

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19700486

研究課題名（和文） 呼吸数増加を指標とした簡易的乳酸性作業閾値推定法

研究課題名（英文） A new method for detecting lactate threshold by respiratory rate.

研究代表者

桜井 隆史（SAKURAI TAKASHI）

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：60401204

研究成果の概要：呼気ガス分析器（ミナト医科学株式会社、AS-300ss）を用いて、数名の被験者について走運動による漸増負荷運動中の呼気ガスデータの取得を行った。また、同時に血中乳酸濃度の測定を行い、比較を行った。また、平成 18 年度から東京大学の新入生に対する授業内で、走運動による漸増負荷運動を行わせ、走運動時の心拍数と呼吸数の変化の関係についてのデータを取得している。これらについて得られた結果で、平成 20 年度に学会発表を行い、出版物としてまとめた。さらに同結果について学術雑誌への投稿を行う予定である。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,300,000	0	2,300,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	270,000	3,470,000

研究分野：運動生命科学

科研費の分科・細目：総合領域、健康・スポーツ科学、身体教育学

キーワード：最大酸素摂取量、体育実技実習、呼気ガス分析、運動強度指標、漸増運動負荷

1. 研究開始当初の背景

健康・スポーツ科学分野、スポーツ医学分野、身体運動科学分野において、古くから最大酸素摂取量（maximum oxygen intake, VO_{2max} ）が有酸素能力の評価指標として用いられている。 VO_{2max} 測定のためには最大運動負荷強度までの運動を被験者に行わせ、特別な測定機器を用いる必要があるが、臨床的および実践的な視点から、より簡便に有酸素能力を評価する方法の確立が求められている。

最大下運動負荷試験で測定可能な評価指標には、Wasserman らが、漸増負荷運動中の代謝性アシドーシスの開始とそれに伴う呼吸交換諸量の変化が起こる運動強度として定義した無酸素性作業閾値（anaerobic threshold, AT）が知られている（Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise, Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL, *J Appl Physiol*, **35**, 236-43, 1973.）。AT の決定方法として、血中乳酸濃度の急激な上昇より求める乳酸性作

業閾値 (lactate threshold, LT) と呼吸交換諸量の非直線の上昇より求める換気性代謝閾値 (ventilatory threshold, VET) が知られている。最近では LT と VET は厳密には一致しないという共通理解になりつつあるが、おおまかには一致することが認められている。最大運動負荷強度以下の運動による測定で求める事が可能な LT 及び VET 測定は一般人、中高年、疾病を有する人など、特に体力レベルの低い人にとって、VO₂max 測定に比較して、実際の運動強度指標測定法として用いることができると考えられる。

体育授業の現場においては、個人により異なる LT 及び VET という運動強度指標があることを学生に教育し、認識させる事は、過度な負荷による傷害を予防する点において非常に有効である。また、苦しいという感覚が起るために有酸素運動を苦手としている学生に対して、LT 及び VET 付近の運動強度での運動を継続させることにより、苦しいという感覚を生じずに運動を継続することが可能であると気づかせる事が出来、運動の苦手意識の克服につながる事が観察されている。さらに、最近では LT 及び VET 付近に相当する運動強度での運動により大脳前頭前野機能の改善 (Jogging improved performance of a behavioral branching task: implications for prefrontal activation, Harada T, Okagawa S, Kubota K, *Neurosci Res*, 49, 325-37, 2004.) が示唆される研究報告がなされ、LT 及び VET の運動指標としての有用性はさらに高まってきているといえる。

しかし、LT 及び VET の厳密な測定のためには、採血を伴い高価な測定機器を必要とするため、被験者への負担が大きい、費用がかかる、といった問題点がある。LT 測定のためには、漸増運動負荷試験時に継続的に血中乳酸濃度の測定を行い、血中乳酸濃度が急激に上昇し始める運動強度を求める。血中乳酸濃度測定には被験者から採血する必要があるために、侵襲的となり被験者に負担が大きい事が問題となる。また、VT 測定のためには、呼吸ガス分析装置を用いて、呼気分時換気量 (expiratory minute volume, VE)、一分間炭酸ガス産生量 (carbon dioxide production per minute, VCO₂)、一分間酸素消費量 (oxygen consumption per minute, VO₂) 等の呼吸交換諸量を測定し、VE の非直線的増加開始点及び VCO₂ の非直線的増加開始点グラフにより求める。非観血的に測定が可能であるのが利点であるが、呼吸ガス分析装置は高価であり、呼吸ガス分析装置一台で一人の被験者しか測定する事が出来ず、費用と時間がかかる事が

問題となる。これらの問題により、LT 及び VET の厳密な測定を、体育授業の現場において数十名の学生に対して導入する事は難しい。これらのことより、数十人単位を対象としてフィールドで用いる事の可能な簡便な運動強度指標測定方法の開発が強く望まれる。

運動時に測定する生理学的指標としては、既に挙げた呼吸交換諸量、血中乳酸濃度の他に、心拍数 (heart rate, HR)、呼吸数 (Respiratory rate, RR) が挙げられる。安静時の HR は頸動脈もしくは橈骨動脈の触診により測定が可能であるが、運動時には速やかに変動するために正確な HR 測定のためには心拍計が必要となる。簡易型の心拍計は比較的安価で購入できるようになってきている。呼吸数は安静時に1分間あたり15-20回であるが、運動によって増加する。運動時の呼吸数は運動のリズムの影響を受けやすいが (Limbs mechanoreceptors inducing the reflex hyperpnea of exercise, Flandrois R, Lacour JR, Islas-Marroquin J, Charlot J, *Respir Physiol*, 2, 335-43, 1967.) 運動負荷が強くなると同期が乱れ、呼吸数の増加が観察され、この増加は VET と関係があるとされる (Measurement of ventilatory threshold by respiratory frequency, Nabetani T, Ueda T, Teramoto K, *Percept Mot Skills*, 94, 851-9, 2002.)。本研究では、運動中に簡便に測定出来る HR と RR を利用して、新たな運動強度指標測定方法の開発を試みた。

VO₂max 測定のためには最大運動負荷強度までの運動を被験者に行わせる必要があるため被験者への負担が大きく、また特別な機器を必要とするため実験室で測定を行うことが不可欠である。臨床的および実践的な視点から、より簡便に有酸素的能力を評価する方法の確立が求められている。

2. 研究の目的

運動時の血中乳酸濃度の上昇点である乳酸性作業閾値は、最大下運動負荷強度の測定により求めることが出来るため、VO₂max 測定よりも測定時の負担が少ないが、採血を必要とするため、侵襲的であることが問題となる。本研究では、実験室以外において特別な機器を用いることなく簡便に測定可能である呼吸数を指標として、乳酸性作業閾値に類似した運動強度指標を提案することを目的とし、個人で異なる有酸素的能力を体育授業という現場において簡便に評価できる方法の開発を目的とした。

3. 研究の方法

呼吸ガス分析器 (ミナト医科学株式会社、AS-300ss) を用いて、数名の被験者について

走運動による漸増負荷運動中の呼気ガスデータの取得を行った。また、同時に血中乳酸濃度の測定を行い、比較を行った。また、平成 18 年度から東京大学の新生に対する授業内で、走運動による漸増負荷運動を行わせ、走運動時の心拍数と呼吸数の変化の関係についてのデータを取得した。

4. 研究成果

運動強度の上昇に伴い、呼吸数が急増する閾値が存在する被験者がいることがわかり、大学授業において学生を対象として大人数の授業実習で測定を行っても多くの学生に呼吸数が急増する閾値が認められた(図1, 2)。従来用いられている乳酸性作業閾値、換気性作業閾値との関連性が推定された。これらの結果について平成 20 年度に学会発表を行い、出版物としてまとめた。さらに同結果について学術雑誌への投稿を行う予定である。

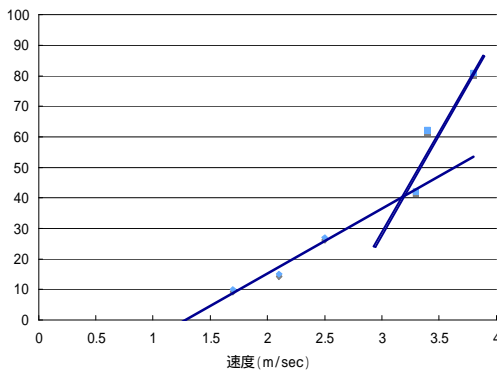


図 1 授業実習内で得られた速度-呼吸数関係の代表例

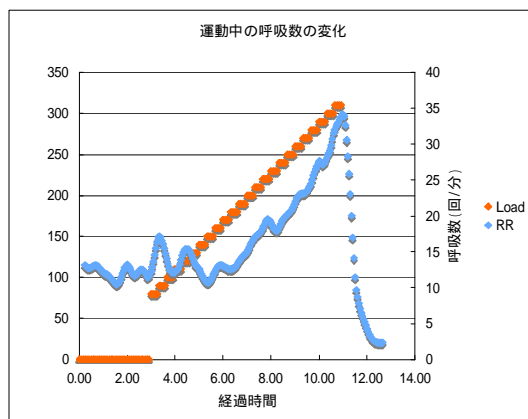


図 2 呼気ガス分析器を用いて得られた速度-呼吸数関係の代表例

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)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 2 件)

桜井隆史、大澤具洋、跡見順子、己を知る教育プログラム-東大駒場・体育の挑戦、研究・技術計画学会第 23 回年次学術大会、2008 年 10 月 12-13 日、東大駒場キャンパス

桜井隆史、跡見順子、呼吸数増加を指標とした簡易的運動指標、第 63 回日本体力医学会大会、2008 年 9 月 18-20 日、別府ビーコンプラザ

[図書](計 2 件)

桜井隆史、共著、東京大学出版会、教養としての身体運動・健康科学、2009 年、総ページ数 264 ページ

桜井隆史、共著、東京大学出版会、教養としてのスポーツ・身体運動補遺、2008 年、総ページ数 32 ページ

[産業財産権]

出願状況(計 2 件)

名称:衣類

発明者:桜井隆史、他 5 名

権利者:東レ株式会社

種類:特許

番号:2008-279376

出願年月日:2008 年 10 月 30 日

国内外の別:国内

名称:衣類

発明者:桜井隆史、他 5 名

権利者:東レ株式会社

種類:特許

番号:2008-279377

出願年月日:2008 年 10 月 30 日

国内外の別:国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6 . 研究組織

(1)研究代表者

桜井 隆史 (SAKURAI TAKASHI)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号：60401204

(2)研究分担者

(3)連携研究者