

·运动人体科学·

桑拿浴后渐增负荷运动对有氧能力的影响

肖国强, 石真玉, 王军利

(华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510631)

摘要:观察 10 名身体健康的体育系男子大学生在桑拿高温脱水恢复期, 运动时的最大吸氧量(VO_{2max})、血乳酸浓度(HLa)、通气阈值(VT)的变化, 并与常温条件相同运动负荷时相比较, 探讨桑拿高温脱水恢复期时的运动对有氧能力的影响。其结果发现在桑拿浴后, 恢复期常温条件运动时, VO_{2max} 、VT 及运动时间都比常温条件增加, 同时 HR 和 HLa 浓度有所下降, 表明桑拿后恢复期可能具有“应激保护”作用。

关键词:桑拿浴; 热脱水; 常温环境; 最大吸氧量; 应激保护作用

中图分类号: G804.7 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2004)02-0041-03

The effect of dehydration after a sauna on anaerobic capacity during incremental exercise

XIAO Guo-qiang, SHI Zheng-yu, WANG Jun-li

(College of Physical Education and Sport Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

Abstract: The purpose of this study was to compare VO_{2max} , HLa and ventilatory threshold (VT) during incremental exercise under a thermoneutral condition without taking a sauna with those during the same workload and under same thermoneutral condition after a sauna. Ten unacclimated men performed an incremental test to exhaustion on a treadmill under a thermoneutral condition without taking a sauna ($N25^{\circ}C$) and during the same workload and under same thermoneutral condition after a sauna ($D25^{\circ}C$). VO_{2max} , VT and exercise time were increased under $D25^{\circ}C$ than those under $N25^{\circ}C$, but HR and HLa were decreased under $D25^{\circ}C$ than those under $N25^{\circ}C$. These findings demonstrate that function of sauna take on “stress protective function” on the organism.

Key words: Sauna; thermal dehydration; thermoneutral condition; VO_{2max} ; stress protective function

人在高温条件下进行运动, 吸氧量(VO_2)^[1,2]和血乳酸浓度(HLa)上升^[3,4], 也有一些研究得出了不同的结果^[5-8]。England 等研究者^[4]报道热脱水导致 HLa 上升, 同时也有报告指出 HLa 下降的结果^[8]。在我们以往的研究中^[9,10], 报道了热脱水之后, 高温条件下渐进负荷运动与常温条件下相同运动相比较, HLa 增高, VO_2 不变以及最大吸氧量(VO_{2max})下降。在进行渐进负荷运动时, 随运动负荷的增加通气量(VE)发生非线性上升, VE 非线性上升的拐点被称为“通气阈值”(VT)^[9]。研究发现 VT 在运动中并未受到热环境的影响^[9]。以往的研究证明桑拿浴后, 由于高温脱水使 VO_{2max} 下降^[10], 然而桑拿高温脱水后的恢复期中, 对有氧能力的影响如何至今尚未报道。因此, 桑拿高温脱水恢复期对有氧能力的影响, 引起了我们的注意。本研究的目的是观察在桑拿高温脱水恢复期, 运动时的 VO_{2max} 、HLa、VT 的变化, 并与常温条件相同运动负荷时相比较, 探讨桑拿高温脱水恢复期的运动对有氧能力的影响。

1 研究方法

参加本实验的受试者是 10 名身体健康的体育系男大学生, 年龄(21.4 ± 0.7)岁, 身高(175.9 ± 3.4)cm, 体重(64.9 ± 3.3)kg, 最大吸氧量(62.6 ± 4.5) $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ 。

受试者在进行实验前 48 h, 要求保持正常的饮食及限制身体活动。在实验期间禁止饮酒。受试者都不是热环境驯化者, 实验期在 4 月进行。进行实验时, 要求穿运动鞋、短裤和短袜。本实验在当天相同的时间进行。受试者在两种不同温度条件下进行渐增负荷运动: (1) 常温($N25^{\circ}C$), 相对湿度 65%; (2) 进行桑拿浴之后, 常温条件下($D25^{\circ}C$), 相对湿度 65%。桑拿浴温度为 $46^{\circ}C$, 相对湿度 95%, 要求坐位姿势累积 1 h, 体重比桑拿浴前下降 3%~4%。

实验时, 要求受试者安静坐 5 min 后, 测定 VO_2 、VE、HR、HLa 及直肠温度(Tr), 然后上活动跑台进行渐增负荷运动。在安静时、运动结束后第 3 min 由肘静脉取血样, 并立即用血乳酸自动分析仪(1500 Model A Yellow Springs Instrument Co.,

收稿日期: 2003-09-22

作者简介: 肖国强(1949-), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 研究方向:。

USA)对血乳酸进行分析测定。运动负荷采用 Bruce 方法进行渐进负荷运动直至力竭。受试者进行两次渐进负荷运动,每次间隔为 1 周。在进行渐进负荷运动时,受试者口戴呼吸面罩进行运动,同时测定气体代谢各指标,即每分钟的 VO_2 、VE、二氧化碳排出量(VCO_2)及呼吸商(R)等。实验前气体分析仪采用标准气进行校正。同时使用直肠温度计测定直肠温度。气体代谢指标通过 2900 气体分析仪,测定每分钟的 VE、 VO_2 、二氧化碳排出量(VCO_2)及呼吸商(R)。心率由心率遥测仪进行测定。 VO_{2max} 的判断,用以下 4 种情况任何 3 种同时出现时来确定:(1) VO_2 不再增加而出现平台;(2)R 大于 1.2;(3)HR 大于 180 次/min;(4)HLA 浓度大于 9 mmol/L。本实验统计学采用平均数、标准差及双因素方差分析法处理。并使用 Student - *t* 检验进行差异性检验,显著性差异为 0.05 水平。

2 结果

在桑拿浴后常温条件下渐增负荷运动时,直肠温度比常

温条件下相同运动时高,常温条件时的 Tr 为 $(37.23 \pm 0.31)^\circ\text{C}$,桑拿浴后常温条件下 Tr 为 $(39.34 \pm 0.63)^\circ\text{C}$,有显著性差异($P < 0.01$)。在渐增负荷运动开始时,常温条件时的 HR 高于桑拿浴后常温条件,直至运动结束后常温条件与桑拿后常温条件 HR 分别为 (189.7 ± 4.90) 与 (187.7 ± 4.62) 次/min。在两种不同温度条件下渐增负荷运动时, VO_2 呈线性上升,桑拿浴后常温条件下的 VO_2 高于常温。但两者并未出现显著性差异($P > 0.05$)。桑拿浴后常温条件下渐增负荷运动时,VE 也高于常温条件,而且两者之间出现显著性差异($P < 0.05$)。桑拿浴后常温条件下渐增负荷运动时,HLA 浓度低于常温条件。表 1 所示桑拿浴后常温条件下渐增负荷运动时,各指标都明显低于常温条件。桑拿浴后常温条件下渐增负荷运动时,体重为 $(61.85 \pm 3.14)\text{kg}$,而常温条件下相同负荷运动后为 $(64.96 \pm 3.31)\text{kg}$,两条件相比较,体重有明显差异性($P < 0.01$)。表 1 所示两种条件下运动时,受试者达到力竭的时间是 $(13.82 \pm 1.05)\text{min}$ (桑拿后常温条件下)和 $(13.56 \pm 1.08)\text{min}$ (常温条件下),没有明显性差异。

表 1 不同环境条件下各指标变化的比较

检测 n/例	体重/kg	$VO_{2max}/(\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$	$VO_{2max}/(\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$	HLA/(mmol·L ⁻¹)	HRmax/(b·min ⁻¹)	VEmax/(L·min ⁻¹)	t/min
桑拿前 10	64.96 ± 3.31	$4\ 064.0 \pm 315.26$	62.61 ± 4.47	12.66 ± 2.47	189.7 ± 4.90	119.53 ± 7.65	13.56 ± 1.08
桑拿后 10	$61.85 \pm 3.14^{2)}$	$4\ 165.7 \pm 328.68$	64.46 ± 4.39	11.81 ± 1.84	187.7 ± 4.62	$127.65 \pm 5.93^{1)}$	13.82 ± 1.05

高温前后比较:1) $P < 0.05$; 2) $P < 0.01$

3 讨论

在本研究中, VO_{2max} 的水平受到不同条件的影响,桑拿浴后常温条件下 VO_{2max} ,与常温条件下相比,虽然有所增加但并没有明显的差异。我们以往的研究报道^[9,10],桑拿浴后高温时 VO_{2max} 的水平明显受到影响,反而下降。其原因是由于桑拿浴后在高温条件下运动,由于热脱水导致到达疲劳的时间缩短。在这种条件下进行运动时,HR 和 HLA 都比常温条件时高,增加循环系统的紧张性及身体的不适应感觉,两者的刺激而缩短了运动的坚持时间。而本实验桑拿浴后常温条件,与以往的研究方法不同。本研究是在桑拿浴后恢复期第 24 h 进行渐增负荷运动,从测定的指标发现 VO_{2max} 、VE 及运动时间都比常温条件增加。同时 HR 和 HLA 浓度有所下降。这都表明桑拿浴后恢复期可能具有“应激保护”作用。推测热休克诱导的热耐力可对运动在内的应激产生耐力,此外,热休克蛋白(HSP)有抗氧化作用,HSP 可抑制产生氧自由基的关键酶,通过反馈作用减少自由基的产生,并能直接释放和增加内源性过氧化酶如超氧化物歧化酶(SOD)水平,减少丙二醛(MDA)的产生。这表明高温处理使得线粒体氧化酶活性增高,在高温条件下运动能力提高,这是因为热休克反应^[11,12]。因此,有可能桑拿浴后恢复期 24 h 具有“应激保护”作用。这种分析有待于我们进一步进行相同条件下的热休克蛋白的研究。

本研究主要的发现是在桑拿浴后恢复期,在常温条件下进行渐增负荷运动与常温条件相同运动相比,VT 开始有规

律的上升是发生在比较低的 VO_2 水平。桑拿浴后恢复期在常温条件的 VO_2 为 $(64.46 \pm 4.39)\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 、而常温条件时为 $(62.61 \pm 4.47)\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。HLA 浓度的变化,桑拿浴后恢复期在常温条件为 $(11.81 \pm 1.84)\text{mmol/L}$,而常温条件时为 $(12.66 \pm 2.47)\text{mmol/L}$ 。上述结果变化的机制并不十分清楚。在高温条件下渐增负荷运动时,HLA 上升的机制可能是肝脏对 HLA 的摄取降低,或是活动的肌肉产生的 HLA 的量增加^[8]。HLA 的增加起因于活动中的缺氧,由于进入活动肌肉中血流量,使心输出量减少^[13]。Bell 等人^[13]发现在高温条件下运动时,通过活动肌肉的血流量减少,这是由于热疲劳增强交感神经的兴奋性,导致活动肌肉与非活动肌肉之间的血流量的调节^[3]。由于流入活动肌肉中血流量下降,氧的含量被限制,所以导致有氧代谢比例下降而增加无氧代谢的比例。本研究中桑拿浴后恢复期在常温条件运动时,HLA 的减少与 Dill 和 Powers 等^[8]的发现并不一致,但是与 Francesconi 等^[14]人的研究有相同结果。但他们的受试者在高温条件下,反复进行了热适应性的训练而导致 HLA 减少。

在渐增负荷运动时,许多研究者使用 VE 的非线性增加规律来判断 LT 的发生。用 VE 作为评定 LT 的指标是根据 Wasseman 1973 年提出的。本研究发现在桑拿浴后恢复期在常温条件运动时,VT 时的 VO_2 水平要高于常温时的水平。这是由于桑拿浴后恢复期的“应激保护”作用所致,并有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] Dill D B, Edwards H T, Bauer P S, et al. Physical performance in relation to external temperature[J]. *Aerobicsphysiol*, 1931, 4: 508 - 518.
- [2] Rusko H, Rahlkila P, Karvinen E. Anaerobic threshold, skeletal muscle enzymes and fiber composition in young female crosscountry skiers[J]. *Acta Physiol Scand*, 1980, 108: 263 - 268.
- [3] Gaesser G A, Poole D C. Lactate and ventilatory thresholds: disparity in time course of adaptations to training[J]. *J Appl Physiol*, 1986, 61: 999 - 1004.
- [4] MacDougall J D, Reddan W G, Layton C R, et al. Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise[J]. *J Appl Physiol*, 1974, 36: 538 - 544.
- [5] Caiozzo V J, Davis J A, Ellis J F. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold[J]. *J Appl Physiol, Respirat Environ Exercise Physiol*, 1982, 53: 1184 - 1189.
- [6] Delanne R, Barres J R, Brouha L, et al. Changes in acid - base balance and blood gases during muscular activity and recovery[J]. *J Appl Physiol*, 1959, 14: 328 - 332.
- [7] Hermansen L, Stensvold I. Production and removal of lactate during exercise in men[J]. *Acta Physiol Scand*, 1972, 86: 191 - 201.
- [8] Powers S K, Howley E T, Cox R. Blood lactate concentration during submaximal work under differing environmental conditions [J]. *J Sport Med*, 1985, 25: 84 - 89.
- [9] Shou Guo - qiang, Toshihiro ISHIKO. Effect of different environmental conditions on blood lactate accumulation and LT and OBLA during incremental exercise[J]. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 1994, 43(1): 58 - 65.
- [10] Shou Guo - qiang, Toshihiro ISHIKO. Effect of thermal dehydration on blood lactate accumulation during incremental exercise under different environmental conditions[J]. *Advances in Exercise and Sports Physiology*, 1995, 1(2): 1 - 7.
- [11] Liu Y. Human skeletal muscle HSP70 response to physical training depends on exercise intensity[J]. *Int J Sports Med*, 2000, 21: 351 - 355.
- [12] Liu Y, Steinacker J M. Changes in skeletal muscle heat shock proteins: pathological significance [J]. *Frontiers in Bioscience*, 2001, 6: 12 - 25.
- [13] Bell A W, Hales J R S, King R B, et al. Influence of heat stress on exercise - induced changes in regional blood flow in sheep [J]. *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol*, 1983, 55 (6): 1916 - 1923.
- [14] Francesconi R P, Maher J T, Bynum G D, et al. Recurrent heat exposure: enzymatic responses in resting and exercising men [J]. *J Appl Physiol*, 1979, 43: 308 - 311.

[编辑:郑植友]

2003 年国家体育总局资助出版 6 本体育科技专著

2003 年共有 10 个体育科技专著项目向国家体育总局申请资助出版,经中国体育科学学会初审并组织专家评审,有 6 项得到资助。它们是:《当代中国体育若干基本理论问题》(国家体育总局政策法规司梁晓龙)、《体坛热点解读》(国家体育总局科研所鲍明晓)、《青年人六大关节肌力研究》(国家体育总局科研所卢德明)、《论中国体育社团——国家与社会关系转变下的体育社团改革》(北京体育大学黄亚铃)、《高尔夫产业社会发展概论》(深圳大学吴亚初)、《国内外高原训练研究新进展》(甘肃省体科所陈耕)。

(学会办)