

運動時の骨格筋における新しい血流再分配指標

和田 攻^{*} 麻野井英次^{*} 宮城 匡子^{*}
石坂 真二^{*} 亀山 智樹^{*} 篠山 重威^{*}
瀬戸 光^{**} 渡辺 直人^{**} 二谷 立介^{**}

〔はじめに〕

骨格筋への栄養血流量は、酸素消費量と密接に関係し、心拍出量と臓器血管の血管抵抗の両者により決定される。すなわち、運動強度の増加に伴い、運動筋では代謝性血管拡張が起こり、また非運動臓器では、交感神経系の作用により血管収縮が生ずるため、心拍出量は運動筋へ選択的に再分配される¹⁾。一方、慢性心不全では運動筋における血管拡張特性の低下が運動筋血流の増加を障害することが報告されている²⁾³⁾。このような運動における血流再分配の重要性にもかかわらず、これまで血流再分配の程度を定量的に表す指標はなかった。

〔目的〕

今回我々は、運動筋と非運動筋の血流分配を一側下肢運動時の左右下肢血流比で定量化し、その有用性を検討した。

〔対象と方法〕

健康男性10例、年齢(36±13歳、平均±標準偏差)を対象とした。一側下肢運動は、坐位自転車エルゴメータを用いた多段階負荷試験により20 watts/分から毎分10wattsずつ漸増する ramp 法で行った。呼気ガス分析から anaerobic threshold (AT) と下肢疲労による症状限界性最大負荷量 (peak) を決定し、各運動レベルの酸素消費量を求めた。AT は、図1に示すように、呼気終末二酸化炭素分圧 (ETCO₂) の変化を伴わず、呼気終末酸素分圧 (ETO₂) が増加し始める点、または、運動時 VO₂-VCO₂ 関係の変曲点とした。安静時、AT ならびに peak の各負荷量時における下肢筋血流比を検討する目的で、日を変えて3回、²⁰¹Tl 1.5mCi を前腕肘静脈から静注した。その後さらに、30秒から1分間運動を継続した。²⁰¹Tl 全身シンチグラフィは、被験者を仰臥位とし、²⁰¹Tl 静注10分後から低エネルギー汎用コリメータを装着した大視野角形ガンマカメラを使用して、全身の前面像ならびに後面像を撮像し、静注後30分以内にスキャンを終了した。図2に示すように、下肢骨格筋における血流分布を定量的に解析するため下肢各部に関心領域を設定した。すなわち、大腿部は前面像にて臀部下縁から膝関節まで、下腿部は後面像にて膝関節から足関節までとした。ここで、両下肢筋肉量と動脈圧は等しいことから、運動筋と非運動筋の²⁰¹Tl カウント比 (EX/R) は、再分配を決定する血管抵抗比を反映する。

〔結果〕

一側下肢運動負荷試験における酸素摂取量は、安静時 252 ± 26ml/min に対し、AT 時 1024 ± 181ml/min、peak 時 1494 ± 432ml/min と AT 時での酸素摂取量は、peak 時の約70%に相当した。図3は、26歳健康男性にておこった安静時と AT 時ならびに peak 時における²⁰¹Tl 全身シンチグラフィ (前面像、後面像) である。安静時には、大腿、下腿ともに左右の²⁰¹Tl 取り込みは等しく、カウント比はほぼ1.0であった。負荷時、運動における²⁰¹Tl 取り込みは著明に増加し、運動筋と非運動筋の²⁰¹Tl カウント比は、大腿筋において AT 時で4.7、peak 時では4.6、下腿筋においては、AT 時5.0、peak 時では4.3と増大した。図4は、全例の大腿筋における運動側と非運動側の²⁰¹Tl カウント比の変化を示す。²⁰¹Tl カウント比は、安静時で1.1に対し、AT 時では約4倍に増大し運動筋側に著明な血流再分配が生じていることがわかる。しかし、peak 時の比は、AT 時と差はなかった。下腿筋においても同様に²⁰¹Tl カウント比は、AT 時で約4倍に増大したが、peak 時との間には差はなかった (図5)。かかる成績は、運動時、AT 時にすでに peak 時とほぼ同程度の血流再分配が起こっていることを示唆する。

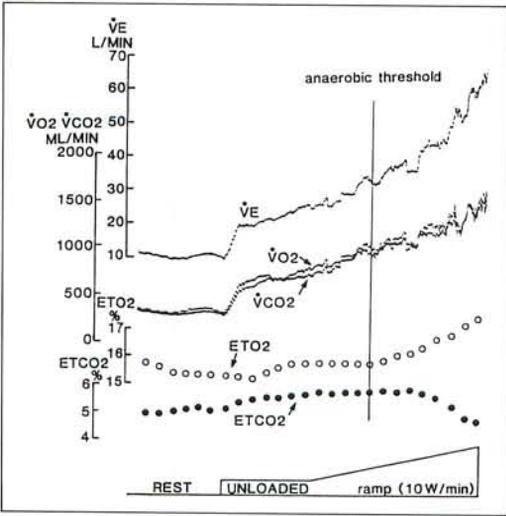
〔結論〕

一側下肢運動時の左右下肢筋血流比は、AT、peak とも安静時の約4倍に増大したが、AT と peak では差はなかった。従って、運動筋への血流再分配は嫌氣的運動よりも好氣的運動時により大きいことが示唆される。以上より、²⁰¹Tl を用いた一側下肢運動時の左右下肢血流比は、骨格筋血流再分配の定量的指標として有用と考える。

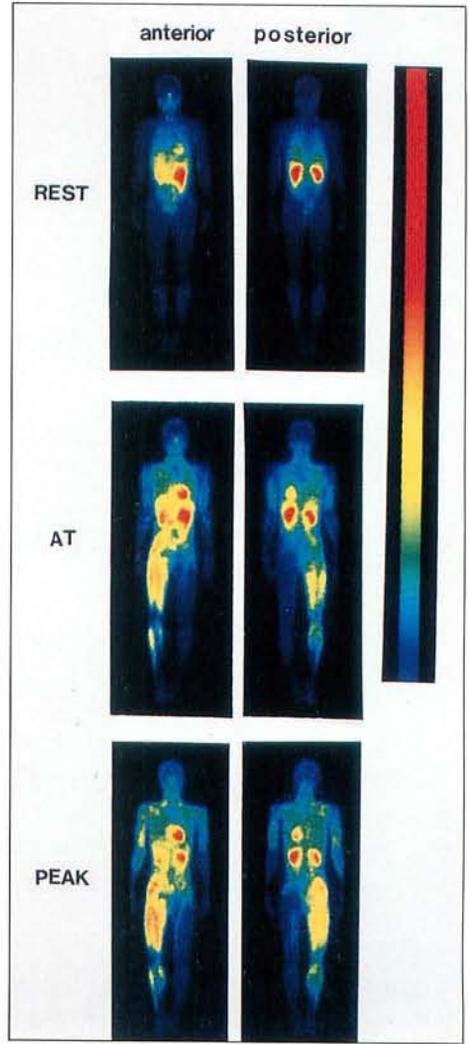
〔参考文献〕

1. Francis G : Hemodynamic and neurohumoral responses to dynamic exercise : normal subjects versus patients with heart disease. *Circulation* 1987 ; 76 (suppl VI) : 11-17
2. Zelis R, et al. : A comparison of regional blood flow and oxygen utilization during forearm exercise in normal subjects and patients with congestive heart failure. *Circulation* 1974 ; 50 : 137-143
3. Zelis R, et al. : A comparison of the effects of vasodilator stimuli on peripheral resistance vessels in normal subjects and in patients with congestive heart failure. *J Clin Invest* 1968 ; 47 : 960-970

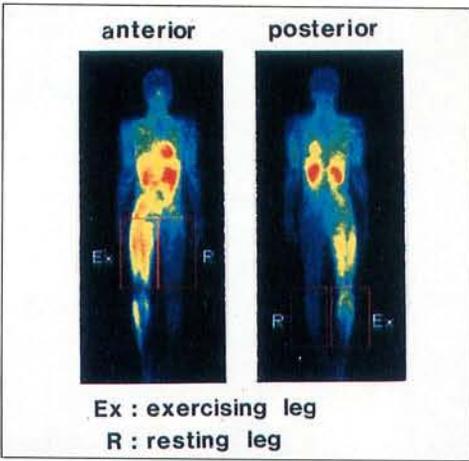
※富山医科薬科大学 第二内科
※※ 同 放射線科



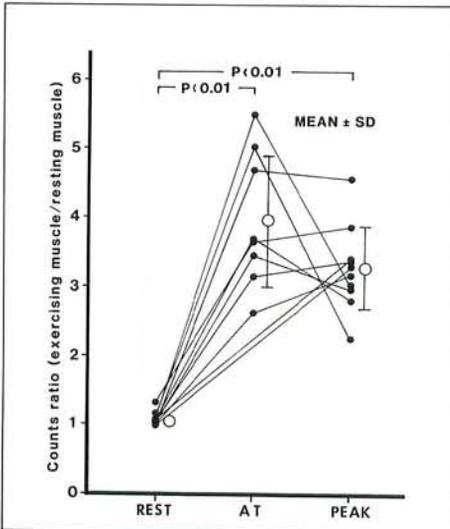
▲ 1 One leg cardiopulmonary exercise



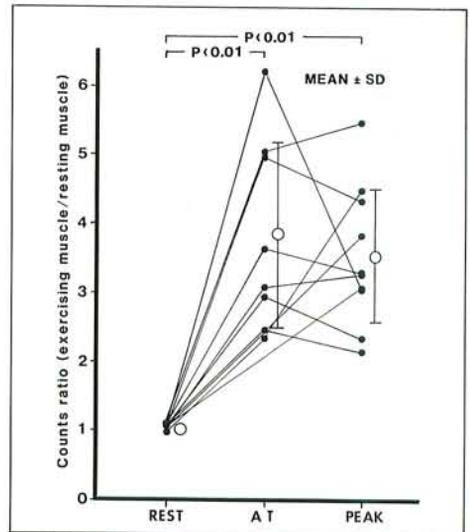
▲ 3 ^{201}Tl whole body images



▲ 2 Evaluation of leg blood flow distribution



▲ 4 Blood flow response of thighs to one leg exercise



▲ 5 Blood flow response of calves to one leg exercise