

活動的休息の効果に関する実験的指導法の検討

著者	吉武 信二, 中塘 二三生, 森脇 哲郎
引用	人間関係論集. 2005, 22, p.159-165
URL	http://doi.org/10.24729/00011264

論 文

「活動的休息の効果に関する実験的指導法の検討」

Study of the experimental teaching method in the effect of the active rest

吉 武 信 二

*中 塘 二三生

**森 脇 哲 郎

Shinji YOSHITAKE

Fumio NAKADOMO

Tetsurou MORIWAKI

研究目的

ヒトは身体運動によって筋肉疲労を生じるが、その疲労状態を表す主な指標として血中乳酸濃度がある。そして、この乳酸をできるだけ速やかに分解・除去することは、オーバートレーニングの予防¹⁶⁾ や高い競技力 (performance) を得ることにつながる⁴⁾ ため、その仕組みや効率化について、これまでに数多くの研究報告がなされてきた^{3~6,8~15,17~19)}。なかでも、激しい運動終了後に身体を安静にして休息 (安静休息) をするよりも、非常に強度の低い運動を継続 (活動的休息) した方が、血中乳酸値の減少が速いということはよく知られている^{2~4,7,10,19)}。実際にスポーツ指導の現場でも、激しい運動の後に活動的休息を行うように指導し、その効果を期待する場面はごく一般的に見受けられる⁴⁾。しかしながら、専門的な理論の指導を受けている競技者以外については特に、この活動的休息の効果について十分な理解をもたず、おろそかにされている場面も少なくないと思われる¹⁶⁾。また、理論的には理解していても、活動的休息の方が安静休息よりも疲労回復が早いことを、競技者自身が明らかな実感としてとらえることはやや難しいと推察されるため、その取り組みに対して消極的になってしまうことも予想される。そして、このことは、活動的休息による疲労回復効果を低下させ、疲労の蓄積からスポーツ傷害を引き起こす原因などにつながる可能性がある。それゆえ、教育現場においては、何らかの具体的な指標を競技者自身に指し示し、活動的休息の効果について理解を深めた上で、積極的に実施されるようにするのがより望ましいと考えられる。

競技者自身がその効果を実感する方法としては、多くの先行研究で示されているように血中乳酸値を測定し、その数値について活動的休息をしたグループと安静休息をしたグループとで比較

* 大阪府立看護大学

** 大阪市立桜宮高等学校

する方法、または同一の競技者における両者の休息から比較する方法がある。しかし、血中乳酸値の測定には高価な測定機器や採血資格者の同伴が必要になるなど、大がかりな規模の実験になるため、大学や研究所など非常に環境的に恵まれた施設でしか実施できないのが一般的である。現在、オーバートレーニングによるスポーツ傷害が中学生や高校生といった若年の競技者にも多く発生していることを考えると、例えば高等学校の正課の授業中など、比較的身近にこのような測定が実施されることが非常に望ましいと考えられる。最近では、スポーツ現場で比較的簡易に血中乳酸濃度を測定できる機器が開発され⁷⁾、身近な教育現場での測定が可能になってきた。実際に測定を行い、具体的な数値や指標で理解することにより、学習者がその後積極的にこれを活用し、効率の良い競技生活を送る一助になる可能性が高く、教育上の意味も大きいと思われる。ただし、そのためには、簡易な方法で行う実験であっても、ある程度実験結果の信頼性が確保されたものでなければならない。

そこで本研究では、高校生が正課の授業中にできる範囲の比較的簡便な血中乳酸濃度測定法を用い、激しい運動後に活動的休息を行ったグループと安静休息を行ったグループの血中乳酸値について比較、分析し、その信頼性を検証することにより、身体運動によって生じた疲労回復の仕組みの学習に関して、実験的指導法の有用性について検討することを目的とした。

研究 方 法

対象は、体育専門科の教育課程を持つ大阪市内のS高等学校に在学し、運動部に所属する女子高校生11名(2,3年生)とした。血中乳酸濃度の測定は、図1に示した内容について、2003年10月に同高等学校の正課授業時間(連続する2コマ分、約100分)に行った。採血および血中乳

Step 1 血中乳酸 濃度測定 A (安静時濃度)	Step 2 全力運動 スプリント (40秒間)	Step 3 安 静 (5分間)	Step 4 血中乳酸 濃度測定 B (運動後濃度)	Step 5 10分間安静 【安静休息群】	Step 6 血中乳酸 濃度測定 C (休息後濃度)
				Step 5 10分間歩行運動 【活動的休息群】	

- ※ 血中乳酸濃度測定はLactate proを用い、生徒自身が行った。
 全力運動スプリントはPMV IIを用い、40秒間全力のペダリングを行った。
 運動直後の安静は、脚部で生じた乳酸が血液中に溶け込んで全身に行き渡る時間を想定し、5分間ベッドで仰向けに寝かせ、安静にさせた。
 【安静休息群】 乳酸測定Bの後、再びベッドで仰向けに寝かせ、安静にさせた。
 【活動的休息群】 乳酸測定Bの後、トレッドミルを用い、90m/minで歩行させた。

図1 実験内容と手順

酸値の測定は、医師や看護師などの同伴なしで測定できるアークレイ社製 Lactate Pro を用いた。統計処理には、統計ソフト SPSS for Windows 11.0J を用いた。なお、有意差については測定値の平均を、対応のない t 検定を用いて検定し、有意水準は危険率 5% ($p < 0.05$) とした。

結 果

表 1 は、測定結果について運動後における休息方法の違いにより、安静休息群と活動的休息群の平均値を比較したものである。また、図 2 は血中乳酸濃度平均の変化について、示したものである。

表 1 安静休息群と活動的休息群の測定値比較

		平均 (S.D)		※有意水準 * $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$	
		安静休息群 (n=6)	活動的休息群 (n=5)	平均値の差	
40秒プリント (PMV II)	負荷 (kp)	4.02 (0.34)	3.82 (0.41)	0.20	
	ピーク回転数	129.50 (9.95)	131.60 (5.32)	-2.10	
	w 仕事量	364.17 (30.37)	343.00 (43.86)	21.17	
	体重 kg	54.33 (4.50)	51.20 (5.63)	3.13	
	w/kg	6.71 (0.41)	6.70 (0.48)	0.01	
血中乳酸濃度 (mmol)	安静時	2.17 (0.40)	2.48 (1.50)	-0.31	
	運動後 5分	13.32 (3.07)	11.88 (2.99)	1.44	
	運動後 15分	10.07 (2.88)	5.80 (2.86)	4.27 *	
血中乳酸濃度 変化割合 (安静時=100)	安静時→運動後 5分	643.30 (233.01)	598.76 (292.61)	44.54	
	安静時→運動後 15分	491.08 (217.54)	279.52 (190.17)	211.56	
	運動後 5分→15分	75.23 (9.11)	46.56 (14.09)	28.67 **	
	低下率 (%)	24.77 (9.11)	53.44 (14.09)	-28.67 **	

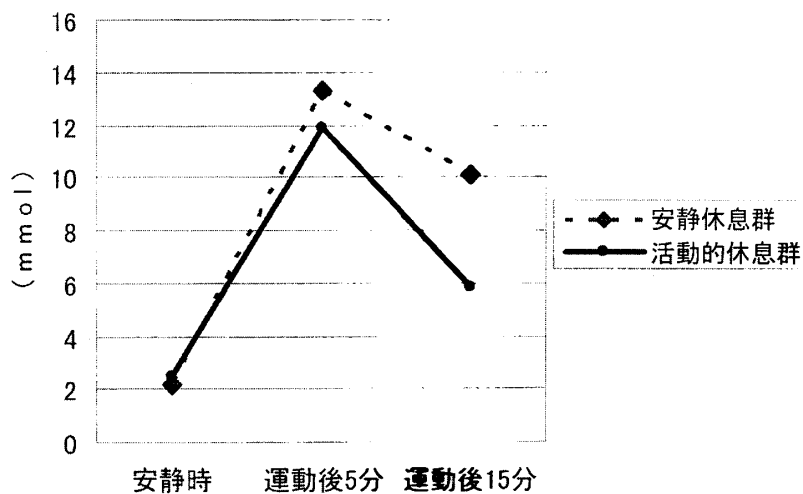


図 2 血中乳酸濃度変化

1. 運動負荷の比較

実験で用いた40秒間全力ペダリングの内容について、負荷、ピーク回転数、仕事量など安静休息群と活動的休息群の間に顕著な差は見られなかった。よって、両群ともほぼ同一負荷の運動を実施できたものと考えられる。

2. 血中乳酸濃度の比較

安静時および40秒ペダリング運動終了5分後の血中乳酸濃度平均について、安静休息群と活動的休息群の間に顕著な差は見られなかった。一方、異なる条件の休息方法を行った後の血中乳酸濃度については、活動的休息群が安静休息群より有意に低い値を示した。

3. 血中乳酸濃度の変化割合比較

安静時の血中乳酸濃度を100として、ペダリング運動および休息前後の平均値を比較してみた。安静休息群の血中乳酸濃度は、ペダリング運動によって約6倍に増加し、その後の休息により安静時の5倍程度まで減少した。一方、活動的休息群の血中乳酸濃度は、ペダリング運動によって約6倍に増加し、その後の休息により安静時の3倍程度まで減少した。また、ペダリング運動終了5分後と15分後の変化を比較してみると、安静休息群が約25%の低下率を示したのに対し、活動的休息群ではその倍に当たる約50%の低下率を示し、有意差も見られた。

考 察

実験を正課授業中に行うためには、必要な施設の整備はもとより、授業時間内に終了しなければならないことや、限られたスタッフで進行していくために被検者自身が測定者としての役割を担うことも重要である。今回は、体育専門課程を持つ比較的測定施設に恵まれた高校で、その体育専門課程に在籍し、かつ運動部に所属している高校生を対象に行った。そのため被検者も実験には当初から大変興味を持ち、正確な測定に対して非常に協力的な状況の下で、授業は進められたと思われる。

尚、本研究では40秒間の最大努力によるペダリング運動を各対象に行わせたが、その根拠は、無酸素性のエネルギー供給による最大の持続時間が概ね40秒であり¹²⁾、最大努力によるペダリング運動の場合、40秒から60秒間の運動時に血中乳酸が産生される¹¹⁾という先行研究によった。

安静時の血中乳酸濃度は、安静休息群と活動的休息群の間に有意な差は見られなかった。また、40秒間の最大努力によるペダリング運動5分後の血中乳酸濃度および運動量(ピーク回転数、仕事量)は、両群間に顕著な差は見られなかった。これらのことから、安静休息群と活動的休息

群は、ほぼ同質の集団であり、同一の最大無酸素運動を実施できたものと考えられる。

ペダリング運動終了15分後の血中乳酸濃度は、活動的休息群が安静休息群よりも有意に低値を示した。また、ペダリング運動終了5分後の血中乳酸濃度を100として15分後と比較した結果、活動的休息群は安静休息群の約2倍の低下率を示した。これらのことは、最大無酸素運動後に全く運動しないで安静にするよりも、ゆっくりとしたペースで歩行する程度の運動を継続した方が、血中乳酸の分解が早く、効率よく疲労回復がなされていることを示している。Fox⁴⁾は血中乳酸の除去速度について、先行研究などをもとに、乳酸除去の半減期まで静的回復が25分かかるのに対して、動的回復は11分であった結果に基づいて、動的回復が静的回復の約2倍の速度で乳酸が除去されることを推察している。本研究では血中乳酸濃度の半減期についての測定は行わなかったが、活動的休息群が安静休息群の約2倍の低下率を示したことを考えると、これらの結果は、比較的測定精度の高いと思われる先行研究を支持するものである。よって、本研究で用いた簡易測定機器による測定法は信頼性が高く、実験的指導に活用できるものと思われる。そして、高校における正課授業中という制約された条件下での測定であっても、本研究で試みた実験的指導は、比較的短時間にかつ科学的に証明（説明）できることから、効果的な教育法であることが示唆された。尚、八田⁷⁾は、本研究で使用したような自動乳酸濃度分析器では異常な値が出ても気づきにくい点を指摘し、同じ血液を使用した2回以上の測定や機器の十分なメンテナンスを推奨している。教育現場での活用にあたっては、今後も継続的に測定を重ね、データを蓄積することによってさらに信頼性を高める必要があると考える。

ま と め

本研究は、高校生が正課の授業中にできる範囲の比較的簡便な血中乳酸濃度測定法を用い、激しい運動後に活動的休息を行ったグループと安静休息を行ったグループの血中乳酸値について比較、分析し、その信頼性を検証することにより、身体運動によって生じた疲労回復の仕組みの学習に関して、実験的指導法の有用性を検討することが目的であった。

結果、以下のことが明らかとなった。

- ・実験は、正課授業時間内に行われ、被検者の積極的な協力が得られる形で進行できた。
- ・安静時の血中乳酸濃度、および被検者に課した無酸素運動の内容、ペダリング運動終了5分後の血中乳酸濃度について、安静休息群と活動的休息群の間に有意な差は見られなかった。よって、両群はほぼ同質の集団であり、同一負荷の無酸素運動を実施できたと考えた。
- ・ペダリング運動終了15分後における血中乳酸濃度は、活動的休息群が安静休息群よりも有意に

低値を示し、約2倍の低下率を示した。よって、無酸素運動後に全く運動しないで安静にするよりも、ゆっくりとしたペースで歩行する程度の運動を継続した方が、効率よく疲労回復がなされていることが示された。

- 一連の結果は、比較的測定精度の高いと思われる先行研究を支持するものであり、今回の簡易測定機器による測定法は信頼性が高く、実験的指導に活用できるものと思われた。また、高等学校の授業においても、比較的短時間にかつ科学的に証明（説明）できることから、この実験的指導が効果的な教育法であることが示唆された。ただし、教育現場での活用にあたっては、今後も継続的に測定を重ね、データを蓄積することによってさらに信頼性を高めることが必要であると考えた。

引用・参考文献

- 1) 朝比奈一男：運動生理学。大修館書店:108,1969
- 2) 朝比奈一男：運動とからだ。大修館書店:221,1985
- 3) Davies,C.T.H.:Physical Activity and Cardiovascular Health,Canad.Med.Ass.J.Mar.25, 96 :781,1967
- 4) Edward L Fox 著、渡部和彦訳：選手とコーチのためのスポーツ生理学。大修館書店:79-84,1984
- 5) Fletcher,W.M.and F.G.Hopkins : Lactic acid in amphibian muscle:J.Physiol.25:247-309 ,1907
- 6) Hatree,W.and A.V.Hill : The recovery heat production in muscle:J.Physiol.56:367-381 ,1922
- 7) 八田秀雄：乳酸。ブックハウス・エイチデイ :61,71-74,89,1997
- 8) Hill.A.V.and H.Lupton : The oxygen consumption during running:J.Physiol.56:32,1922
- 9) Hill.A.V.,H.Lupton : Muscular exercise,lactic acid,and the supply and utilization of oxygen:Quart.J.Med.16:135-171,1923
- 10) Hill.A.V : Trails and trails in ppsychology,London,Edward Arnold L.T.D.,357,1965
- 11) 生田香明、猪飼道夫：Mechanical power, 血中乳酸濃度、酸素負荷量による anaerobic work の研究。体力科学 22: 1-8, 1973
- 12) Margaria, R. : Capacity and power of the energy processes in muscle activity: Their practical relevance in athletics. Int. Z. Angew. Physiol. 25: 352-360, 1968
- 13) Meyerhof,O.:Die Energieum wandlungen im Muskel.I.Uber die Beziehungen der Milchsäure zur Warmedbildung und Arbeitsleistung des Muskels in der Anaerobiose:Arch. Ges.Physiol.182:232,1920
- 14) Meyerhof,O. : Die Energieum wandlungen im Muskel. II .Das Schicksal der Milchsäure in der Erholungs periode des Muskels:Arch. Ges.Physiol.182:284,1920
- 15) Meyerhof,O. : Die Energieum wandlungen im Muskel. III .Kohlenhydrat und Milchsäureumsatz im Froschmuskel:Arch. Ges.Physiol.185:11,1920

- 16) 新畑茂充：ストップ・ザ・オーバートレーニング．黎明書房：114-117,1994
- 17) Ryfoll,J.H.：Experiments on lactic acid formation in man:J.Physiol.39:29-32 ,1909
- 18) 進藤宗洋,猪飼道夫編：身体運動の生理学．杏林書院:186-194,1973
- 19) Whipp,B.J.,C.Searl,and K.Wasserman：Oxygen deficit-oxygen debt relationships and efficiency of anaerobic work:J.Appl.Physiol.28(4):452-456.1970