

漸増運動負荷に伴う酸化ストレス度および抗酸化力の変化

種本 翔^{*1} 藤野雅広^{*2} 山下裕之^{*1} 西本哲也^{*2} 児玉 拓^{*2} 長尾光城^{*2}

要 約

生活習慣病などの改善を目的に実施される運動は、強度や時間の設定次第で、活性酸素種の発生増加を引き起こす。簡便な指標による検討が少ないため、心拍数で強度規定し、酸化ストレス度および抗酸化力の変化について検討した。対象は、運動習慣のある男子学生7名(20.3±2.3歳)とした。漸増負荷での自転車エルゴメータを用いた運動を行い、その後30分の安静を設けた。運動前、60%HRR時、80%HRR時、終了後30分の計4回採血し、酸化ストレス度および抗酸化力を測定した。運動に伴い、d-ROMs testは増加傾向を示した。また、BAP testは運動により有意な増加を認めた。抗酸化力において認められた変化は、酸化-抗酸化の均衡が破綻した状態である可能性が示唆された。一定の運動強度を上回る負荷には注意が必要であることが考えられる。

1. 緒言

医療技術の進歩は、飛躍的に国民の健康水準を引き上げた。同時に、いかにして健康寿命の延伸を図るかが関心を集めている。しかしながら、糖尿病や脂質異常症をはじめとした生活習慣病は増加の一途をたどっている。これらと関連して、生体内で発生する活性酸素の研究が、老化¹⁾やDNA損傷²⁾、疾病^{3,4)}など様々な分野で報告されており、我々の健康問題を考える上では、必要不可欠となっている。このような事実から、生活習慣病と活性酸素の関連が強いと考えられる⁵⁾。

酸化ストレスとは、活性酸素種の発生と抗酸化力とのバランスが破綻した状態を指し、加齢や疾病により生じることから、生体における重要な局面をもつとされている。そのため、生活習慣病の改善を目的とした運動についても、より多くの酸素の取り込みなどを必要とするため、これらとの関連性について注目が集まっている。運動による正の側面と負の側面を理解し、その均衡をとることは、大変重要であると考えられている。そのために、多くの研究者によって、運動強度や時間による酸化ストレスとの関係性について多数報告されている⁶⁻⁸⁾。しかしながら、心拍数に関連する指標で運動強度を規定し、酸化ストレスや抗酸化力の変化について検討した報

告は少ない⁹⁾。

そこで本研究では、心拍数という簡便な指標を用いて、運動負荷における酸化ストレスおよび抗酸化力の変化について検討を行った。

2. 方法

2.1 対象

対象は、日常的に運動習慣のあるK大学健康体育学科に所属する男子学生7名とした。身体的特性は、年齢20.3±2.4歳、身長171.2±6.2cm、体重68.8±7.8kg、BMI23.4±1.3kg/m²、体脂肪率15.1±2.8%であった。対象者には、喫煙習慣や疾患がないこと、サプリメントの摂取習慣がないことを確認した。本研究は、ヘルシンキ宣言に基づき、事前に十分な説明を行い、実験参加の承諾を得た上で実施した。実験前日には、激運動は行わないように指示し、アルコール等の摂取も制限した。また、抗酸化物質の関与を除外する目的で前日の夕食後、水分以外の飲食をしない状態で実施した。

2.2 漸増運動負荷試験

漸増運動負荷試験は、90Wから開始し、2分毎に30Wずつ負荷強度が増加する設定で行った。自転車エルゴメーター(75XLⅢ, コンビ社製)を用い、カルポーネン法(%HRRreserve法:%HRR)に

*1 川崎医療福祉大学大学院 医療技術学研究科 健康科学専攻 *2 川崎医療福祉大学 医療技術学部 健康体育学科
(連絡先) 種本 翔 〒701-0193 倉敷市松島288 川崎医療福祉大学
E-Mail: tane_pt@yahoo.co.jp

従った¹⁰⁾。

目標心拍数 = {(220-年齢)-安静時心拍数} × 運動強度 + 安静時心拍数

この計算式から60%および80%となる運動強度の目安となる目標心拍数を設定した。運動は80% HRRになった時点をもって終了とした。その後、30分の安静を設けた。血液サンプルは、運動前、60% HRR時、80% HRR時、運動終了後30分の計4回採取した。

2.3 採血および血液検査

指先部を穿刺し、自己採血で200 μl/回採取した。採取した血液を遠心分離し、血清状態で冷凍保存した。血清からフリーラジカル装置 (F.R.E.E. ウィスマー社製) を用いて酸化ストレス度と抗酸化力を測定した。酸化ストレス度は、d-ROMs Kit (ウィスマー社製)、抗酸化力はBAP Kit (ウィスマー社製) を使用し、各kitのプロトコールに準じて実施した。

2.3.1 d-ROMs test

d-ROMs testは、酸化ストレスの指標として利用されている。血液サンプル中の活性酸素代謝物が、鉄の存在下でフェントン反応により生成されるラジカルがアルキル置換芳香族アミンを酸化させ、有色の誘導体を生成する反応を利用し濃度を測定している (図1)。

2.3.2 BAP test

BAP testは、抗酸化力の指標とされている。特殊な色素基質に結合した三価鉄イオンを含む溶液が、二価鉄イオンに還元されると無色に変化する反応を利用して抗酸化力を測定している。

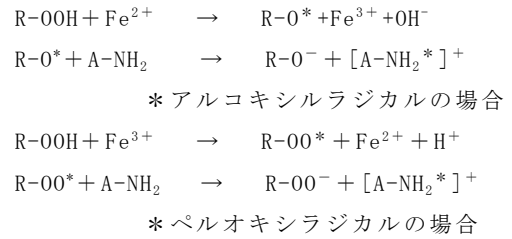


図1 酸化ストレス度 (d-ROMs test) の測定原理

2.4 統計処理

サンプル間の比較には、反復測定による一元配置の分散分析を用いた。さらに、異なる測定時期における差については、多重比較 (Bonferroni) を実施した。統計ソフトは、SPSS ver.18.0 for windowsを用い、有意水準を5%とした。

3. 結果

すべての結果は、平均値 ± 標準偏差で示した。カルボーネン法から算出した60%および80% HRRの目標心拍数は、149.3 ± 3.3bpmおよび174.5 ± 1.7bpmであった。運動負荷時のd-ROMs testの変化は、運動前306.4 ± 35.0CARR.U、60% HRR時328.8 ± 48.0CARR.U、80% HRR時349.0 ± 53.9CARR.U、運動終了30分後322.2 ± 46.4CARR.Uであった (図2)。また、BAP testの変化は、運動前3294.5 ± 168.3 μmol/L、60% HRR時3651.9 ± 116.4 μmol/L、80% HRR時3696.5 ± 237.6 μmol/L、運動終了30分後3400.9 ± 177.5 μmol/Lであった (図3)。

4. 考察

本研究では、有意差を示さなかったものの、酸化ストレス度は増加傾向を示した。先行研究では、高強度かつ長時間の運動によって、酸化ストレスが充

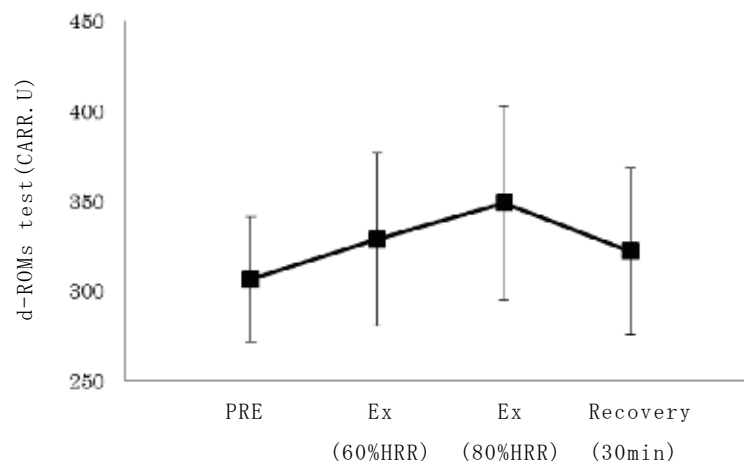


図2 運動負荷による酸化ストレス度 (d-ROMs test) の変化

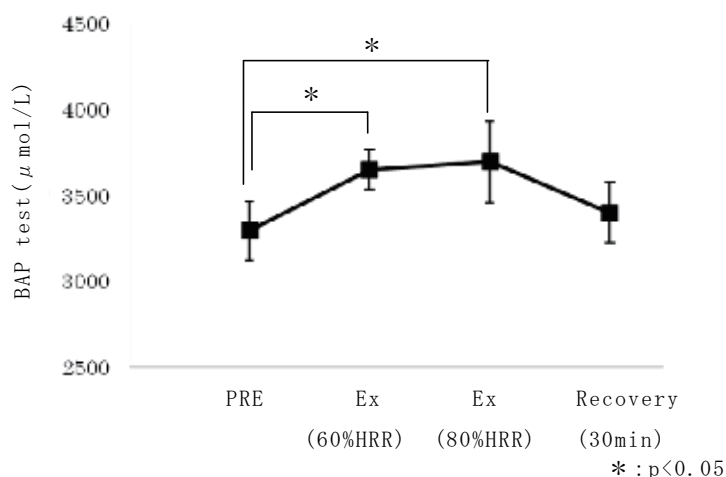


図3 運動負荷による抗酸化力 (BAP test) の変化

進することを示唆する報告が多くみられる⁶⁻⁸⁾。一方、本研究では短時間の高強度運動においても一過性に酸化ストレス度は上昇傾向を示した。しかしながら、抗酸化力においては60%から80%間に酸化ストレス度のような急激な増加傾向は認められなかった。これは、Jammesら¹¹⁾による報告と類似した結果であった。

このことから、抗酸化力の変化については、運動強度の増加に伴い、細胞質や細胞膜上および血中に存在する抗酸化力の働き¹²⁾が活性化し、酸化ストレスの制御に寄与していると考えられている。しかしながら、60%HRRを上回るような運動では、酸化ストレス度が抗酸化力を上回る可能性があり、酸化・抗酸化の均衡が破綻した状態であると推察される。そのため、一定の運動強度を上回る負荷には注

意が必要であることが示唆された。さらに、強度や心拍数という簡便な指標からも、生体内での活性酸素種生成の増加を推察することは十分に可能であるが、今後検討すべき課題も多い。

加齢や疾病の罹患によって、体内の酸化ストレスは多様な変化を起こす。本研究の対象は若年者であった。今後は幅広い年齢層や有病者に対して、運動と酸化ストレスの関係を検討することで、安全面への配慮や、運動機能を維持向上させるために、必要な運動量などを模索していきたい。

謝 辞

本研究を実施するに際して、ご協力頂きました岡山大学病院看護部藤澤芳基氏に深謝いたします。

文 献

- 1) Bokov A, Chaudhuri A and Richardson A : The role of oxidative damage and stress in aging. *Mechanisms Ageing and Development*, **125**(10-11), 811-826, 2004.
- 2) Alessio HM : Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **25**(2), 218-224, 1993.
- 3) Fukui K, Takatsu H, Shinkai T, Suzuki S, Abe K and Urano S : Appearance of amyloid beta-like substances and delayed-type apoptosis in rat hippocampus CA1 region through aging and oxidative stress. *Journal of Alzheimers Disease*, **8**(3), 299-309, 2005.
- 4) Nakamura K, Kusano K, Nakamura Y, Kakishita M, Ohta K, Nagase S, Yamamoto M, Miyaji K, Saito H, Morita H, Emori T, Matsubara H, Toyokuni S and Ohe T : Carvedilol decreases elevated oxidative stress in human failing myocardium. *Circulation*, **105**(24), 2867-2871, 2002.
- 5) Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, Nakayama O, Makishima M, Matsuda M and Shimomura I : Increased oxidative stress in obesity and its impact on metabolic syndrome. *Journal of Clinical Investigation*, **114**(12), 1752-1761, 2004.
- 6) Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M and Belcastro AN : Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, **56**(3), 313-316, 1987.
- 7) Bloomer RJ, Goldfarb AH and McKenzie MJ : Oxidative stress response to aerobic exercise : comparison of antioxidant

- supplements. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, **38**(6), 1098–1105, 2006.
- 8) 森河亮, 稲水惇, 小笠原忍: 運動がスーパーオキシドジスムターゼ (SOD) と血中過酸化脂質に及ぼす影響. *臨床スポーツ医学*, **17**(11), 1372–1377, 2000.
 - 9) Takahashi M, Suzuki K, Matoba H, Sakamoto S and Obara S: Effects of different intensities of endurance exercise on oxidative stress and antioxidant capacity. *The Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, **1**(1), 183–189, 2012.
 - 10) Karvonen MJ, Kentala E and Mustala O: The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicine Experimentalis et Biologiae Fennica*, **35**(3), 307–315, 1957.
 - 11) Jammes Y, Steinberg JG, Brégeon F and Delliaux SI: The oxidative stress in response to routine incremental cycling exercise in healthy sedentary subjects. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, **144**(1), 81–90, 2004.
 - 12) Finaud J, Lac G and Filaire E: Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports Medicine*, **36**(4), 327–358, 2006.

(平成24年11月24日受理)

Changes of Oxidative Stress and Antioxidant Status during Incremental Load Exercise

Sho TANEMOTO, Masahiro FUJINO, Yasuyuki YAMASHITA, Tetsuya NISHIMOTO,
Taku KODAMA and Mitushiro NAGAO

(Accepted Nov. 24, 2012)

Key words : reactive oxygen metabolites, oxidative stress, antioxidant status, incremental load exercise

Abstract

[Purpose]

The aim of this study was to examine changes of oxidative stress and antioxidant status during incremental load exercise prescribed by a simple index.

[Subjects]

Seven students participated in this study.

[Method]

Subjects performed incremental load exercise on a cycle ergometer. Blood samples were taken at 4 time points: before exercise(Pre), at 60%HRR, 80%HRR, and 30 minutes after exercise, to analyze oxidative stress(d-ROMs) and antioxidant status(BAP).

[Results]

d-ROMs showed a tendency to increase. BAP were significantly higher in 60%HRR and 80%HRR compared with Pre.

[Conclusion]

These results suggested that more attention should be paid to load than on constant intensity.

Correspondence to : Sho TANEMOTO

Doctoral Program in Health Sciences
Graduate School of Health Science and Technology
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-0193, Japan
E-Mail : tane_pt@yahoo.co.jp

(Kawasaki Medical Welfare Journal Vol.22, No.2, 2013 214–217)