

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2006～2008
課題番号：18500493
研究課題名 (和文) 最大酸素摂取量が呼吸循環系指標であるならば死腔増加法で把握できる呼吸機能
研究課題名 (英文) Analysis of the contribution of the respiratory system to the maximal oxygen uptake using the artificially Added Dead Space Method
研究代表者 小林 康孝 (KOBAYASHI YASUTAKA) 帝京平成大学・現代ライフ学部・教授 研究者番号：80225549

研究成果の概要:健康成人を被験者に口径35mmの蛇管を呼気マスクに連結して、蛇管容積820mlを人工的な死腔量と固定し、平地での低酸素環境を設定した。その結果、運動時の同一心拍数における酸素摂取量が低下し、推定最大酸素摂取量は、96 - 56 (平均82) %VO₂max に低下し、約3,150mの高地運動にまとめられた。さらに、この酸素摂取量の低下と運動時の換気能低下(換気当量の増加)とが呼応し、死腔増加法による呼吸能力の把握が可能となった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,900,000	0	2,900,000
2007年度	500,000	150,000	650,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	300,000	4,200,000

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：最大酸素摂取量、呼吸循環系、死腔増加法、呼吸機能

1. 研究開始当初の背景

最大酸素摂取量の計測が可能となり、測定値は呼吸循環系指標として活用されるようになった。この呼吸循環系の機能充進を目指して、高地トレーニングが実施されている。しかし、その適応能において、極めて大きな個人差が存在することが知られているが、その成因は不明である。そこで、平地において低酸素環境を容易にもたらし意図で、「死腔付加法」を考案し、特に呼吸機能の把握に努めた。

2. 研究の目的

(1) 人工的に死腔を増加させ、徐々に酸素分圧が低下する模擬高地環境下で生じる呼吸循環応答を観察し、この低酸素刺激での循環適応を把握することを研究目的とする。

(2) この人工的な死腔増加法の結果を基に、低酸素環境における適応能の個人差について把握する。

3. 研究の方法

健康成人を被験者に、口径 35mm の蛇管を呼気マスクに連結して、蛇管容積 820ml を人工的な死腔量として固定し、平地での低酸素環境を設定した。

なお、酸素摂取量の測定は、呼吸流量計に併設したガス分析器 VO2000 (メディカルグラフィック社・米国) を用い、心拍数 (バンテージ XL、Polar 社) と同時記録した。

(1) 安静時の測定：座位安静を経て、5 分間の安静時記録、続けて死腔増加時の 5 分間を記録した。

(2) 運動負荷試験：運動は、トレッドミル斜度 0%にて、1 段階を 2 分間運動として、先ず 5km/時の歩行、続けて走速度 8、9、10、11、12km/時の計 6 段階・12 分とした。死腔増加時の運動では、蛇管装着後 4 分後に歩行を開始した。

4. 研究成果

(1) 安静時、低運動強度における死腔増加の影響 (図 1)

安静時、低運動強度下における死腔増加の影響は、換気量のみを明確に増加させる (A) 呼吸中枢刺激になるものの、酸素摂取量 (B) ならびに心拍数 (C) を増加させる刺激ではなかった。

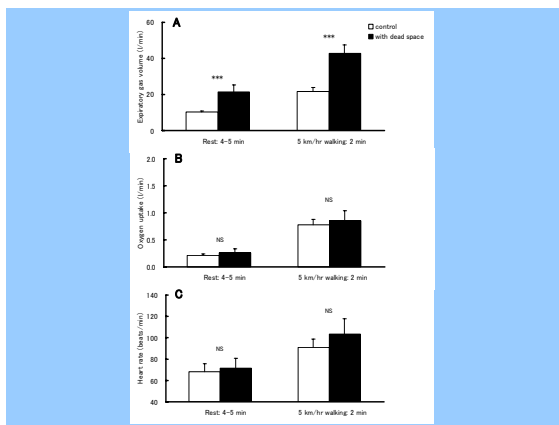


図 1 安静時・低運動強度での死腔増加

(2) 酸素摂取量-心拍数関係に与える死腔増加の典型例 (図 2)

酸素摂取量-心拍数の関係に対する死腔増加の影響は、直線の下方向移動として呈示され、同一心拍数における酸素摂取量が低下した。

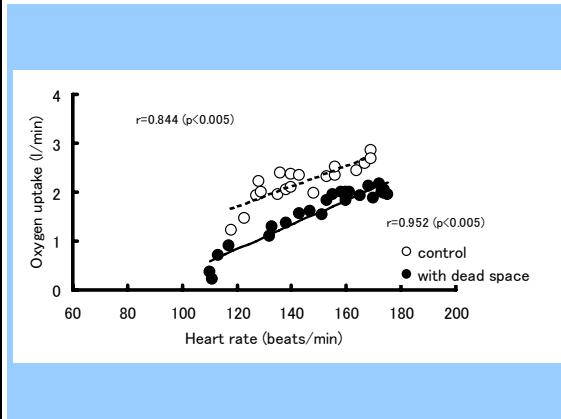


図 2 酸素摂取量-心拍数と死腔増加

(3) 心拍水準と酸素摂取量の関係に与える死腔増加の影響 (図 3)

死腔増加による酸素摂取量の低下には、著しい個人差が観察された。

心拍数 160 拍/分における酸素摂取量は、死腔増加により 71 から 57% VO_{2max} に低下し、さらに、180 拍/分では 86 から 70% VO_{2max} に低下し、さらに最大酸素摂取量は、82% VO_{2max} に低下した。

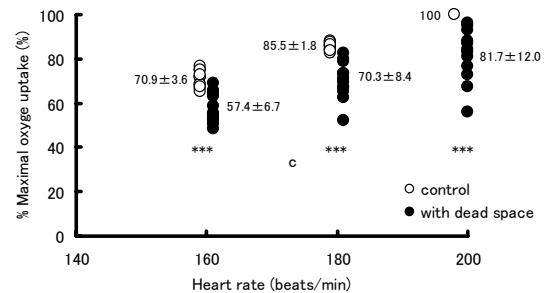


図 3 運動時の酸素摂取量と死腔増加

(4) 死腔増加による心拍水準 160 拍/分での酸素摂取量低下と最大酸素摂取量低下の関係 (図 4)

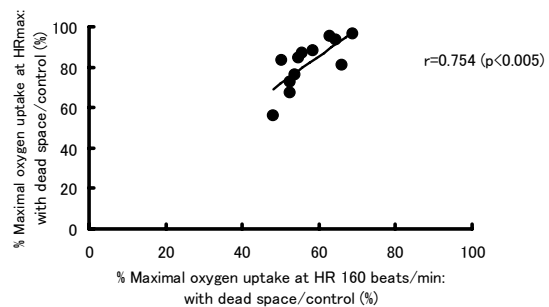


図 4 死腔増加による酸素摂取量低下

死腔増加において、心拍数 160 拍/分と最大心拍数での酸素摂取量 (VO_{2max}) の間には正の相関が認められた。死腔増加に伴う最大酸素摂取量の低下は、160 拍/分水準で既に推定が可能となる。

(5) 死腔増加法での低酸素環境 (図 5)

被験者の推定 VO_{2max} は、11.7~16.6METSであり、死腔増加により 96~56 (平均 82)% VO_{2max} に低下し、この平均値は、約 3, 150m の高地運動に相当した。

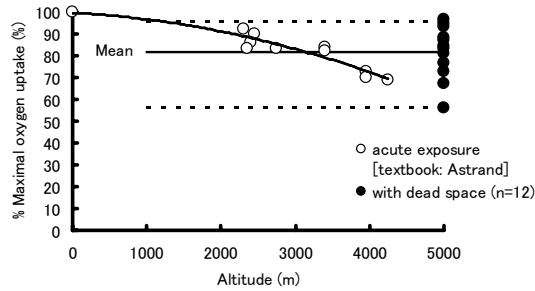


図 5 死腔増加と高地環境

(6) 死腔増加での最大酸素摂取量の低下と、最大酸素摂取量 (METS) の関係 (図 6)

被験者の推定 VO_{2max} と死腔増加時の% VO_{2max} は、無相関であった。したがって、死腔増加時の最大酸素摂取量の低下は、最大酸素摂取量 (METS) の大小とは無関係となった。

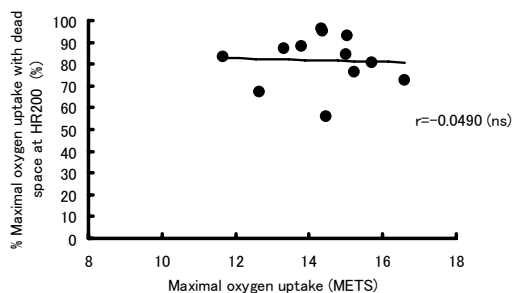


図 6 最大酸素摂取量と死腔増加

(7) 運動時の換気当量に対する死腔増加の影響 (図 7)

換気当量 ($l/100mlO_2$) は、運動により減少し、運動強度とは無関係に一定値を示した。死腔増加時の換気当量は、安静時・運動時ともに有意に増加し、死腔増加時における換気効率の低下が呈示された。

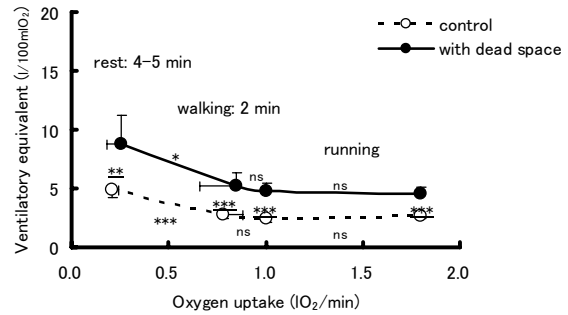


図 7 換気当量と死腔増加

(8) 死腔増加における酸素摂取量の低下と安静時換気当量の関係 (図 8)

安静時の%換気当量 (死腔: +/-) と心拍水準 160 拍/分における%酸素摂取量 (死腔: +/-) には有意な相関が認められなかった。また、安静時の%換気当量 (死腔: +/-) と最大心拍数における%酸素摂取量 (死腔: +/-) にも有意な相関が認められず、死腔増加による運動時の酸素摂取量低下と安静時換気能とは無関係となった。

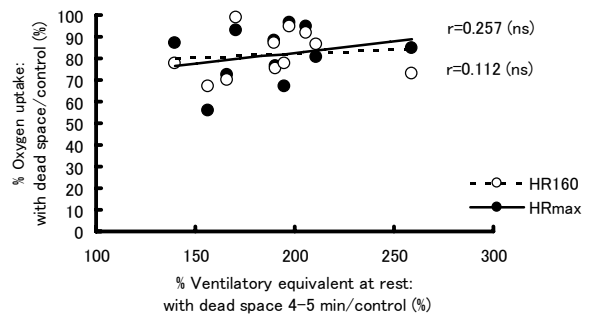


図 8 安静時換気量と酸素摂取量

(9) 死腔増加における酸素摂取量の低下と換気当量の関係 (図 9)

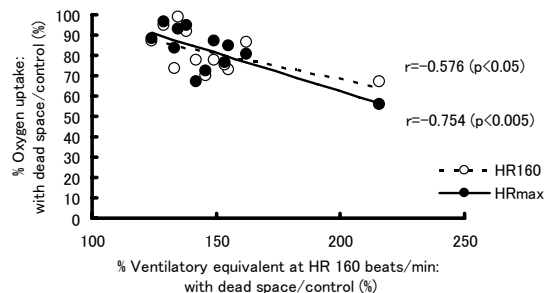


図 9 運動時換気当量と酸素摂取量

心拍水準 160 拍／分における%酸素摂取量 (死腔：＋／－) と換気当量 (死腔：＋／－) には有意な負相関が認められた。また、180 拍／分における%酸素摂取量 (死腔：＋／－) と 160 拍／分時の換気当量 (死腔：＋／－) にも有意な負相関が認められ、死腔増加時の酸素摂取量低下は、運動時の換気能低下 (換気当量の増加) によることが呈示された。

今回、健康成人を被験者に口径 35mm の蛇管を呼気マスクに連結して、人工的な 820ml の死腔増加による呼吸循環応答を観察した。その結果、運動時の同一心拍数における酸素摂取量が低下し、推定最大酸素摂取量は、96 - 56 (平均 82) %V_{O2}max に低下し、この平均値は約 3,150m の高地運動にまとめられた。さらに、この酸素摂取量の低下と運動時の換気能低下 (換気当量の増加) とが呼応し、死腔増加法による呼吸能力の把握が可能となった。

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 8 件)

- ① 小林康孝、喫煙は肺胞の破壊行為、みんなのスポーツ、31 巻 3 号、36-37、2009、査読：無
- ② 小林康孝、循環器に起因する、運動中の事故は心臓、運動後の事故は脳、みんなのスポーツ、31 巻 1 号、44-45、2009、査読：無
- ③ 小林康孝、赤血球の増加を利用したのが高地トレーニング、みんなのスポーツ、30 巻 12 号、36-37、2008、査読：無
- ④ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, 2 minutes immersion at 8 degree C. water temperature is an optimum method to produce vasoconstriction selectively in a cold pressure test. The Journal of Physiological Science, 57(Suppl.), S187, 2007, 査読：有
- ⑤ 小林康孝、アドレナリン分泌閾値下の交感神経活動の興奮刺激、体力科学、56 巻 6 号、649、2007、査読：有
- ⑥ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, Inalterable early recovery in oxygen uptake after sub-maximal exercise with or without artificially increased dead space. The Journal of Physiological Science, 56(Suppl.), S232, 2006, 査読：有

- ⑦ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, Selective stimulation in vasoconstriction of vascular smooth muscle in cold pressure test. Advances in Exercise and Sports Physiology, 12(3), 105, 2006, 査読：有
- ⑧ 小林康孝、吉岡利忠、循環系の諸臓器は自律神経活動の同じ緊張効果を呈しているだろうか？ 体力科学、55 巻 6 号、659、2006、査読：有

[学会発表] (計 6 件)

- ① 小林康孝、アドレナリン分泌閾値下の交感神経活動の興奮刺激、第 62 回日本体力医学会大会、2007. 9. 14-16、秋田市
- ② 小林康孝、運動・栄養・健康情報にみる真実の顔をしたウソ、第 15 回日本運動生理学会 2007. 7. 26-27、弘前市
- ③ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, 2 minutes immersion at 8 degree C. water temperature is an optimum method to produce vasoconstriction selectively in a cold pressure test. 84th Annual Meeting of the Physiological Science of Japan, 2007. 3. 20-23, 大阪市
- ④ 小林康孝、吉岡利忠、循環系の諸臓器は自律神経活動の同じ緊張効果を呈しているだろうか？ 第 61 回日本体力医学会大会、2006. 9. 24-26、神戸市
- ⑤ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, Selective stimulation in vasoconstriction of vascular smooth muscle in cold pressure test. 14th Annual Meeting of Advances in Exercise and Sports Physiology, 2006. 7. 29-30, 東広島市
- ⑥ Kobayashi Yasutaka and Yoshioka Toshitada, Inalterable early recovery in oxygen uptake after sub-maximal exercise with or without artificially increased dead space. 83rd Annual Meeting of the Physiological Science of Japan, 2006. 3. 28-31, 前橋市

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
小林 康孝 (KOBAYASHI YASUTAKA)
帝京平成大学・現代ライフ学部・教授
研究者番号：80225549
- (2) 研究分担者
なし
- (3) 連携研究者
なし