

吸高氧对赛艇运动员大强度运动后血乳酸、酸碱度的影响

胡永欣,肖国强

(华南师范大学 体育科学学院 广东 广州 510631)

摘 要 观察赛艇运动员运动后吸入高氧对乳酸(La)、碳酸氢根离子(HCO_3^-)和pH值的影响,实验使用测功仪在15 min内划完4 000 m的运动负荷,测试吸氧量(VO_2)、心率(HR)、血La、血pH值和 HCO_3^- 浓度。结果表明,吸氧组与不吸氧组相比,吸氧组血La、pH值恢复得较快,并在运动后5、10 min有显著性差异,同样吸氧组 HCO_3^- 恢复得较快,且在运动后20、30 min有显著性差异。结果提示,运动后吸氧可能改善体内酸性环境,加快乳酸的消除,有助于机体的恢复。

关键词 高氧,血乳酸,碳酸氢根离子,pH值,大强度运动

中图分类号:G861.414 文献标识码:A 文章编号:1006-7116(2002)06-0131-03

Effects of inhaling hyperoxic oxygen on metabolism of lactate after intensive exercise

HU Yong-xin, XIAO Guo-qiang

(Institute of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract In order to investigate the effects of hyperoxic inhalation on lactate(La), HCO_3^- and pH after intense exercise, 8 rowing athletes finished 4 000 meter in 15 min on the rowing ergometer. The results showed that removal of lactate, HCO_3^- and pH in hyperoxic inhalation group were quicker than normal group. Lactate decreased and pH increased significantly in hyperoxic inhalation group compared with that in normal group 5 and 10 min after inhaling oxygen. HCO_3^- of hyperoxic inhalation group increased significantly compare with that in normal group 20 and 30 min after inhaling oxygen. In conclusion, hyperoxic inhalation would be helpful to recovery after intensity exercise.

Key words hyperoxic inhalation, blood lactate, HCO_3^- , pH, high intensity exercise

近年来关于造成疲劳机制的研究很多^[1-3],例如衰竭学说、代谢产物堆积学说、离子代谢紊乱、氧自由基-脂质过氧化等。乳酸的堆积会造成体力下降,是疲劳的原因之一。运动会使氧自由基大量生成,引起疲劳的发生,这些已被广泛接受,因此现代应用的各种促进体力恢复的手段也多种多样,恢复过程对于运动员从事下一次运动训练起着特别重要作用。吸氧作为一种促进体力恢复的手段,曾用于提神、改善睡眠,临床上已成为一门应用学科,对休克、缺氧等疾病有很好的治疗效果^[4]。运动会加快氧的消耗,利用运动停止后体内由于过量氧耗,机体对氧的需求仍很高。为此,本研究旨在观察运动后吸氧对血乳酸的消除和血气指标(反映血液中气体代谢的指标)的影响,为机体疲劳尽快消除的恢复手段提供实验依据。

1 对象与方法

受试者为广东省赛艇队男子公开级赛艇运动员8人,级别均在国家一级运动员以上,运动史为5年以上,平均年龄(24.3±3.3)岁,身高(190.9±2.3)cm,体重(92.9±4.9)kg和最大吸氧量(5.67±0.3)L/min。8名运动员分别在

两天完成相同的负荷,即在赛艇测功仪(Concept II, USA)上15 min内完成4 000 m的定量运动负荷。全体受试者均完成两次相同的定量运动负荷试验(见表1,两组定量运动负荷之间未见显著性差异)。运动后即刻吸正常空气自然恢复为对照组,第2 d在相同的时间和实验条件下,运动后即刻吸体积分数为70%氧气和30%的氮气混和气体(即高氧)为实验组,吸高氧的时间为30 min。

每次试验前,要求受试者静坐在赛艇测功仪上,心率在75次/min以下开始运动。与此同时,在安静时、运动后即刻及运动后5、10、20和30 min,由手指尖部位各取1 mL血,测定血La(ISY-1500全血乳酸分析仪)、血pH值、 HCO_3^- 、SE(标准碳酸氢盐)、BE(剩余碱)、 PO_2 (氧分压)、 PCO_2 (二氧化碳分压)(IRMA Series 2000 Blood Analysis System Diagnostics Medical Inc., St. Paul, MN, USA)并采用携带式气体分析仪(COSMED K4RQ, COSMED S. r. l., Rome, Italy)测定 VO_2 (吸氧量)、 VE (通气量)及HR(心率)。

实验所有数据用SPSS10.0软件进行统计分析,实验设计采用自身对照,所以采用配对t检验,文中数据用平均值加标准差来表示。

表1 两次运动负荷相关参数 $\bar{x} \pm s$

次序	人数	时间	功率/W	平均速度	划桨频数/ (b·min ⁻¹)
1	8	13min33s ± 14s	331.1 ± 18.9	1min41s ± 2s	24.5 ± 0.8
2	8	13min34s ± 12s	331.4 ± 13.9	1min41s ± 2s	24.5 ± 1.4

2 结果

2.1 吸氧对血 La 消除的影响

运动后即刻吸氧组和不吸氧组的血 La 与安静时都显著升高 ($P < 0.05$) ,随后在恢复期都开始回降 ,到运动后 30 min 两组都没有恢复到安静时的水平 ,并且仍有显著性差异 ($P < 0.05$) ,但两组之间比较 ,恢复的速率是不同的 ,吸氧组比不吸氧组恢复得更快 ,采用配对 t 检验 ,发现在

吸氧 5、10 min 有显著性差异 ($P < 0.05$) ,见表 2。

2.2 吸氧对血液 pH 值的影响

运动后 ,两组的血液 pH 值与安静时比较均显著下降 ($P < 0.05$) ,恢复期与运动后即刻相比较 ,两组都开始回升 ,两组之间比较发现吸氧组比不吸氧组恢复得更快 ,且在吸氧 5、10min 有显著性差异 ($P < 0.05$) ,并在吸氧 30 min 恢复到正常水平 ,而不吸氧组仍与安静时有显著性差异 ($P < 0.05$) ,见表 2。

2.3 吸氧对碱储备 HCO₃⁻ 的影响

运动后两组的 HCO₃⁻ 均显著性降低 ($P < 0.05$) ,恢复期与运动后即刻比较都有所恢复 ,而两组恢复的速度并不相同 ,两组进行配对 t 检验 ,吸氧组比不吸氧组恢复得快 ,并在吸氧 20、30 min 有显著性差异 ($P < 0.05$) ,见表 2。

表2 运动后吸氧与不吸氧运动员血 La、pH 和 HCO₃⁻ 的变化 $\bar{x} \pm s$

检测时间	c(La)(mmol·L ⁻¹)		pH		c(HCO ₃ ⁻)(mmol·L ⁻¹)	
	不吸氧	吸氧	不吸氧	吸氧	不吸氧	吸氧
安静时	2.68 ± 1.03	2.25 ± 0.60	7.399 ± 0.03	7.397 ± 0.02	25.80 ± 1.41	25.75 ± 0.99
运动后即刻	11.25 ± 1.31 ¹⁾	10.74 ± 1.46 ¹⁾	7.202 ± 0.03 ¹⁾	7.218 ± 0.04 ¹⁾	14.90 ± 0.96 ¹⁾	15.24 ± 1.50 ¹⁾
运动后 5 min	11.22 ± 1.42 ¹⁾	9.53 ± 1.31 ¹⁾²⁾	7.218 ± 0.03 ¹⁾	7.233 ± 0.03 ¹⁾²⁾	15.24 ± 1.26 ¹⁾	15.75 ± 1.75 ¹⁾
运动后 10 min	9.85 ± 1.52 ¹⁾	7.81 ± 0.93 ¹⁾²⁾	7.252 ± 0.03 ¹⁾	7.302 ± 0.06 ¹⁾²⁾	17.09 ± 1.92 ¹⁾	18.10 ± 2.49 ¹⁾
运动后 20 min	7.09 ± 1.20 ¹⁾	5.90 ± 2.18 ¹⁾	7.327 ± 0.05 ¹⁾	7.346 ± 0.04 ¹⁾	19.48 ± 1.42 ¹⁾	21.20 ± 1.36 ¹⁾²⁾
运动后 30 min	5.10 ± 1.52 ¹⁾	4.71 ± 1.38 ¹⁾	7.369 ± 0.02 ¹⁾	7.387 ± 0.05	21.51 ± 1.51 ¹⁾	23.01 ± 1.44 ¹⁾²⁾

1)与安静时比较 $P < 0.05$ 2)吸氧组与不吸氧组比较 $P < 0.05$

3 讨论

赛艇运动员在 15 min 内完成 4 000 m 的运动负荷 ,主要依靠糖酵解无氧代谢系统供能 ,乳酸是终产物 ,运动时主要在骨骼肌中产生 ,并穿梭于组织细胞之间 ,运动后乳酸的代谢去路有三 :在骨骼肌、心肌中进一步氧化成二氧化碳和水 ,在骨骼肌、肝中重新合成葡萄糖和糖原 ,转变成脂肪酸等 ,其中前两个是最主要的。赛艇运动员运动后即刻 ,血乳酸显著升高 ,有的运动员在 3 min 后仍有提高 ,这可能是由于机体代谢水平仍很高 ,仍处于缺氧状态。随后血乳酸开始下降并恢复 ,但在运动后 30 min 并不能恢复到安静水平 ,这与以往的研究是相同的^[5]。血中 pH 值、HCO₃⁻ 在运动后即刻也是显著性降低 ,运动停止后开始回升并恢复 ,到运动后 30 min 只有 pH 值恢复到正常水平。

根据 Costill^[6] 的实验结果 ,运动后血乳酸与各血气指标都高度相关并呈相反方向变化 ,相关系数在 -0.72 ~ -0.88 ,Buond^[7] 报道血乳酸与 HCO₃⁻ 相关系数为 -0.93。我们的研究也发现了类似的结果 ,所以文中只选取了 pH、HCO₃⁻ 加以分析。Yamauch^[8] 报告了健康男性在极限下和极限运动时比较乳酸、血气各指标的变化(pH、SB、BE、PO₂、PCO₂) ,直接测定血 La ,可作为运动时代谢性酸中毒最准确和可靠的指标。国内外大量研究表明^[9-11] ,大运动量运动结束后 ,血乳酸浓度增加 ,递增负荷运动 ,负荷的强度增加 ,额外的乳酸量逐渐增加 ,为此 ,pH、HCO₃⁻ 逐渐降低 ,所以血乳酸的堆积影响了内环境的酸碱度 ,从而影响

中枢神经系统的兴奋性 ,肌肉兴奋性降低 ,多种酶的活性受抑 ,引起运动性疲劳。运动后由于机体代谢水平仍然很高 ,出现过氧耗 ,所以仍处于缺氧状态 ,使得肌乳酸、血乳酸不能尽快转变为糖或分解成二氧化碳和水。本研究就是以人工方法补充比正常状态高出数倍 ,体积分数为 70% 的氧 ,以对抗机体缺氧状态。本实验表明 ,运动后即刻吸氧 ,可使血氧饱和度立刻恢复到 96% ~ 99% ,血乳酸的消除速度 ,吸氧组优于不吸氧组 ,并在吸氧后 5、10 min 有显著性差异 ,这与对中长跑运动员定量负荷后给予吸氧的实验结果有相同的结论 ,运动后吸氧可加快乳酸的消除。Linnarsson 等人^[12] 的研究也报道了吸入高氧分压的气体将降低乳酸量 ,吸入低氧分压的气体将增加乳酸量。

前人的研究只是研究了高氧对乳酸的影响 ,并未将其与血气指标联系 ,我们的研究则检测高氧对乳酸和血气指标的影响 ,整体观察内环境的变化。在以往的研究中^[13] ,逐级递增负荷至力竭的蹬车运动后 30 min ,体积分数为 70% O₂ 吸氧组的血清和红细胞中的 MDA 低于不吸氧组 ,而红细胞中的 MDA 明显降低。同时 SOD、GSH 及红细胞中的 GSH 明显高于不吸氧组。表明运动后吸氧 ,血液中氧的浓度增加 ,明显促进红细胞 SOD 及血清中 GSH 的活力。由于吸氧可使 LDH(乳酸脱氢酶) CK(肌酸激酶) ALP(碱性磷酸酶)等活性下降^[14] ,促进红细胞形态的改变^[15]。这些变化改善了组织细胞缺氧状态 ,有利于酸性产物的消除 ,内环境 pH 值恢复正常 ,降低了细胞膜的通

透性,所以这些酶外流减少,活性显著降低。本文也证实了这一点,吸氧组的 pH 值更快地回到正常水平,在恢复期吸氧组 pH 恢复情况优于对照组,并在 5、10 min 有显著性差异,而且吸氧组在 30 min 时恢复到正常水平,而不吸氧组仍与正常值有显著性差异,说明运动后吸高氧可改善体内酸性环境,加快身体的恢复。

高氧条件下 L_a 等各种酸性物质更快的消除后,血中碱储备也比对照组恢复的更快,吸氧组 HCO_3^- 恢复的速率优于对照组,并在 20、30 min 时与对照组有显著性差异。

参考文献:

- [1] Beicastro AN, Bonen A. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise[J]. J Appl Physiol, 1975, 39: 932-936.
- [2] Bond V, Adams RG, Tearney RJ, et al. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function[J]. J Sports Med Phys Fitness, 1991, 31: 357-361.
- [3] Toshihiro ISHIKO. Sports Physiology for Healthful Fitness [M]. Tokyo: Press of Aning, 2000.
- [4] Tsvetkova AM. The justification of interval hypoxic training protocol. Proceedings 2th international conference on hypoxic medicine [R]. 1998, Moscow: 93-94.
- [5] Xiao Guoqiang. Relationship between oxygen consumption on recovery after maximal exercise and blood lactate, glucose and alanine metabolism[J]. Journal of Modern Clinical Medical Bioengineering, 2000, 3(3): 175-177.
- [6] Costill DL, Verstappen F, Kuipers H, et al. Acid-base balance during repeated bouts of exercise: Influence of HCO_3^- [J]. Int J Sports Med, 1984, 5: 228-231.
- [7] Buono MJ. Acid-base metabolic and ventilatory responses to repeated bouts of exercise[J]. J Appl Physiol, 1982, 53: 436-441.
- [8] Yamauchi T, Matsui N. Effect of blood pH on plasma ammonia and lactate concentrations during incremental exercise in man[J]. 1996, 2(2): 73-78.
- [9] Kowalchuk JM, Heigenhauser GJF, Jones NL. Effect of pH on metabolic and cardiorespiratory responses during progressive exercise[J]. J Appl Physiol, 1984, 57: 1558-1563.
- [10] Lambert CP, Greenhaff PL, Ball D, et al. Influence of sodium bicarbonate ingestion on plasma ammonia accumulation during incremental exercise in man[J]. Eur J Appl Physiol, 1993, 66: 49-54.
- [11] Mainwood GW, Worsley-Brown P. The effects of extracellular pH and buffer concentration on the efflux of lactate from frog sartorius muscle[J]. J Physiol (Lond), 1975, 250: 1-22.
- [12] Linnarsson D. Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise and hypoxia and hyperoxia[J]. J Appl Physiol, 1974, 36: 399-410.
- [13] Huang Jia, Xiao Guoqiang, Qiu Zhuojun, et al. Effects of inhalation of oxygen on free radicals metabolism and oxidative, antioxidative capability of erythrocyte after intensive exercise[J]. Chin J Sports Med, January 2002, 21(1): 41-43.
- [14] 金其贵. 高压氧对力竭性运动后血乳酸消除和肝酶谱恢复的影响[J]. 体育与科学, 1997, 18(1): 34-39.
- [15] Xiao Guoqiang, Huang Jia, Qiu Zhuojun, et al. Effects of inhalation of oxygen on morphology of erythrocyte and blood fluidity after intensive exercise[J]. Chin J Sports Med, January, 2002, 21(1): 37-40.

[编辑:李寿荣]