

平成 23 年 2 月 25 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2009 年

課題番号：19300224

研究課題名(和文) 作業筋虚血閾値の測度を加味した運動処方分子生物学研究と運動導出性
適応機構の解明研究課題名(英文) Molecular biological Research for exercise prescription with measuring
muscle ischemic threshold and Explication for mechanism of exercise
induced adaptability.

研究代表者：進藤 宗洋 (SHINDO MUNEHIRO)

福岡大学 スポーツ科学部 非常勤講師

研究者番号：30078539

研究成果の概要(和文)：

本研究の目的は、有酸素性トレーニングにおける筋収縮力と収縮速度の組合せの選択が、急性と慢性運動適応機構に及ぶ影響を呼吸・循環器系、骨格筋量とその分子生物学的測度の面から制御の可能性を検証することである。結果は乳酸閾値(LT)相当の仕事率が高トルクの運動では、急性適応において高い呼吸効率を誘発することがわかった。慢性適応機構では、高トルクの運動トレーニングが、LTwatts/Wt を早く増加させ、しかも初期値から飽和水準までの LT 強度の増加率が大きく、脂質動員に優れた運動の条件であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：

The purpose of this study is to examine the derivation of voluntarily molecular biological adaptability such as respiratory and circulatory system, skeletal muscle about mechanism for acute and chronic exercise induced adaptability by combining force and velocity of muscle contraction at aerobic training.

Our result showed that high torque exercise at LT work-load rate was the excess condition for controlling pulmonary ventilation and oxygen intake rate as for acute adaptation. In addition, as for chronic adaptation, LT intensity and its adaptation for high torque exercise were higher and faster than those for low torque exercise. The difference of LT watts at baseline and saturated level was higher than that for low torque exercise.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2007年度 | 5,200,000 | 1,560,000 | 6,760,000 |
| 2008年度 | 4,300,000 | 1,290,000 | 5,590,000 |
| 2009年度 | 4,500,000 | 1,350,000 | 5,850,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 14,000,000 | 4,200,000 | 18,200,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学 ・ スポーツ科学

キーワード：作業筋虚血閾値、分時換気量、呼吸・循環器系、有酸素性トレーニング、
乳酸閾値強度、運動処方、運動導出適応機構

1. 研究開始当初の背景

現行文明先進国に蔓延している『生活習慣病、とりわけ運動不足病』や慢性閉塞性肺疾患 (COPD) などの『環境健康被害』は、『骨塩量』や『有酸素性作業機構』に生起している。最も頻度の多い後者は「酸素運搬系機構 (肺呼吸、心臓、血管、作業筋線維周囲毛細血管数、血液、免疫系など)」と「酸素利用系機構 (ミトコンドリアの量、糖や脂質の酸化酵素活性など)」から構成されている。

わが国の「健康づくりのための運動所要量」(厚労省、1989年)が、「健康確保水準(維持目標値)」として「単位体重当り最大酸素摂取量 (VO_{2max}/Wt) の任意の値」を設け、それに到達するために安全有効な「50% VO_{2max} 相当の運動強度」での「週当り運動時間」を提示し、生活習慣化を推奨したことの妥当性は、十分に立証され、国際的に異論の無いところである。

しかし、% VO_{2max} や乳酸閾値 (LT)、最大乳酸定常 (OBLA) などの現在国際的に用いられている運動処方刺激条件『仕事率次元』の「相対的運動強度」と「週当りの運動時間」から、到達 VO_{2max}/Wt を決定することはできない。

現在、用いられている「運動処方の運動強度」の測度[仕事率]は、[力]と[速度]の[積]で、『[筋力]と[筋収縮速度]の[積]』に相当する。発揮筋力は作業筋の筋束を構成している全筋線維数のうちの[収縮している筋線維数]に比例する。

筋線維の周囲に毛細血管が多いものは8本、少ないものでは1本あり、毛細血管は周りに収縮している筋線維が多いほど圧迫され血流が遮断される可能性が考えられる。作業筋への血流量は、筋収縮に伴って生成される微小血管拡張性代謝物質による血流増加因子と、骨格筋微小血管支配交感神経緊張や発揮筋力に伴う筋内圧などの血流減少因子とのバランスによって規定される。そこで我々は平成8年から、前腕屈曲作業筋筋線維への需要酸素量に対する供給酸素量のバランスが定常する閾値筋力をBFIT(Blood Flow Ischemic Threshold)とした。最大随意筋力 (MVC: Maximum Voluntary Contraction) に対する相対的強度 (30~60% MVC) を調べ、度数分布の正規性を確認した。平成14年~16年度の「科学研究費補助金基盤研究B」では大腿外側広筋束で筋内圧によって虚血状態になる筋力を測定し、『作業筋虚血閾値 : WMIT (Work Muscle Ischemic Threshold)』と定義し、測定法を開発した。さらに、等尺性筋収縮による脚伸展運動の最大持続時間

を、負荷を漸増しながら測定すると、運動負荷 (%MVC) と最大持続時間の間には、ある負荷を超えると急激に最大持続時間が減少する閾値が認められた。この最大筋収縮持続閾値は 27.6 ± 2.5 %MVC であり、同一の被検者で求めた WMIT 相当の筋力 (30.4 ± 9.3 %MVC) と統計学的に有意差は認められなかった。したがって、WMIT は局所における aerobic / anaerobic の境界と考えられる。次のような狙い通りの分子生物学的レベルの運動導出性急性および慢性適応機構に関する知見を得た。

次に運動導出性慢性適応機構における %WMIT の有効性を検討した。自転車エルゴメーターでペダル回転数を 50rpm に統一し、被検者の乳酸閾値 (LT) 強度で 60 分間と、最大乳酸定常 (OBLA) 強度で LT での 60 分間に相当する仕事量になる時間のグループが、週当り 5 回、6 週間トレーニングした。それぞれのペダル踏力は 20~80%WMIT の範囲であった。トレーニング開始 5 日後の IIa 型および IIx 型筋線維周囲毛細血管数の変化量と %WMIT との間に有意な順相関関係が認められ、導かれた中央回帰式から筋線維周囲毛細血管新生に必要な刺激は 30%WMIT 以上であることが示唆された。しかし、従来用いられてきた仕事率次元の相対的運動強度と規則的な関係が認められなかった。

2. 研究の目的

そこで、本研究課題では、乳酸閾値に相当する運動強度において、%WMIT を基準として相対的な発揮筋力の違いによる急性適応機構を明らかにすること、トレーニングによる慢性の運動適応機構について呼吸、循環器系、骨格筋適応などへの分子生物学的適応を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 相対的同一運動強度 (LT 強度) における %WMIT が肺換気量に及ぼす急性適応について検討

① 対象特性

健康成人男性 8 名を対象とした。身体特性は、身長 174.1 ± 5.9 cm、体重 68.5 ± 9.7 kg、BMI 22.5 ± 2.1 であった。

② 研究プロトコール

自転車エルゴメーターをもちいて、最大漸増運動負荷試験を行い、LT 強度に相当する仕事率を決定した。

WMIT は、セミリカンベント式自転車エルゴメーターに角度を固定したペダル (特注) をもちいてアイソメトリックモードにて、脚伸

展動作で随意的に発揮筋力を 2.0N・m/sec 高めるランプ式静的持続性筋収縮負荷試験を実施した。近赤外線分光法装置(NIRS : Near Infrared Spectroscopy)を用いて、筋力に対して筋酸素化指標(Oxy - DeoxyHbMb)が定常した閾値筋力を決定し、WMITとした。

次に同一LT仕事率のうえWMITを基準にスムーズな回転が可能な3段階の回転数に分け、それぞれ高%WMIT(高トルク)と中%WMIT(中トルク)と低%WMIT(低トルク)とし、各負荷4分間の固定運動負荷試験を実施した。運動時の回転数は、それぞれ 38.9 ± 5.0rpm、51.5 ± 7.6rpm、70.9 ± 6.4rpmであった。

(2) 中高齢者を対象とした同一仕事率における発揮筋力と回転数の違いに及ぼす急性適応機構の検討

① 対象

中高齢者7名を対象とした。身体的特性は、年齢 57 ± 5歳、身長 157.0 ± 9.7 cm、体重 57.3 ± 9.7 kg、体脂肪率 22.7 ± 4.1%であった。

② 測定項目

運動負荷試験は、電磁式アップライト型自転車エルゴメータ(Load社製)を用いてRamp式漸増運動負荷試験を施行し、二重積屈曲点(DPBP)を決定した。DPBP仕事率で50rpmと70rpmの2条件下にて4分間の固定運動負荷試験を施行した。また、WMITを測定した(方法は前記)。

(3) 同一仕事率における筋収縮速度と発揮筋力の組み合わせの違いがトレーニング適応に及ぼす影響についての検討。～短期間(2週間)のトレーニングによる検討～

① 対象者

定期的な運動習慣がない健康若年者男性16名とした。身体特性は、年齢 23.3 ± 1.7歳、身長 171.3 ± 5.9 cm、体重 63.7 ± 6.5 kg、BMI 21.7 ± 2.1 kg/m²である。

② 実験プロトコル

LT強度とVO₂maxに差が生じないように35rpmトレーニング(H%WMIT; High Torque Training)群と75rpmトレーニング(L%WMIT; Low Torque Training)群の2群に振り分けた。尚、被験者には、全ての測定において激しい運動を控え、4時間前より水以外の飲食を行なわないよう指示した。

③ 運動トレーニング

相対的同一LT仕事率にてH%WMIT群とL%WMIT群に自転車トレーニングを1日60分間、週5回、2週間行った。トレーニングに用いる自転車エルゴメーターの機器間誤差をなくすために、予め1台の検定器(Lode社製)によりキャリブレーションを行い、負荷強度を補正した。

④ 最大Ramp式漸増運動負荷試験

介入前に自転車エルゴメーターを用いた

Ramp式漸増運動負荷試験をペダル回転数50rpmにて疲労困憊まで行った。血中乳酸濃度を測定するために30秒毎に耳朶から20μlの採血と、最大酸素摂取量測定のためにダグラスバッグ法にて採気を行った。

⑤ LT強度の決定方法

Ramp式漸増負荷試験中の乳酸値と仕事率の関係から、第二変位点を以上の負荷を除くデータから残差平方和が最小となる2直線の交点を求め、LTを決定した。

⑥ 固定運動負荷試験

介入前の運動負荷試験により処方されたLT強度の仕事率による回転数の違いがトレーニング時にかかる生体負荷を確認するために6分間の固定負荷試験を行った。各回転数の運動中にダグラスバッグ法を用いてVO₂、乳酸値(LA)、近赤外線分光法装置(NIRS: Near Infrared Spectroscopy)を用いて筋酸素化レベル変化、フォースプレート(KYOWA社製)にてペダル踏力を測定した。なお、被験者間比較をするために250~300 mm Hgで外部圧迫を10分程度行い、定常値を0%、安静時を100%として標準化した。

⑦ 負荷修正

トレーニング時の相対強度を一定にするために負荷修正を行った。第1週目のトレーニング5回目に、Ramp式の最大下運動負荷試験を行い、LTを決定した。運動終了は、心拍数が160拍を達成したこと、DPBPの屈曲点が目視で観測できていることを目安とした。

(4) 同一仕事率における筋収縮速度と発揮筋力の組み合わせの違いがトレーニング適応に及ぼす影響についての検討。～トレーニング適応の飽和時期による検討～

① 対象者特性

健康な若年成人12名とした。

② 実験プロトコル

LT強度とVO₂maxに差が生じないように35rpmトレーニング(High %WMIT; High Torque Training)群、75rpmトレーニング(Low %WMIT; Low Torque Training)群、非運動(Con: Control)群の3群に振り分けた。また、被験者には、全ての測定において激しい運動を控え、4時間前より水以外の飲食を行なわないよう指示した。尚、研究3の被験者を含んでいる。

③ 運動トレーニング

相対的同一LT仕事率にてH%WMIT群とL%WMIT群は、自転車トレーニングを1日60分間、週5回行った。研究(3)と同様の方法で負荷修正を行い、LT強度が飽和状態になるまでの期間トレーニングを行った。トレーニングに用いる自転車エルゴメーターの機器間誤差をなくすために、予め1台の検定器(Lode社製)によりキャリブレーションを行い、負荷強度を補正した。

④ 筋生検 (Needle Biopsy)

右外側広筋の中央部に局所麻酔をして、数ミリ切開してバイオプシーニードルにて筋生検を行った。ただちに、遺伝子分析のために液体窒素で凍結保存した。すべてのサンプルは分析までの間、 -80°C で凍結保存した。尚、筋生検の2日前から運動を控えさせ、トレーニング介入前・後で同じ食事になるように3日間食事内容を記録するように指示した。

4. 研究成果

(1) 相対的同一運動強度 (LT 強度) における %WMIT が肺換気量に及ぼす影響について検討

運動条件に WMIT の概念を付加した LT 強度の同一効率の3つの組み合わせセット間の酸素摂取量を構成する因子の動員負担の内訳を比較した。その結果から、%WMIT が高いほど HR、VE の動員負担の割合が軽減され、他の因子への動員負担の割合が荷重される急性運動適応機構導出が示唆された。

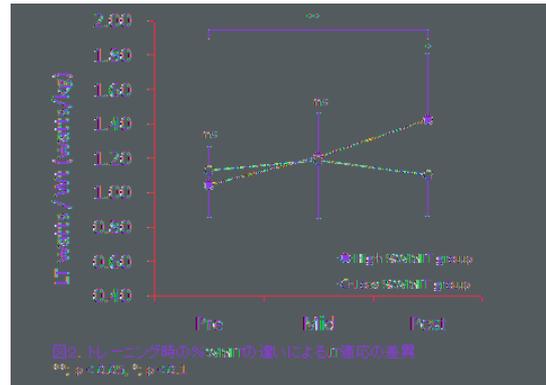
LT 強度において、%WMIT を高めた運動は、肺換気量への負担を抑制し、酸素摂取率に過負荷となる可能性が示唆され、呼吸器疾患患者では、高%WMIT で運動を行うことにより患部への負担を軽減しうると推察される。

(2) 同一仕事率における発揮筋力と回転数の違いが中高齢者の急性適応機構に及ぼす影響の検討

中高齢者における DPBP 強度の運動は、50rpm に比して 70rpm の運動時が VO_2 、換気量、心拍数、呼吸交換比 (RER)、血中乳酸値 (La) が有意に高値を示し、 O_2REM 有意に低値であり ($p < 0.01$)、同一仕事率におけるトルクと回転数の組み合わせが、酸素運搬系と酸素利用系の適応に影響を及ぼす可能性を示した。さらに、作業効率が変わらないと予想される範囲内のペダル回転数であったにも関わらず高齢者では 70rpm 時の VO_2 、La、RER、主観的運動強度が高値を示した。これは、筋量の少ない高齢者において発揮張力の差異が、より顕著に急性適応の違いとして現れたと推察される。また、2 条件下の心拍数変化率と WMIT/m^2 との間に有意な負の相関関係 ($p < 0.05$) を認め、WMIT が循環器系応答の急性運動適応へ影響を及ぼしている可能性を示唆した。

(3) 同一仕事率における筋収縮速度と発揮筋力の組み合わせの違いがトレーニング適応に及ぼす影響についての検討。～短期間 (2週間) のトレーニングによる検討～

若年者の同一 LT 仕事率における6分間の固定負荷試験の結果は、HR、LA において、35rpm 運動時が 50rpm 運動時と 75rpm 運動時



より有意に低値を示した ($p < 0.05$)。また、各ペダル回転数の条件におけるペダル踏力は、ペダル回転数が高いほど有意に低値を示した。一方で、筋酸化レベルは、ペダル回転数が高いほど有意に高値を示した。

すなわち、ペダル回転数 50rpm で測定した LT 相当の同一仕事率は、35rpm の条件の運動において全身性の運動強度が低いものの、作業筋に過負荷な条件である。

2 週間のトレーニングによる LT の適応は、単位体重当たりの LTwatts が L%WMIT 群と H%WMIT 群の両要因に有意な交互作用を認めた。多重比較検定を行ったところ、トレーニング経過期間に対して H%WMIT 群は介入前値と介入後との間に有意差を認めた。一方、L%WMIT 群では有意差を認めなかった。また、両群ともに中間 (5 日目) には統計的な差を認めなかったが、介入後 (10 日目) には H%WMIT 群が高い傾向を示した (図 2)。尚、介入前における体重あたり LTwatts、 $\text{VO}_{2\text{max}}$ と $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{Wt}$ は、両群間に統計的な差を認めなかった。2 週間のトレーニングにおいて、発揮筋力が高く、作業筋の低酸化レベルの H%WMIT 群の方が早く適応する可能性を示唆した。

(4) 同一仕事率における筋収縮速度と発揮筋力の組み合わせの違いがトレーニング適応に及ぼす影響についての検討。～トレーニング適応の飽和時期による検討～

トレーニング介入前の初期値の体力水準をそろえるために、LTwatts と $\text{VO}_{2\text{max}}/\text{Wt}$ が似通った3名をマッチングさせて Control 群、H%WMIT 群、L%WMIT 群に割り当てた。介入前の身体組成はすべての項目に対して統計

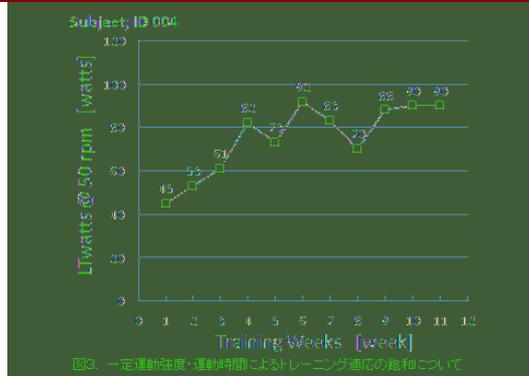
表1. 身体的特性と血液検査項目

| Group | High %WMIT | Low %WMIT | Control | p value |
|---------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| age | 25.1 ± 2.1 | 23.6 ± 1.7 | 24.0 ± 3.5 | ns |
| height | 176.0 ± 7.1 | 169.4 ± 3.9 | 170.6 ± 4.9 | ns |
| Weight | 66.5 ± 6.4 | 63.5 ± 6.8 | 63.4 ± 6.5 | ns |
| BMI | 21.4 ± 0.8 | 22.1 ± 2.1 | 21.8 ± 1.4 | ns |
| % Fat | 12.9 ± 3.1 | 16.2 ± 5.7 | 12.4 ± 6.7 | ns |
| Fat mass | 8.6 ± 2.4 | 11.5 ± 3.3 | 8.1 ± 5.1 | ns |
| LBM | 57.6 ± 5.1 | 53.1 ± 2.5 | 55.1 ± 2.2 | ns |
| HDLc | 65.0 ± 8.9 | 51.3 ± 11.1 | 57.3 ± 13.0 | ns |
| HDL2c | 44.8 ± 8.0 | 29.3 ± 8.8 | 37.5 ± 13.4 | ns |
| HDL3c | 21.6 ± 3.2 | 22.5 ± 1.8 | 21.2 ± 1.9 | ns |
| LDLc | 88.5 ± 24.7 | 119.3 ± 30.3 | 97.8 ± 11.8 | ns |
| Triglyceride | 56.5 ± 19.7 | 98.8 ± 9.1 | 75.0 ± 38.9 | * |
| T-cholesterol | 167.3 ± 24.6 | 188.5 ± 25.4 | 169.5 ± 28.5 | ns |
| Albumin | 4.7 ± 0.2 | 4.7 ± 0.2 | 4.7 ± 0.4 | ns |

表2. トレーニング介入前の体力項目について

| Group | High %WMIT | Low %WMIT | Control | p-value | |
|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------|
| VO _{2max} | ml/min | 3176 ± 265 | 2595 ± 165 | 3030 ± 234 | ** (High%WMIT vs Low%WMIT) |
| VO _{2max} | ml/kg/min | 48.0 ± 3.6 | 41.4 ± 6.4 | 47.9 ± 4.8 | ns |
| Watts_Max | watts | 292.0 ± 30.3 | 235.8 ± 32.8 | 269.8 ± 33.2 | ** (High%WMIT vs Low%WMIT) |
| LT | watts | 77.3 ± 8.0 | 74.8 ± 15.3 | 82.3 ± 33.1 | ns |
| LT/Max | watts/kg | 1.17 ± 0.15 | 1.20 ± 0.35 | 1.34 ± 0.65 | ns |
| MVC | Plm | 121.7 ± 14.4 | 134.1 ± 15.2 | 112.4 ± 3.4 | ns |
| %MVC | Plm | 35.3 ± 27.4 | 75.0 ± 14.6 | 84.3 ± 15.7 | ns |

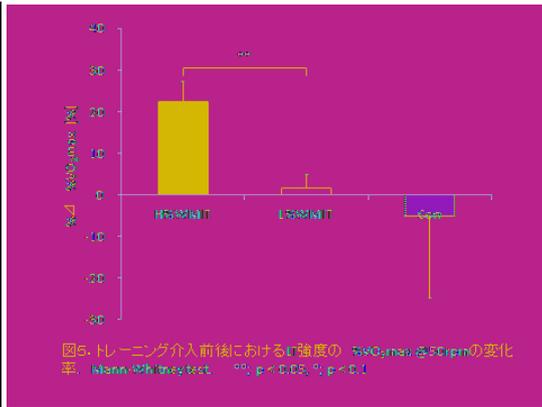
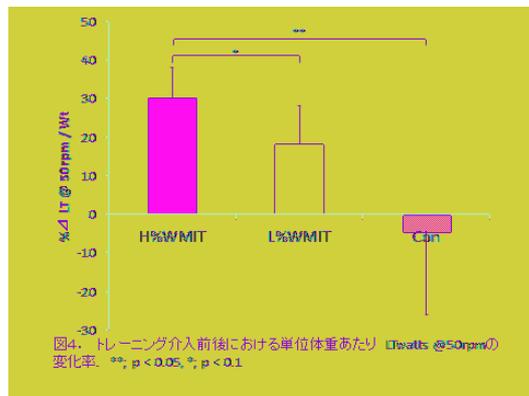
MVC, Maximal Voluntary Contraction of Strength Mean



的な差を認めず、血液検査項目は中性脂肪にH%WMIT群よりL%WMIT群が高値を示した(表1)。また体力水準は、絶対値VO_{2max}、最大仕事率にH%WMIT, Con群よりL%WMITが高値を示した(表2)。

若年者のLTwatts、1回あたり、週あたりの運動時間を規定した2条件のトレーニングを行い、毎週負荷修正を行ったところ、LTwatts/Wtの適応が飽和状態になることを確認した(図3)。飽和状態までの期間は、最小二乗法をもちいて、週数とLTwattsの間に2つの近似直線を各3週間以上組み合わせで作り、残差平方和が最小となる組み合わせを求めた。その結果、H%WMIT群が4.8 ± 1.7週間、L%WMIT群が5.3 ± 1.7週間でLTwattsのトレーニング適応に飽和水準を認めた。先行研究(研究(3))の2週間のトレーニングにおいて、異なる%WMITの条件が体重あたりLTwattsの適応に差異を生じさせることから、適応が飽和水準に達し、LTwattsの変化が定常してから介入後測定を行った。

介入前から体力水準が飽和状態に至ったとき、LTwatts/Wt変化率はH%WMITトレーニング群がCon群よりも有意に高く、H%WMIT群がL%WMIT群より高い傾向を示した(図4)。しかし、3群間においてVO_{2max}の変化率は、



統計的な差を認めなかった。これは、定期的な運動を行っていない若年者を対象としたため、VO_{2max}の初期値が高く、最大運動強度時における作業能力が頭打ちになっていたことが考えられる。一方、LTwattsの%VO_{2max}の変化率は、H%WMITトレーニング群がL%WMITよりも高値を示した(図5)。このことから最大下の運動強度である乳酸閾値が向上し、脂質利用効率が高まったことを示唆する。

また、H%WMIT群のような高い筋収縮力の運動条件は、骨格筋の酸素化レベルが低いことから、低酸素誘導因子の遺伝子発現が予想される。本研究では、研究協力者であるLaval大学にて包括的な遺伝子発現をDNAマイクロアレイ法にて解析し、分析中である。

総括

既に一般に普遍化している運動処方運動条件にWMITと%WMITを付加することによって、個体の特性に対応して必要な健康・体力因子を分子レベルまで誘発し影響を与えられる可能性がある。それが可能になれば、運動適応能力を生活圏全般に拡大し、人間存在の意義や世界(宇宙を含む)における人間の役割追究に人間を向かわせることになると考えられる。すなわち、①急性運動適応は、軽い重量負荷を速く漕ぐ場合と、反対の重い重量負荷をゆっくり漕ぐ場合、別の表現では「ハイトルク・ロースピード」は「高酸素摂取率(すなわち、酸素摂取量÷換気量;呼吸の効率が高い)」であり、逆に「ロートルク・ハイスピード」は「低酸素摂取率(すなわち、酸素摂取量÷換気量、呼吸の効率が低い)」の生体反応を示す。②慢性運動適応は、所定運動処方の「ロートルク・ハイスピード」より「ハイトルク・スロースピード」の方が脂質代謝の上限強度が早期に適応を生起し、初期値に比して高い飽和水準まで変化する。

本研究の所見を活用することによって、脂質代謝の上限強度である「LTに相当する仕事率の筋の張力と収縮速度を正確に決定」し、運動指導に使用することができるようになる。生活活動の種々の動作について、それぞれの主働筋のWMITを測定すれば、日常活動

のすべてを本人が必要とする健康・体力づくりやそれを具現する体育実技の場に活用できる。例えば、靴などの生活用品の重量を選択することが必要な%WMITを充足する。さらには、介護支援の場において妥当な支援機器の開発や宇宙空間のように無重力圏における健康生活に必要な運動条件の選択を可能にする。以上のような、現行文化にWMITと%WMITを付加した革新的文化生活の構築は、健康生活に必要な不可欠な生活文化に人間を誘導し、人間を無駄遣いしない、充実した生活への道筋をつけることである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(1) [雑誌論文] (計0件)

なし

(2) [学会発表] (計6件)

- 1) 平野 雅巳ら: 外側広筋における作業筋虚血閾値発現時と動脈阻血時の酸素化レベルの比較. 第64回日本体力医学会. 2009年9月18~20日、新潟県.
- 2) 森村 和浩ら: 同一仕事率における発揮筋力と回転数の違いが中高齢者の急性適応機構に及ぼす影響. 第64回日本体力医学会. 2009年9月18~20日、新潟県.
- 3) 進藤 宗洋ら: 作業筋虚血閾値は分子生物学的運動適応機構研究に有効である. 第63回日本体力医学会. 2008年9月18~20日、大分県.
- 4) 樋口 慶亮ら: WMIT研究1: 静的持続性筋収縮におけるランプ式筋力発揮試験による作業筋虚血閾値の推定の可能. 第63回日本体力医学会. 2008年9月18~20日、大分県.
- 5) 平野 雅巳ら: WMIT研究2: 動的最大ペダリング持続時間と作業筋虚血閾値との関係について. 第63回日本体力医学会. 2008年9月18~20日、大分県.
- 6) 菱井 修平ら: WMIT研究3: 相対的同一運動条件における肺換気量と%WMITとの関係. 第63回日本体力医学会. 2008年9月18~20日、大分県.

(3) [図書] (計1件)

進藤宗洋、田中守、田中宏暁: 健康づくりハンドブック. 朝倉書店 (2010/1)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

進藤 宗洋 (SHINDO MUNEHIRO)

福岡大学・スポーツ科学部・非常勤講師

研究者番号: 30078539

(2) 研究分担者

黒岩 中 (KUROIWA ATARU)

福岡大学・医学部・教授

研究者番号: 30122691

吉武 裕 (YOSHITAKE YUTAKA)

鹿屋体育大学・体育学部・教授

研究者番号: 00136334

田中 宏暁 (TANAKA HIROAKI)

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号: 00078544

(H19:研究分担者、H20・21連携研究者)

清永 明 (KIYONAGA AKIRA)

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号: 70177955

(H19:研究分担者、H20・21連携研究者)

田中 守 (TANAKA MAMORU)

福岡大学・スポーツ科学部・教授

研究者番号: 00163577

(H19:研究分担者、H20・21連携研究者)

山崎 一彦 (YAMASAKI KAZUHIKO)

福岡大学・スポーツ科学部・准教授

研究者番号: 30369029

(H19・20:研究分担者、H21連携研究者)

庄野 菜穂子 (SYOUNO NAHOKO)

佐賀大学・医学部・研究員

研究者番号: 60223674

(H19:研究分担者、H20・21連携研究者)

(4) 研究協力者

石井 睦 (ISHII ATSUSHI)

石井外科クリニック・院長

吉岡 真由美 (YOSHIOKA MAYUMI)

Molecular Endocrinology and Oncology

Research Center /Principal Researcher

Jonny St-Amand

Molecular Endocrinology and Oncology

Research Center・Professor

森村 和浩 (MORIMURA KAZUHIRO)

福岡大学・医学部・研究員

樋口 慶亮 (HIGUCHI YOSHIYASU)

株式会社 健康科学研究所

平野 雅巳 (HIRANO MASAMI)

福岡大学・スポーツ科学部・助教

研究者番号: 30580229