

氏名(国籍)	裴 祥 容 (韓 国)
学位の種類	博 士 (体育科学)
学位記番号	博 甲 第 2219 号
学位授与年月日	平成 12 年 1 月 16 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	体育科学研究科
学位論文題目	Contribution of Oxidative Metabolism in Working Skeletal Muscle during Supramaximal Exercise (超最大運動中の作業骨格筋内における酸化的代謝の貢献度)
主 査	筑波大学教授 教育学博士 芳 賀 脩 光
副 査	筑波大学教授 医学博士 浅 見 高 明
副 査	筑波大学助教授 理学博士 岡 田 守 彦
副 査	筑波大学助教授 学術博士 西 平 賀 昭
副 査	筑波大学助教授 博士(医学) 竹 田 一 則

論 文 の 内 容 の 要 旨

身体活動は作業骨格筋内のアデノシン 3 磷酸 (ATP) の分解によることはすでに知られている。しかし、筋内の ATP 貯蔵は制限されているため、ATP は分解のあと、直ちに、ほぼ同時に再合成される。身体活動に伴って、 O_2 delivery (酸素放出) は筋収縮性を維持するうえで無酸素的条件でも供給がなされるにちがいない。無酸素的エネルギー産生は運動が強く、かつ短い場合は特に重要で、通常、短時間高強度の運動中に生ずる work output は主に無酸素的エネルギー供給系を通して行われる。しかしながら、酸素摂取量はウインゲートテスト (W_{ANT} : 無酸素的条件下の最大運動テスト法) 中、時間の経過に伴って増大する。これに関し、高強度運動中のエネルギー産生の貢献について報告されているが、超最大ペダリング運動のような短時間の激運動中でさえ、ATP 生成が酸化磷酸化を通してある範囲で生じていると思われる。これまでの研究の不一致は非活動筋を含む体酸素摂取量をガス分析法によって行われたことによるのかも知れない。超最大運動に対する酸化代謝の貢献度については運動中の作業骨格筋における酸素消費からの検討が必要である。そこで、本論文の目的は非侵襲的な方法で超最大中の作業骨格筋における酸化的代謝能の貢献度を解明することである。

次のような研究企画がこの問題を解決するためになされた。

研究課題 I : Changes in oxygen content and blood volume in working skeletal muscle up to maximal exercise by near infrared spectroscopy-Changes at AT and exhaustion-

(近赤外分光法により検討した最大運動に至るまでの作業骨格筋における酸素含量と血液量の変化)

本研究は競技者群においては作業骨格筋における酸素供給能と消費が一般人よりも大きく、作業骨格筋における抹梢組織の酸素供給能を反映する血液量は両群とも最大酸素摂取量の 60-70% に相当する時点で限界が生じる。これらの結果は毛細血管床、ミトコンドリアの数と大きさ、酸化酵素活性、ミオグロビン等のような作業骨格筋における酸素拡散能と酸素抽出能の相違が関与するものであろう。

研究課題 II : Oxygenation and blood volume measured by NIRS in working skeletal muscle during supramaximal pedalling

exercise.

(近赤外分光法から検討した超最大ペダリング運動中の作業骨格近における酸化レベルと血液量)

動脈遮断における安静時の酸化レベルの低下率は $0.35 \pm 0.05\%/sec$ で、10 秒間運動、30 秒間運動における初期の10秒間の酸素化レベルの低下率は 6.66 ± 0.55 , $7.04 \pm 0.81\%/sec$ であった。これは次のようなことを指摘している。すなわち、酸素は超最大ペダリング運動中でさえも、作業骨格筋の中で明らかに利用される。そして、短時間の高強度中に有酸素系の ATP 産生による酸素利用があることを立証した。

研究課題Ⅲ： Oxidative metabolism in skeletal muscle measured during supramaximal exercise in sprinter and active control groups by near infrared continuous wave spectroscopy.

(スプリンター群、活動対照群における超最大運動中にみる骨格筋の酸化的代謝に対する近赤外分光法からの検討)

酸素派運動開始5秒以内に初期段階から利用される。近赤外分光法でみる骨格筋内の酸素化レベルは超最大ペダリング運動中、ATP-PCr系、解糖系を含む無酸素代謝過程で酸素なしでエネルギー産生を反映するものではない。スプリンター群と活動対照群の場合でも、ほぼ同じように酸素を伴った有酸素エネルギー産生が超最大運動中に骨格筋の中で生ずるかも知れない。従って、両群における power output の違いは ATP や PCr 貯蔵、筋線維タイプ (Type II b)、それらの分布、酵素活性、筋量などの相違によるものであろう。

研究課題Ⅳ： Comparison of muscle oxygen consumption measured by near infrared continuous wave spectroscopy during supramaximal and intermittent pedalling exercise.

(超最大運動と間欠的運動における筋酸素消費の比較)

動脈遮断時の酸素化レベルの低下率は骨格筋の酸素消費の速さを示すもので、 W_{ANT} 時の筋内酸素は $22.8 \mu MO_2/sec$ で、安静時の19倍となる。酸素化レベルの低下率は $8.73\%/sec$ となる。また、 W_{ANT} 中の酸素化レベルの低下率と最大酸素摂取量との間に有意な相関があり、これは酸素が運動初期の段階からATP再合成にいたるまで酸化的代謝機構を通して利用される。即ち、酸化的代謝能は超最大運動の寄与因子であると考えられる。

研究課題Ⅴ： Quantitative contribution of oxidative metabolism in human calf during supramaximal planter flexion exercise.

(超最大運動中における筋内酸化的代謝の貢献度)

NIR_{cws} (近赤外分光法) と ^{31}P -MRS との同時測定による骨格筋 (腓腹筋) の酸素摂取量は $1.67 \pm 0.29 \mu MO_2/sec$ である。筋の酸素は運動中、初期から終わりまで漸増的に増加する。無酸素エネルギー供給系を通してのエネルギー産生は2秒でピーク値に達し、運動が終わるまで時間の経過とともに次第に減少する。一方、有酸素的エネルギー供給系を通してのエネルギー産生は運動開始時から漸増し、運動15秒後から終わりまで有意に生じる。30秒間の運動の間、両方のエネルギー供給系を通して生じる平均的エネルギー産生は有酸素系で $0.33 \pm 0.03mM/sec$ 、無酸素系で $1.83 \pm 0.11mM/sec$ である。

審査の結果の要旨

短時間の超最大運動においては無酸素的機構で行われているにもかかわらず、運動開始4秒から酸素利用が生じること、また、これは一般人、競技者共に同様の結果を示すこと、また、作業骨格筋の酸素利用は $1.67 \mu \text{ MO}_2/\text{sec}$ から30秒間で $87.4 \mu \text{ MO}_2/\text{sec}$ まで上昇し、その消費量は安静時の52.3倍になることを実証した。加えて、その酸素を利用した有酸素系のエネルギー供給は安静時の $0.01 \text{ mMATP}/\text{sec}$ から30秒間で $0.53 \text{ mMATP}/\text{sec}$ まで増加し、超最大運動中の作業骨格筋内における酸化的代謝の貢献度は48.3%であることを結論している。すなわち、本研究は無酸素的代謝機構といわれる超最大運動時でも、実際は酸素が運動開始4秒から利用され、この貢献度はおよそ50%であることを世界で最初に発表した。筋生理学の分野において新しい学説を示した論文である。

よって、著者は博士（体育科学）の学位をうけるに十分な資格を有するものと認める。