

运动训练期间不同时间常压吸氧对小白鼠血清 SOD、MDA 的影响^①

卢珍梅¹, 杨永浩¹, 梁柳丹¹, 韦维¹, 何显教²②

(1. 右江民族医学院临床医学本科 2010 级, 广西 百色 533000 E-mail:496276671@qq.com;
2. 右江民族医学院生理学教研室, 广西 百色 533000)

摘要:目的 探讨运动训练期间不同时间常压吸氧对小白鼠血清超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)含量的影响。
方法 100 只昆明种小白鼠,随机分为非运动训练组、运动训练不吸氧组、运动训练前吸氧组、运动训练后吸氧组、运动训练前后均吸氧组共五组,每组 20 只。除非运动训练组外,其余各组每天进行 30 min 的无负重游泳训练,在运动训练前、后不同时间给予吸入一定量的氧气或不吸氧。运动训练后第 21 d 清晨,每组各取 10 只,测血清 SOD、MDA 含量;另外 10 只进行游泳力竭运动,运动后取血,测量血清 SOD、MDA。**结果** 在安静状态下运动训练后的各组血清 SOD 活力均高于非运动训练组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),运动训练不吸氧组和运动训练前吸氧组 SOD 活力低于运动训练后吸氧组($P < 0.01$);经运动训练不吸氧组和运动训练后吸氧组,其血清 MDA 含量高于非运动训练组和运动训练前吸氧组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。力竭运动后,经过运动训练之后不管吸氧与否,其血清 SOD 活力均高于非运动训练组和运动训练前吸氧组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);运动训练前吸氧组的 MDA 含量低于运动训练不吸氧组或运动训练后吸氧组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。除运动训练后吸氧组外,非运动训练组的 MDA 含量均高于其他各组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。**结论** 运动训练期间,于运动训练前吸入一定量的氧气,可减轻自由基的损伤,延缓运动性疲劳的发生,但运动训练后吸氧可能会引起自由基损伤。

关键词: 运动训练;氧气;超氧化物歧化酶;丙二醛;小鼠

中图分类号: R459.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5817(2015)01-0008-03

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2015.01.003

The effect of inhaling oxygen at different time during sport training on serum SOD, MDA in mice

Lu Zhenmei¹, Yang Yonghao¹, Liang Liudan¹, Wei Wei¹, He Xianjiao²

(1. Undergraduate at Grade 2010, Department of Clinical Medicine, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China E-mail:496276671@qq.com; 2. Department of Physiology, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract: Objective To observe the effect of inhaling oxygen at different time during sport training on serum superoxide dismutase(SOD) and malomalondialdehyde (MDA) in mice. **Methods** One hundred Kunming mice were randomly divided into five groups: no sport training group, sport training without oxygen inhalation group, oxygen inhalation before sport training group, oxygen inhalation after sport training group, oxygen inhalation before and after sport training group. Except for the no sport training group, four groups were forced to swim 30 minutes every day without weight loading, and were or not exposed to 50% oxygen before or/and after exercise training. After 20 days of training, serum MDA and SOD were measured in 50 mice (10 in each group) in a quiet state, another 10 mice in each group were measured after swimming exhaustion. **Results** In a quiet state, the SOD activities in every sport training group were higher than the no sport training group($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and SOD activity in sport training without oxygen inhalation group and oxygen inhalation before sport training group were lower than that in oxygen inhalation after sport training group($P < 0.01$). The MDA amount in sport training without inhalation oxygen group and inhalation oxygen after sport training group were higher than those in no sport training group or inhalation oxygen before sport training group($P < 0.05$ or $P < 0.01$). After exhaustive exercise, whether inhaling oxygen or not, serum SOD activity of sport training group were higher than no sport training or inhaling oxygen before exercise ($P < 0.05$ or $P < 0.01$);MDA content of oxygen inhalation before sport training was lower than only training without inhalation oxygen, or oxygen inhalation after sport training($P < 0.05$ or $P < 0.01$). Except for oxygen inhalation after sport training group, the MDA amount of no sport training group were higher than other groups ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). **Conclusion** During sport training, a certain amount of oxygen inhalation before athletic training can help reduce free radical damage, delay the occurrence of sport fatigue, but inhaling oxygen after exercise training may cause free radical damage.

Key words: sport training; oxygen; superoxide dismutase; malomalondialdehyde; mice

① 基金项目:2013 年度广西壮族自治区级大学生创新训练计划立项项目(QJXC201333)

② 通讯作者, E-mail: hxj60025@163.com

已证实,运动时自由基增多,引起脂质过氧化反应,是导致运动性疲劳发生的一个重要原因。有研究表明,通过各种方法减轻自由基的产生,可延缓运动性疲劳的发生^[1-2]。有研究报道,运动前或运动后吸入一定量氧气,可促进运动恢复,提高运动耐力^[3-4]。然而在运动训练期间能否通过吸入适量氧气,以提高运动训练效果,提高竞赛时的运动成绩,目前研究报道很少,值得探讨。本实验于运动训练前、后不同时期给小白鼠吸入一定量的氧气进行预处理,探讨运动训练期间吸入氧气对自由基代谢的影响,为运动训练提供参考。

1 材料和方法

1.1 实验动物分组 健康昆明种小白鼠 100 只,雄性,体质量 18~20 g[清洁级,动物合格证号:SVXK(桂)2009-003,由右江民族医学院科学实验动物中心提供]。标准啮齿类动物饲料喂食,自由饮食,动物室温度控制在 22~28 ℃。实验动物按 5% 体质量负重游泳,以游泳力竭时间相近(±5 min 以内)进行随机分组。如果小白鼠游泳力竭时间少于 10 min,或者大于 25 min,则摒弃。实验动物随机分为五组:即非运动训练组、运动训练不吸氧组、运动训练前吸氧组、运动训练后吸氧组、运动训练前后均吸氧组,每组 20 只。

1.2 动物游泳训练环境与方法 将小白鼠放入高×宽×长约为 60 cm×40 cm×50 cm 的游泳箱内,水温 25~27 ℃,水深 30 cm,非负重自由游泳。每组分 3 次,定期游泳训练(每天 17:00 开始训练),每次同时向游泳箱内放入 6~7 只小白鼠进行游泳运动训练,持续 30 min,连续训练 20 d。在游泳运动训练期间注意防止小白鼠偷停。

1.3 吸氧方法 将实验动物按组放入一密闭箱(高×宽×长约为 23 cm×27 cm×39 cm),箱内放置适量钠石灰。在箱底部打一小孔,通入含氧量为 50% 氧气混合气体(气体总流量为 2.4 L/min,其中医用氧气流速为 0.9 L/min,空气流速为 1.5 L/min;医用氧气的氧含量≥99.5%,由百色市蓝宇气体有限责任公司提供);在箱顶部打一排气小孔,造成常压高氧环境。于吸氧前事先通入 50% 氧气混合气体 10 min,然后迅速把动物置入密闭箱内,继续通入气,直到吸氧结束。在游泳运动训练期间,实验动物按实验要求在此环境下吸入氧气,持续 20 d。

1.4 各实验组实验方法 ①非运动训练组:不进行游泳运动训练,只在密闭箱中通入同等流速的空气。②运动训练不吸氧组:只是进行游泳运动训练,并在密闭箱中通入同等流速的空气。③运动训练前吸氧组:事先吸入上述 50% 氧气混合气体(持续吸入 30 min),然后再进行游泳运动训练。④运动训练后吸氧组:先进行游泳运动训练,然后吸入上述 50% 氧气混合气体(持续吸入 30 min)。⑤运动训练前后均吸氧组:先吸入上述 50% 氧气混合气体(持续吸入 30 min),然后进行游泳运动训练,最后又再次吸入上述 50% 氧气混合气体(持续吸入 30 min)。

1.5 SOD、MDA 的检测 于游泳运动训练结束后的第 21 d 清晨,每组各取 10 只小白鼠,用眼球取血法采血 1.5 ml,血液自然凝固后取出血清用于 SOD 活力、

MDA 含量的测定,作为游泳力竭前数据。血清 SOD 活力测定采用黄嘌呤氧化酶法,血清 MDA 含量测定采用 TBA 比色法。试剂均由南京建成生物工程研究所提供,按试剂盒说明操作。再取每组剩余的 10 只小白鼠,于尾根部负重 5% 体质量进行游泳运动力竭试验。游泳力竭判断标准:游泳过程中下沉 10 s 后仍不能返回水面。游泳力竭后,按上述方法采血及进行 SOD、MDA 的测定,作为游泳力竭后数据。

1.6 统计学方法 数据采用 SPSS 14.0 软件包进行分析,组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用 LSD 法。同一实验组,游泳力竭前、后比较采用配对设计的 *t* 检验,统计结果以($\bar{x} \pm s$)来表示,当 $P < 0.05$ 时认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 运动训练期间吸氧对安静状态下自由基的影响 经运动训练后的各组,在安静状态下,其血清 SOD 活力均高于非运动训练组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),且运动训练后吸氧高于其他各组($P < 0.01$);而运动训练前吸氧低于运动训练后吸氧($P < 0.01$)。经运动训练不吸氧组和运动训练后吸氧的各实验组,其血清 MDA 含量高于非运动训练组和运动训练前吸氧组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),而运动训练前吸氧组与非运动训练组比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

表 1 运动训练期间吸氧对安静状态下自由基的影响 ($\bar{x} \pm s$)

组别	血清 SOD 活力 (U/ml)	血清 MDA 含量 (nmol/ml)
非运动训练组	74.02±11.07	4.50±1.52
运动训练不吸氧组	91.31±13.17 ^b	5.94±1.88 ^a
运动训练前吸氧组	87.20±10.56 ^a	4.67±0.93 ^c
运动训练后吸氧组	110.41±15.22 ^{bdf}	6.45±0.65 ^{bf}
运动训练前后均吸氧组	100.53±10.10 ^{be}	6.08±0.87 ^{be}

注:组间比较,血清 SOD 活力: $F = 12.750, P < 0.001$;血清 MDA 含量: $F = 4.940, P = 0.002$;与非运动训练组相比,a: $P < 0.05$;b: $P < 0.01$;与运动训练不吸氧组相比,c: $P < 0.05$,d: $P < 0.01$;与运动训练前吸氧组相比,e: $P < 0.05$,f: $P < 0.01$

2.2 运动训练期间吸氧对力竭运动后自由基的影响 力竭运动后,经过运动训练之后不管吸氧与否,其血清 SOD 活力均高于非运动训练组和运动训练前吸氧组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),运动训练前吸氧组与非运动训练组差异无统计学意义($P > 0.05$)。运动训练前吸氧组的 MDA 含量低于运动训练不吸氧或运动训练后吸氧的各实验组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。除运动训练后吸氧组与非运动训练组的 MDA 含量差异无统计学意义($P > 0.05$)外,非运动训练组的 MDA 含量均高于其他各组($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),见表 2。

2.3 运动训练期间吸氧对游泳力竭运动前、后自由基的影响 游泳力竭运动后各组的血清 SOD 活力、MDA 含量均高于游泳力竭运动前($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$),见表 3、4。

表 2 运动训练期间吸氧对力竭运动后自由基的影响 ($\bar{x} \pm s$)

组别	SOD (U/ml)	MDA (nmol/ml)
非运动训练组	113.34 ± 13.91	10.71 ± 1.37
运动训练不吸氧组	147.94 ± 22.36 ^b	8.63 ± 0.86 ^b
运动训练前吸氧组	115.33 ± 17.52 ^d	7.30 ± 1.06 ^{bc}
运动训练后吸氧组	143.19 ± 19.81 ^{bc}	9.67 ± 0.95 ^f
运动训练前后均吸氧组	137.83 ± 21.29 ^{ac}	9.43 ± 1.20 ^{af}

注: 经组间比较, 血清 SOD 活力: $F = 7.030, P < 0.001$; 血清 MDA 含量: $F = 13.310, P < 0.001$; 与非运动训练组相比, $a: P < 0.05, b: P < 0.01$; 与运动训练不吸氧组相比, $c: P < 0.05, d: P < 0.01$; 与运动训练前吸氧组相比, $e: P < 0.05, f: P < 0.01$

表 3 运动训练期间吸氧对游泳力竭运动前、后血清 SOD 活力的影响 ($\bar{x} \pm s, U/ml$)

组别	运动训练后 安静状态下	运动训练后 力竭状态下	<i>t</i>	<i>P</i>
非运动训练组	74.02 ± 11.07	113.34 ± 13.91	9.892	<0.001
运动训练不吸氧组	91.32 ± 13.17	147.94 ± 22.37	9.754	<0.001
运动训练前吸氧组	87.20 ± 10.56	115.33 ± 17.52	6.150	<0.001
运动训练后吸氧组	110.42 ± 15.22	143.19 ± 19.82	5.865	<0.001
运动前后均吸氧组	100.54 ± 10.10	137.83 ± 21.30	7.074	<0.001

表 4 运动训练期间吸氧对游泳力竭运动前、后的血清 MDA 含量的影响 ($\bar{x} \pm s, nmol/ml$)

组别	运动训练后 安静状态下	运动训练后 力竭状态下	<i>t</i>	<i>P</i>
非运动训练组	4.50 ± 1.60	10.71 ± 1.37	13.185	<0.001
运动训练不吸氧组	5.94 ± 1.19	8.63 ± 0.86	8.194	<0.001
运动训练前吸氧组	4.67 ± 0.94	7.30 ± 1.06	8.302	<0.001
运动训练后吸氧组	6.45 ± 0.65	9.67 ± 0.95	12.510	<0.001
运动训练前后均吸氧组	6.08 ± 0.87	9.43 ± 1.20	10.108	<0.001

3 讨论

正常生理状态下自由基的生成与清除保持动态平衡。已证实, 运动使体内的自由基增多, 引发一系列自由基损伤的连锁反应, 导致运动性疲劳的发生。正常情况下体内自由基主要通过酶促防御系统来清除, 以维持自由基的产生与清除的平衡。SOD、MDA 均可作为自由基代谢的重要观察指标。SOD 活力间接反映机体清除自由基的能力, MDA 含量是自由基损伤导致膜脂质过氧化的重要指标。

本实验结果也证实, 小白鼠经过力竭性游泳后, 血清 SOD 活力和 MDA 含量均增高, 这一结果与研究报道相一致^[5]。而在运动训练期间不管是否吸氧, 血清 SOD 活性升高, 这也与相关报道一致^[6], 提示运动训练可激活机体抗氧化酶系统。在运动训练期间血清 MDA 含量有一定程度升高, 提示运动训练期间可以引起一定程度的自由基损伤, 这可能与运动训练的强度有关。运动训练期间, 于每次运动训练前吸氧, 尽管血清 SOD 活性增高, 但 MDA 含量改变不明显, 提示在运动训练期间, 于训练前吸入一定量的氧气, 可以减轻自由基的损伤, 这对机体存在有益的一面。相反, 在运动训练期间, 如果于每次运动训练后吸入氧气, 会导致血清 SOD 活性增高, 同时 MDA 含量也增高, 提示

在运动训练期间, 尽管可激活机体抗氧化酶系统, 提高 SOD 活性, 但仍无法完全清除产生过多的自由基, 使膜脂质过氧化, 引起自由基损伤, 这对机体是不利的。

经过运动训练后再进行力竭性运动, 本实验结果发现, 运动训练前吸氧, 血清 SOD 活性、MDA 含量均比运动训练不吸氧时低, 提示运动训练期间, 每次运动训练前吸入一定量的氧气, 可加速自由基的清除, 减少脂质过氧化, 有望提高运动成绩。然而运动训练期间, 于每次运动训练后吸入氧气, 却引起血清 SOD 活性增高, MDA 含量也增高, 可导致自由基损伤, 这不利于提高运动成绩。如果没有经过运动训练就进行力竭性运动, 会引起 MDA 含量增高, 造成自由基损伤, 这可能是剧烈运动引起氧化应激损伤的结果^[7]。

已证实, 机体在缺氧状态下或者缺氧后复氧也会引起自由基增多^[8]。如果自由基产生过多, 超过机体的清除能力, 就会导致自由基损伤。机体在运动之前, 事先吸入一定量高浓度的氧气, 可提高血氧饱和度, 增加氧气的储备能力, 减轻肌肉组织细胞的缺氧程度和速度, 从而可减少自由基的产生, 减轻自由基的损伤。已有报道, 连续高压氧预处理 5 d, 可减轻一次性游泳力竭后的血浆乳酸, 提高运动耐力^[5]。在运动锻炼或常规的运动训练过程中, 一般不采取极限强度的运动量, 因此, 可在适宜强度的训练前吸入一定量高浓度的氧气以减少自由基的产生, 减轻自由基的损伤。而运动时, 肌肉组织耗氧量增多, 导致缺氧状态, 自由基明显升高, 机体抗氧化系统已大量动员, 甚至达到极限, 此时再给予高浓度氧气, 将形成缺氧后复氧, 自由基进一步增多, 引起再灌注损伤, 加重缺氧带来的损伤。

本文研究结果揭示: 运动训练期间于每次运动前吸入一定量氧气, 可以减轻自由基的损伤, 但运动后吸入氧气有可能引起自由基增多, 造成运动后自由基的损伤。

参考文献:

- [1] 田诗彬, 陈万, 高丽, 等. 复方中药对运动疲劳后不同时相大鼠骨骼肌自由基代谢和运动能力的影响[J]. 西安体育学院学报, 2013, 30(4): 453-458.
- [2] 刘仰斌, 徐燕, 陈学洪, 等. 苦菜水提取物对力竭运动训练大鼠血脂和血液生化指标的实验研究[J]. 宜春学院学报, 2011, 33(4): 72-73, 80.
- [3] 彭兆云, 杜晶, 孙学军. 高压氧预处理对小白鼠运动耐力的影响[J]. 第二军医大学学报, 2006, 27(1): 62-64.
- [4] 潘兴时. 高压氧对运动后大鼠血清抗氧化系统的影响[J]. 中国当代医药, 2010, 17(5): 165-166.
- [5] 郭建海, 李智. 不同运动负荷对大鼠肝脏、血液中自由基变化的影响[J]. 运动, 2013, (13): 46-47, 150.
- [6] 陈江林, 江丽霞, 曾靖. 葛根异黄酮对运动训练大鼠血液生化指标及抗氧化的影响[J]. 中国当代医药, 2014, 21(1): 6-8.
- [7] 孙茹, 魏海成, 孙小雪, 等. 不同负荷离心运动对大鼠骨骼肌组织结构和血清中酶活性的影响及其意义[J]. 吉林大学学报: 医学版, 2012, 38(4): 669-673.
- [8] 侯志文, 于波, 孟凡吉, 等. 缺氧复氧对乳鼠心肌细胞的损伤的研究[J]. 中国医科大学学报, 2012, 41(2): 120-123, 127.

收稿日期: 2014-10-28; 修回日期: 2014-12-05