.2 実験2: トレーニングによる血流量変化

1) トレーニング前後の最大足底屈筋力

トレーニング前後のMVCは、 T_A 群 ($30 \pm 6, 32 \pm 7$ kgw), T_B 群 ($44 \pm 4, 44 \pm 3$ kgw), コントロール群 ($31 \pm 4, 29 \pm 4$ kgw) とともに有意な

変化はみられなかった。

2) トレーニング前後の単発運動後血流量最高値と最高値に達する時間

トレーニング前後における単発運動後血流量最高値は、 T_A 群で 622 ± 52 ml/min と 537 ± 75 ml/min, T_B 群で 624 ± 31 ml/min と 628 ± 124 ml/min となり、有意な差はみられなかった。また、最高値に達する時間も T_A 群 (前: 3.14 ± 0.8 , 後: 2.84 ± 0.3 秒), T_B 群 (前: 2.46 ± 0.7 , 後: 2.61 ± 0.8 秒) とともに有意な差はみられなかった。

3) 一定負荷運動におけるトレーニング効果

(ア) 運動中血流量の経時的变化

図3には、5分間の一定負荷運動中の血流量の経時的变化を T_A 群 (図3-a), T_B 群 (図3-b) に分けて示した。 T_A 群のトレーニング前における運動中血流量は、運動開始から時間とともに有意 ($p < 0.01$) に増加したが、2分以降有意な増加は示さなかった。トレーニング後の血流量は、0.5, 1分に対し、2.5分以降に有意な ($p < 0.05$) 増加を示した。 T_B 群のトレーニング前における運動中血流量は、1, 2分目の値に対して、3.5分以降に有意 ($p < 0.05$) に高い値を示したが、4分目以降の変化は有意ではなかった。トレーニング後の血流量は、運動開始から時間とともに有意 ($p < 0.05$) に増加したが、4分目以降の変化は有意

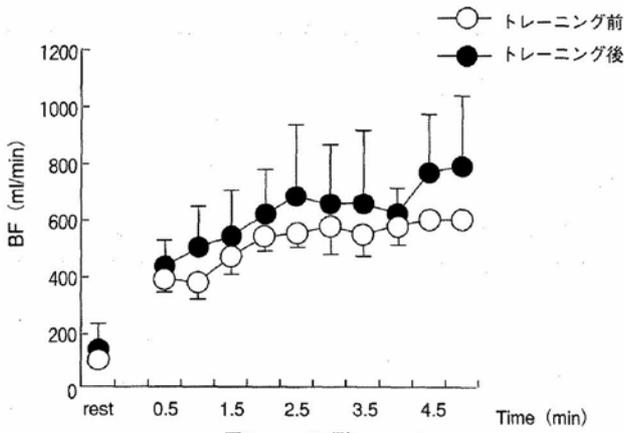


図3-a T_A群

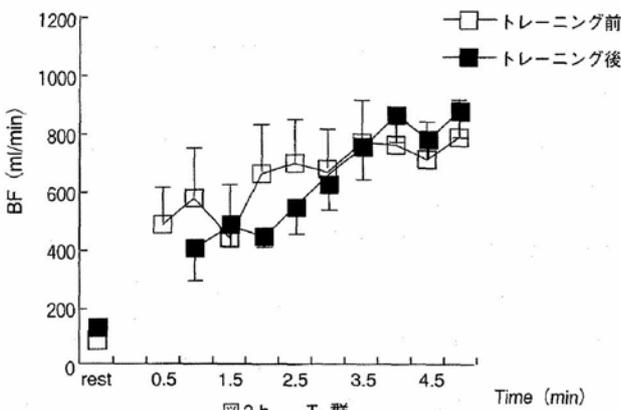


図3-b T_B群

図3 一定負荷運動時における血流量のトレーニング効果
T_A群: 運動間隔を単発運動後血流量が最高値に達する時間の20%の時間を用いた群
T_B群: 運動間隔を単発運動後血流量が最高値に達する時間の100%の時間を用いた群

ではなかった。

(イ) 運動中血流量最高値

一定負荷運動中に得られた血流量のうち、最も高い値をトレーニング前後で比較したところ、T_A群で694 ± 44から859 ± 208ml/min、T_B群で825 ± 155から882 ± 89ml/min、とトレーニング後に高い値を示す傾向が示された。

(ウ) 運動後血流量最高値

一定負荷運動後に得られた血流量最高値をトレーニング前後で比較したものを図4に示した。T_A、T_B群ともトレーニング後で増加する傾向を示し、その割合はT_A群で大きかった (p = 0.07)。また、トレーニング前後での血流量最高値の増加率をT_A群とT_B群で比較したところ、T_B群に比

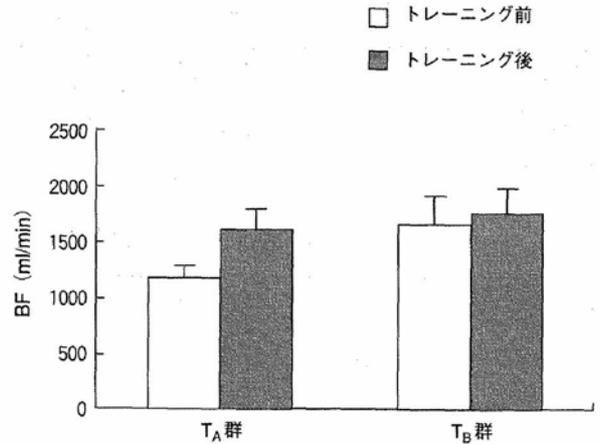


図4 運動後血流量最高値のトレーニング効果

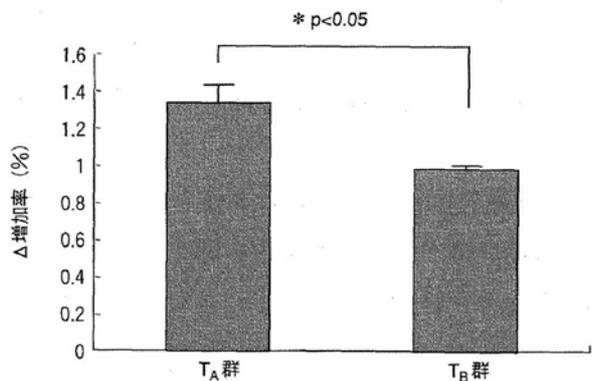


図5 トレーニングにおける運動後血流量の増加率

べT_A群で有意 (p<0.05) に高い値を示した (図5)。

(エ) 血圧および血管コンダクタンス

一定負荷運動時の血圧、および血管コンダクタンス (血流量/平均血圧) は、T_A、T_B群とも時間と共に増加したが、トレーニング前後で有意な変化はみられなかった。

3. 考察

本研究では、血流量が最高値に達する時間の50%より短い時間を運動間隔に用いた場合、血流量最高値に相違がみられないこと、また血流量が最高値に達する前に次の運動を行う運動間隔を用いた場合、3週間の動的足底屈運動トレーニングによって血管拡張能が増加することが示された。

運動開始時の血流量の増加は、極めて早く、1-2秒程度のわずかな筋収縮でも、血流はただちに

増加し、最高値に達する²⁰⁾。またこの応答は、個人によって異なることが報告されている⁵⁾。本研究でも同様の結果が得られ、1.0秒の収縮後に血流量は直ぐに増加し、最高値に達した。また、最高値に達するまでの時間は、被検者によって異なることが示された(表2)。先行研究により、運動後血流量の回復レベルが次の運動を行った後の血流量に影響を与えることが報告されている⁴⁾。これらのことから、本研究では、一定時間の運動間隔を用いるのではなく、個人の運動後血流量変化を基準とした運動間隔の設定を個別に行った。その結果、単発運動後血流量が最高値に達した時間の10、30、50%の時間を運動間隔に用いた時の血流量には、有意な変化がみられなかった。著者らが以前行った実験では、血流量が最高値に達した時と達する前後で2回目の運動を行った時の血流量を比較した場合、最高値に達する時間より短い運動間隔では、血流量増加が最も高いことが示されている。それに対して、最高値に達した時間より長い運動間隔で行うと血流量増加が最も小さく、1回運動時血流量最高値と相違がみられないことが報告されている¹⁷⁾。最高値に達する時間より短い時間については、最高値に達する時間の50%を用いたものしか検討されていなかった。本研究では、その運動間隔時間よりもさらに短い運動間隔を設定して検討した。これらの結果をまとめると、運動間隔を血流量が最高値に達した50%より長い時間に設定された運動頻度間では、その時間が長くなるほど血流量が減少するが、血流量が最高値に達した時間の50%よりも短く設定した運動頻度では、血流量の増加に差がみられないことが示された。すなわち、連続運動の血流量は単発運動の血流量が最高値に達する時間の10-50%に相当する間隔で繰り返された時に最高値を示すことが明らかとなった。

次に本研究では、血管拡張能を高めるトレーニング条件を明らかにするための第1段階として、

血流量が最高値に達する20%の時間を運動間隔に用いたトレーニングを行う群と血流量が最高値に達した時間を運動間隔に用いたトレーニングを行う群に分け、トレーニング効果を検討した。この2群の相違点は、運動間隔を血流量が最高値に達する前に次の運動を行うよう設定することによりトレーニング中に高い血流量が維持されること(T_A群)と血流量が最高値に達した時間で次の運動を行うよう設定することによりトレーニング中の血流量の増加が抑えられること(T_B群)である。

一定負荷運動中の血流量をトレーニング前後で比較すると、T_B群では変化がみられないが、T_A群ではトレーニング前に対し、トレーニング後で高くなる傾向を示した(図3)。これは加賀谷ら¹²⁾の報告と一致する。このことは、一定物理的仕事を遂行するにあたる血流供給が増加したことが推察される。しかし、先行研究では、トレーニングによって筋の代謝^{13, 16, 21)}が向上することが示されており、最大下運動時の血流量が減少する¹¹⁾ことが示されている。本研究では、運動後最大血流量はトレーニング後に増加したが、最大下運動時の血流量の減少はみられなかった。このことは、本トレーニングでは、血流供給量を増加させるが、酸素の取込みは向上しなかったことを示唆している。その理由として、本研究で用いたトレーニング期間が3週間であり、先行研究の4-6週間と比較して短期間であったことによる可能性が考えられる。

次に運動後血流量の最高値をトレーニング前後で比較すると両群ともトレーニング後で増加する傾向を示した。さらにトレーニング後の血流量最高値の増加の割合が、血流量が最高値に達する20%の時間の運動間隔を用いた群、つまりトレーニング時の血流量増加を高く維持させた群で高くなることが示された。トレーニングによる活動筋血流量の増大は、局所的な血管拡張能の向上¹⁹⁾

や毛細血管数の増加¹⁸⁾、毛細血管の内腔面積の増大¹⁴⁾が背景として起こると考えられている。本研究でのT_A群は、T_B群と比較しトレーニング後の血流量増加が高かったという結果は、トレーニング中の血流量をより増大させるトレーニングによって、血流量増加のための適応がよりよく行われたことを示唆している。

単発運動後血流量が最高値に達する時間には個人差があるものの、トレーニング前後での有意な変化はみられなかった。このことは本研究のように、血流量が最高値に達する時間を基準とし、個別対応の運動間隔を設定することにより、運動に対する血流応答が個人によって異なるという特性を考慮した運動条件の算出に役立つと考えられる。

以上のことから、血流量が最高値に達する前に次の運動を行うという運動間隔を用いることで、3週間の動的足底屈運動トレーニングが血管拡張能を増大させることが示された。

4. まとめ

本研究では、個別対応型の血流量を増大させる運動間隔と負荷の条件を検討し、さらにトレーニング条件の相違によって、血流量に対する効果がどのように異なるかを明らかにした。トレーニング条件を算出するために3週間の持続的トレーニングを行って、効果を比較した。

単発運動後の血流量が最高値に達する時間を基準とし、その時間の10、30、50%を運動間隔として用いた場合、血流量最高値に有意な変化はみられなかった。

血流量が最高値に達する前に次の運動を行うという運動間隔を用いた運動条件では、3週間の持続的トレーニングで血管拡張能を向上させることが示された。それに対し、血流量が最高値に達する時間を運動間隔に用いた条件では、血管拡張能に対するトレーニング効果は少なかった。また血流量が最高値に達する時間はトレーニングによっ

て変化しないことから、その時間を基準に設定した運動間隔を用いることで運動に対する血流量の応答が個人で異なるという特性を考慮する運動条件の有効性を示唆すると考えられる。

謝 辞

本研究に対し助成頂いた(財)石本記念デサントスポーツ科学振興財団に深く感謝致します。本研究を遂行するにあたり、懇切丁寧な御指導、御校閲をいただきましたまた加賀谷淳子教授(日本女子体育大学)に慎んで心より感謝致します。また、本実験にご協力頂いた日本女子体育大学の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 1) Bark, H., Supinski, G.S., Lamanna, J.C. and Kelsen, S.G.: Relationship of changes in diaphragmatic muscle blood flow to muscle contractile activity. *J. Appl. Physiol.* 62: 291-299 (1987)
- 2) Brock, R.W., Tschakovsky, M.E., Shoemaker, J.K., Halliwill, J.R., Joyner, M.J. and Hughson, R.L.: Effect of acetylcholine and nitric oxide on forearm blood flow at rest and after a single muscle contraction. *J. Appl. Physiol.* 85: 2249-2254 (1998)
- 3) Corcondilas, A., Koroxenidis, G.T. and Shepherd, J.T.: Effect of a brief contraction of forearm muscle on forearm blood flow. *J. Appl. Physiol.* 19: 142-146 (1964)
- 4) Elsner R.W. and Carlson, L.D.: Postexercise hyperemia in trained and untrained subjects. *J. Appl. Physiol.* 17: 436-440 (1962)
- 5) Hoelting, B. D., Scheuermann, B. W. and Barstow, T.: Effect of contraction frequency on leg blood flow during knee extension exercise in humans. *J. Appl. Physiol.* 91: 671-679 (2001)
- 6) Kagaya, A.: Reduced exercise hyperaemia in calf muscles working at high contraction frequencies. *Eur. J. Appl. Physiol.* 64: 298-303 (1992)
- 7) 加賀谷淳子: 運動時の筋血流量. 体育学研究. 46: 429-442 (2001)
- 8) Kagaya, A. and Ikai, M.: Training effects on

- muscular endurance with respect to blood flow in males and females of different ages. *Research Journal of Physical Education* 14 : 129-136 (1970)
- 9) Kagaya, A. and Ogita, F.: Blood flow during muscle contraction and relaxation in rhythmic exercise at different intensities. *Ann. Physiol. Anthropol.* 11 : 251-256 (1992)
- 10) 加賀谷淳子, 西田ますみ, 柳田美佳ほか: 30% MVC強度の筋持久力トレーニングが最大および最大下の前腕運動時循環系応答に及ぼす影響. *J. Exerc. Sci.* 5 : 17-24 (1995)
- 11) 加賀谷淳子, 本間幸子, 久埜真由美: 20% MVC強度の持久的トレーニングが運動時循環系応答に及ぼす影響. 平成5年度科学研究費補助金報告書: 6-9 (1994)
- 12) Kaijiser, L., Sundberg, C.J., Eiken, O., Nygren, A., Esbjornsson, M., Sylven, C. and Jansson, E.: Muscle oxidative capacity and work performance after training under local leg ischemia. *J. Appl. Physiol.* 69 : 785-787 (1990)
- 13) 狩野豊, 七五三木聡, 増田和美ほか: 異なる強度の持久性トレーニングが心室筋の毛細血管形態に及ぼす影響. *体力科学.* 45 : 511-518 (1996)
- 14) 北村潔和: 前腕の筋持久力トレーニングが作業中及び回復期血流量に及ぼす影響. *体力科学.* 35 : 127-133 (1986)
- 15) Minotti, J.R., Johnson, E.C., Hudson, T.L., et al : Training-induced skeletal muscle adaptations are independent of systemic adaptations. *J. Appl. Physiol.* 68 : 289-294 (1990)
- 16) 大森美美子, 清水静代, 加賀谷淳子: 筋収縮弛緩時間比からみた運動時最高血流量の発現条件. *体力科学.* 51 : 620 (2002)
- 17) Saltin, B. and Gollnick, P.D.: Skeletal muscle adaptability, Significance for metabolism and performance. In *Handbook of Physiology, Skeletal muscle* Bethesda, M.D., *Am. Physiol. Soc., chap.* 19 : 555-631 (1983)
- 18) Sinoway, I., Shenberger, J., Wilson, J., McLaughlin, J., Musch, J. and Zelis, R. : A 30-day forearm work protocol increases maximal forearm blood flow. *J. Appl. Physiol.* 62 : 1063-1067 (1987)
- 19) Wesche, J. : The time course and magnitude of blood flow changes in the human quadriceps muscles following isometric contraction. *J. Physiol.* 377 : 445-462 (1986)
- 20) Varnauskas, E., Bjorntorp, P., Fahlen, M., Prerovsky, I. and Stenberg, J.: Effects of physical training on exercise blood flow and enzymatic activity in skeletal muscle. *Cardiov. Res.* 4 : 418-412 (1970)