

氏名(本籍)	すずき やす ひろ 鈴木 康 弘 (宮 崎 県)
学位の種類	博 士 (体育科学)
学位記番号	博 甲 第 2975 号
学位授与年月日	平成14年3月25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	短時間高強度運動パフォーマンスに影響する一要因としての緩衝能に関する研究
主査	筑波大学教授 医学博士 高松 薫
副査	筑波大学教授 医学博士 野村 武 男
副査	筑波大学講師 教育学博士 西保 岳
副査	筑波大学助教授 宮本 俊 和

## 論文の内容の要旨

### 1. 研究目的および課題

短時間高強度運動での乳酸蓄積に伴う筋pHの低下(乳酸性アシドーシス)は、筋疲労の主要な原因になることから、pHの低下を抑制する能力である緩衝能は、短時間高強度運動パフォーマンスを左右するきわめて重要な要因になっている。一方、緩衝能は重炭酸緩衝系と非重炭酸緩衝系に大別され、前者の指標には過剰CO<sub>2</sub>排出量(CO<sub>2</sub>excess)、後者の指標にはカルノシン濃度が用いられている。しかし、短時間高強度運動パフォーマンスがCO<sub>2</sub>excessやカルノシン濃度とどのような関係があるのか、あるいは各種の高強度トレーニングによってCO<sub>2</sub>excessやカルノシン濃度がどのように変化するのか、などについては十分に明らかにされていないのが現状である。本研究では、このような問題に答えるために、五つの研究課題について検討した。そのうち、研究課題1・2は重炭酸緩衝系に関するものであり、研究課題3・4・5は非重炭酸緩衝系に関するものであった。

### 2. 研究結果

#### (1) 過剰CO<sub>2</sub>排出量と短時間高強度運動パフォーマンスとの関係(研究課題1)

大学男子競泳選手5名を対象にして検討した結果、①回流水槽での漸増速度水泳運動テストにおけるCO<sub>2</sub>excess/BW/ΔLa(BW:体重, ΔLa:乳酸の増加量)と、定常速度水泳運動テストにおける最も速い流速(1.53m/s)での運動持続時間(60秒~85秒)との間に有意な正の相関関係( $r = 0.97$ ,  $P < 0.01$ )が認められたことから、重炭酸緩衝能の高い者ほど、短時間高強度運動において高いパフォーマンスを発揮できる可能性を示唆した。

#### (2) レジスタンストレーニングが過剰CO<sub>2</sub>排出量および高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響(研究課題2)

水泳サークルに所属する男子大学生10名を、スイムトレーニングのみを行うSWIM群とスイムトレーニングに週2回のレジスタンストレーニングを加えて行うCOMBINE群に分けて、8週間のトレーニングを行った結果、①COMBINE群はSWIM群と比較して、漸増負荷走テストにおけるCO<sub>2</sub>excess, CO<sub>2</sub>excess/BW/ΔLaの変化率が有意に高値を示し、スイムパフォーマンスの変化率も有意に高値を示したこと、②MRIでみた筋量の変化率とCO<sub>2</sub>excess/BW/ΔLaの変化率との間に有意な相関関係は認められなかったが、その関係をCOMBINE群とSWIM群に分けてみると、SWIM群では有意な負の相関関係が認められ、COMBINE群でも有意ではなかったが同様の傾向が認められたこと、などから、スイムトレーニングにレジスタンストレーニングを加えることによって、重炭酸緩衝系の

貢献度 ( $\text{CO}_2\text{excess}/\text{BW}/\Delta\text{La}$ ) は向上するが、その全緩衝に対する割合は筋量の増加によって低下する可能性のあることを示唆した。

(3) 筋pHの低下と骨格筋カルノシン濃度および短時間高強度運動パフォーマンスとの関係 (研究課題3)

スプリントトレーニングを行っている成人男性11名を対象にして検討した結果、①カルノシン濃度と $^3\text{PMRS}$ を用いて評価した動的膝伸展運動終了直後のpH ( $\text{pH}_{\text{end}}$ ) との間に有意な正の相関関係が認められ、pHの変化量 ( $\Delta\text{pH}$ ) との間に有意な負の相関関係が認められたこと、②30秒間全力ペダリングにおける平均パワーと $\text{pH}_{\text{end}}$ との間に有意な正の相関関係が認められ、 $\Delta\text{pH}$ との間に有意な負の相関関係が認められたこと、③30秒間全力ペダリングにおけるパワーの低下率と $\text{pH}_{\text{end}}$ との間に有意な負の相関関係が認められ、 $\Delta\text{pH}$ との間に有意な正の相関関係が認められたこと、などから、カルノシンは短時間高強度運動による筋pHの低下を抑制し、運動後半のパワーの低下を抑制する可能性のあることを示唆した。

(4) 骨格筋カルノシン濃度と筋線維組成および短時間高強度運動パフォーマンスとの関係 (研究課題4)

特別なトレーニングを行っていない男性11名を対象にして検討した結果、①カルノシン濃度と%Type IIXとの間に有意な正の相関関係が認められたこと、②カルノシン濃度と30秒間の全力ペダリングにおける平均パワーとの間には有意な正の相関関係が認められ、30秒間全力ペダリングを5秒ごとに6区間に分けた際の後半2区間における平均パワーとの間にも有意な正の相関関係が認められたこと、などから、カルノシンはType IIX線維に多く含まれていること、およびカルノシン濃度は乳酸が多量に蓄積するような短時間高強度運動パフォーマンス、特に運動後半のパフォーマンスを左右する一要因に成り得ることを示唆した。

(5) スプリントトレーニングが骨格筋カルノシン濃度および短時間高強度運動パフォーマンスに及ぼす影響 (研究課題5)

健康な一般男性6名を対象として、週2回8週間のスプリントトレーニング(30秒間の全力ペダリングをセット間に20分間の休息をはさんで2セット行う:レペティション法)を行った結果、①カルノシン濃度は有意に増加したこと、②%Type Iおよび%Type IIXは減少する傾向にあり、%Type IIAは有意に増加したこと、③カルノシン濃度の増加率と30秒間の全力ペダリングにおける平均パワーの増加率との間に有意な正の相関関係が認められ、30秒間の全力ペダリングを5秒ごとに6区間に分けた際の後半3区間における平均パワーの増加率との間にも有意な正の相関関係が認められたこと、などから、レペティション法による高強度のスプリントトレーニングによってカルノシン濃度は増加し、それに伴って高いパワーの持続能力が向上する可能性のあることを示唆した。

### 3. 結論

本研究では、緩衝能の指標として用いた $\text{CO}_2\text{excess}$ およびカルノシン濃度の大小が短時間高強度運動パフォーマンスに貢献すること、およびレジスタンストレーニングおよびスプリントトレーニングのような高強度トレーニングによって、 $\text{CO}_2\text{excess}$ およびカルノシン濃度が増加し、その結果として短時間高強度運動パフォーマンスが向上すること、などを示唆した。

## 審査の結果の要旨

短時間高強度運動での乳酸蓄積に伴う活動筋や血液pHの低下(乳酸性アシドーシス)は、筋疲労のおもな原因になることから、pHの低下を抑制する能力である緩衝能は、短時間高強度運動パフォーマンスを決定する重要な要因の一つになるとみられている。緩衝能は、重炭酸緩衝系と非重炭酸緩衝系とに大別でき、前者は過剰 $\text{CO}_2$ 排出量( $\text{CO}_2\text{excess}$ )、後者は骨格筋カルノシン濃度を用いて評価できるが、これらの緩衝能の指標と高強度運動パフォーマンスとの関係をみた研究はきわめて少なく、また各種トレーニングがこれらの指標に及ぼす影響をみた研究は皆無である。このような疑問に答えるために、著者は5つの研究課題を設定し検討した結果、 $\text{CO}_2\text{excess}$ や

カルノシン濃度は短時間高強度運動パフォーマンスに大きく貢献すること、また、レジスタンストレーニングやスプリントトレーニングのような高強度トレーニングによって、 $\text{CO}_2\text{excess}$ およびカルノシン濃度が増加し、その結果として短時間高強度運動パフォーマンスが向上する可能性のあること、などを示唆した。これは、短時間高強度運動パフォーマンスの限定要因をおもにエネルギーの産生能力の面から説明していたこれまでの考え方に対して新たな見方を提示したことになり、きわめて高い価値がある。

論文審査委員会では、水泳運動や疾走運動などの運動様式の相違によって重炭酸緩衝系と非重炭酸緩衝系の貢献度はどのように異なるのか、トレーニングによる $\text{CO}_2\text{excess}$ やカルノシン濃度の増加はどのようなメカニズムによるのか、などの疑問点がいくつか指摘されたが、短時間高強度運動パフォーマンスにおける緩衝機能の重要性を明らかにし、高強度トレーニングによるパフォーマンスの向上に緩衝能の増大が関与していることを明らかにしたことが評価された。

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