



高温环境下咖啡因对耐力大学生运动员运动中唾液 sIgA、溶菌酶的影响

刘畅¹, 韩延柏², 杨春秋³, 刘斯娜⁴

摘要: 探讨高温环境下运动中, 口服咖啡因对男大学生运动员运动中唾液分泌型免疫球蛋白 A (sIgA) 和溶菌酶 (lysozyme, LZM) 的影响。采用实验研究方法, 以 13 名男性耐力性项目大学生运动员为研究对象。每名研究对象在温度为 33℃、相对湿度为 65% 的实验室完成两次实验 (咖啡因运动实验和对照运动实验)。每次实验中, 采集运动前 60 min、运动前即刻、运动 20 min、运动结束即刻的唾液样本, 测定唾液 sIgA、LZM 的浓度。实验结果显示, 口服咖啡因对高温环境下耐力大学生运动员运动中唾液 sIgA 无影响, 但会降低唾液 LZM 水平, 高温环境、中等强度运动使男耐力大学生运动员唾液 sIgA 和 LZM 的水平升高。

关键词: 高温环境; 咖啡因; 唾液; 分泌型免疫球蛋白 A; 溶菌酶

中图分类号: G804.5 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2017)02-0082-05

DOI: 10.12064/ssr.20170216

Effects of Oral Administration of Caffeine on the Salivary Immunoglobulin A and Lysozyme of Collegiate Endurance Athletes during Exercise in High-temperature Environment

LIU Chang¹, HAN Yanbai², YANG Chunqiu³, LIU Sina⁴

(Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China; 2. Shenyang Sport University, Shenyang 110102, China; 3. Armor technique institute of PLA, Changchun 130137, China; 4. Jinzhou No.1 Senior High School, Jinzhou 121001, China)

Abstract: The objective of this study is to examine the effects of oral administration of caffeine on the salivary secretory immunoglobulin A (sIgA) and lysozyme (LZM) of male collegiate endurance athletes during exercise in high-temperature environment. The method of experimental study was used and thirteen male collegiate endurance athletes were taken as the subjects. Each subject completed two trials of caffeine exercise trial and control exercise trial in a laboratory with the temperature of 33℃ and the relative humidity of 65%. During each trial, saliva samples were collected at the points of 60min before exercise, immediately before exercise, 20min after the start of the exercise and immediately after exercise. The concentration of salivary sIgA and LZM were determined and secretion rates of sIgA and LZM were calculated. The result shows that oral administration of caffeine does not affect the level of salivary sIgA of collegiate endurance athletes during the exercise in high-temperature environment, but decreases the level of salivary LZM. And the medium intensity exercise in high temperature environment results in the increase of the concentration of salivary sIgA and LZM of male collegiate endurance athletes.

Key Words: high-temperature environment; caffeine; saliva; secretory secretory immunoglobulin A; lysozyme

在运动训练和竞技体育比赛中, 运动员的免疫能力制约着运动训练的效果和竞技体育比赛水平的发挥。因此, 在运动训练和比赛期运动员免疫能力下降的问题受到运动科学领域学者的广泛关注, 特别是运动员在大负荷训练或比赛期间易患上呼吸道感染性疾病的问题。上呼吸道感染 (Upper Respiratory Tract Infection, URTI) 多由细菌和病毒侵入口腔和鼻腔所引起, 是各类体育项目运动员最常见的感染性疾病。黏膜免疫由皮肤和黏膜屏障构成, 不仅能够阻止病原体侵入人体, 而且其分泌物具有杀菌的作用,

它是人体自然免疫的第一道防线, 在机体免疫系统中具有重要的作用。运动员在进行大强度耐力运动时, 因大量出汗而丢失大量的水份和无机盐, 从而影响内环境稳态, 在此过程中, 口腔和呼吸道内液体的大量丢失会引起黏膜细胞分泌功能障碍以及局部抗体合成作用受抑制。黏膜表皮抗菌物质是机体防止病原体入侵的关键, 阐明人体运动中唾液分泌型免疫球蛋白 A (Secretory Immunoglobulin A, sIgA) 和溶菌酶 (Lysozyme, LZM) 的变化规律对预防运动员发生 URTI 具有重要的意义。

收稿日期: 2017-01-18

基金项目: 辽宁省教育厅科学研究一般项目 (L2015505)。

第一作者简介: 刘畅, 女, 研究实习生。主要研究方向: 运动医学。E-mail: liuxiaochang1990@hotmail.com。

作者单位: 1. 上海体育科学研究所, 上海 200030; 2. 沈阳体育学院, 辽宁 沈阳 110102; 3. 中国人民解放军装甲兵技术学院, 吉林 长春 130137;

4. 锦州市第一高级中学, 辽宁 锦州 121001。



唾液中 sIgA 抵抗病原体入侵人体^[1], sIgA 水平反映人体对 URTI 的抵抗能力, 维持较高的唾液 sIgA 水平能够避免运动员 URTI 的发生^[2]。近年来的研究提示, 唾液 sIgA 水平可以作为人体黏膜免疫功能的一个重要标志物, 在训练、比赛期间通过连续监控唾液 sIgA 的水平可以预测上呼吸道感染发生, 因采取唾液样本具有无创伤性, 因此唾液 sIgA 可作为运动训练生物学监控中的良好指标^[3,4]。唾液 LZM 是黏膜免疫的一种重要的蛋白酶抗菌物, LZM 是构成机体非特异性免疫功能的因素之一, 是一项较灵敏的无创性指标, 已在医学领域被广泛应用^[5], 但是在体育领域的应用报道则比较少见。国内外有关运动与 LZM 的研究很少, 有待于开展不同环境条件下运动对 LZM 影响的研究。测定唾液 LZM, 可用无损方法进行取样, 测定方法简便易行, 便于较长时间追踪观察, 有助于在训练期和恢复期进行机能评定。

咖啡因 (Caffeine, CAF) 是一种黄嘌呤生物碱化合物, 属于中枢神经系统兴奋性物质。既可作为饮品, 也可作为药品, 具有提神、增强认知能力、缓解疼痛和解除疲劳等作用。咖啡因是最广泛使用的行为积极药物, 是大多数运动员饮食中的常见物质^[6]。2004 年, 世界反兴奋剂组织已将咖啡因从违禁品名单中删去。且现有研究发现咖啡因对运动员在长时间较低强度的耐力运动中的运动能力有积极作用^[7], 但由于不同个体对咖啡因作用的反应具有差异, 且咖啡因在运动中的药理作用还不明确, 故对于有关咖啡因对运动的影响问题上还存在一些差异。在对咖啡因逐渐增多的研究中, 有关咖啡因对运动员的运动能力有积极影

响的结论也随之增多^[8]。

近年来在反映运动员在训练、比赛的条件下, 关于咖啡因对运动能力影响的研究报道逐渐增多^[5,9], 但研究多针对咖啡因通过对中枢神经及骨骼肌影响运动能力, 特别是针对咖啡因对长时间耐力性运动的影响的研究较多, 而关于咖啡因对免疫功能的影响的研究则相对较少。国内外重大体育比赛经常在高温环境下进行, 因此在高温环境下采用合理、合法的手段干预运动员的黏膜免疫, 提高运动员的免疫能力, 这对在预防 URTI 的前提下, 增强运动能力, 提高运动成绩具有重要的现实意义。运动员在高温环境比赛时, 为提高运动能力和认知能力经常使用咖啡因, 但是尚未见到使用咖啡因对人体唾液免疫功能影响方面的报道。因此本研究在实验室模拟高温环境, 探讨高温环境中口服咖啡因对人体运动中唾液 sIgA 和 LZM 的影响, 揭示咖啡因在高温环境下对人体黏膜免疫功能的影响。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

13 名沈阳体育学院男性耐力性项目 (中长跑) 的大学生运动员自愿参加本研究, 研究对象身体健康, 平均年龄为 (21.17±1.24) 岁, 平均训练年限为 (2.70±1.36) 年, 平均身高为 (179.85±5.49) cm, 平均体重为 (71.43±6.60) kg, 平均体脂百分率为 (9.13±4.65)%, 平均最大摄氧量为 (50.61±8.67) ml/kg/min。实验过程中心率、血乳酸变化情况如表 1。由表中数据可以看出本实验研究为中等强度运动^[10]。

表 1 研究对象实验过程中心率、血乳酸浓度变化情况

Table 1 Variation of the Heart Rate and Blood Lactic Acid Concentration of the Subjects during the Experiment

指标	实验条件	运动前 60min	运动前即刻	运动 20min	运动结束即刻
心率/次·min ⁻¹	CAF 运动实验	79.38±11.64	74.85±13.30	138.62±11.12	153.54±14.00
	对照运动实验	80.69±14.06	83.00±11.58	146.23±18.22	152.38±18.78
血乳酸浓度/mmol·L ⁻¹	CAF 运动实验	2.68±0.97	3.10±1.79	4.67±1.77	4.38±1.38
	对照运动实验	2.22±0.92	2.37±1.47	5.50±2.83	4.12±3.24

1.2 研究方法

采用实验研究的方法, 对照的形式为实验对照。实验环境设定为高温环境, 实验室环境温度控制在 33℃, 相对湿度控制在 65%。

实验前一周对研究对象关于本实验的研究目的及研究内容进行统一说明, 并签署知情同意书。同时对研究对象的相关信息进行调查, 并测定最大摄氧量与身体成分。向研究对象讲解与实验有关的注意事项, 确认研究对象无 URTI 症状, 并要求研究对象严格遵守以下事项, 具体包括: (1) 实验前 2 h 内禁止饮食, 按照要求进餐; (2) 实验日的前 48 h 内禁止饮酒和饮用任何含咖啡因的饮品或食用任何含咖啡因的食品; (3) 实验前 24 h 不能进行任何剧烈运动。

1.2.1 运动方案

应用最大摄氧量测定中的运动负荷和心率的结果, 根据文献资料^[11-13], 以每名研究对象最大摄氧量测定中最大输出功率的 50% 为运动负荷进行功率自行车运动, 转速保

持在 60 rpm/min, 运动时间共 40 min。本研究中研究对象的平均运动负荷为 110±24 W[(1.87±0.42) kp]。

1.2.2 咖啡因摄入

根据文献资料^[14,15], 安静状态下口服咖啡因剂量为 6 mg/kg 体重, 血浆中咖啡因的浓度峰值约在 60 min 时出现^[14], 并能够维持高于服用前水平至少 2~3 h。因此本研究在口服咖啡因安静 60 min 后开始运动。本研究中实验对象所摄入的咖啡因为宝莱咖啡因片 (Prolab Nutrition Caffeine), 每片含有 200 mg 咖啡因, 根据实验对象体重按比例研磨成粉, 溶解于运动饮料中。

1.2.3 实验流程

具体的实验流程如图 1。

1.3 测定指标

本研究中的唾液样品称重后, 于 -80℃ 冷冻, 直至样品统一被检测。sIgA 的测定采用酶联免疫法 (ELISA), 唾液 LZM 采用比浊法方法测定。

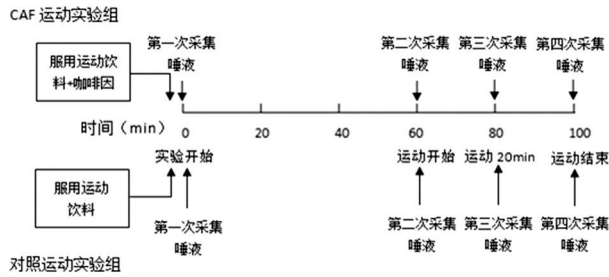


图 1 实验流程

Figure 1 Experiment Process

1.4 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计分析软件进行统计学分析,经正态性检验,数据均服从正态分布,数据描述结果以均数±标准差表示。具体的统计分析方法包括:General Linear Model(GLM)重测资料的方差分析(不满足球形检验时按Greenhouse-Geisser 校正系数进行校正),相关分析。

2 研究结果

2.1 混杂因素控制

2.1.1 脱水情况

与运动前的体重比较,CAF 运动实验与对照运动实验中运动后研究对象的体重均下降,差异均具有统计学意义($P < 0.01$)。咖啡因运动实验与对照运动实验比较,出汗量及体重减少百分比的差异均无统计学意义($P > 0.05$),且体重减少百分比低于 1%,表明研究对象未出现轻度脱水。具体情况如表 2。

表 2 研究对象实验过程脱水情况

Table II Dehydration of the Subjects in the Experiment

实验条件	运动前体重 /kg	运动后体重 /kg	出汗量 /kg	体重减少 /%
CAF运动实验	71.65±6.58	71.23±6.56	0.42±0.12	0.59±0.18
对照运动实验	71.56±6.50	71.19±6.49	0.37±0.13	0.52±0.20

2.1.2 实验过程中唾液量变化情况

实验过程中唾液量变化如图 2,CAF 运动实验中研究对象的唾液量变化与对照运动实验运动中研究对象的唾液量变化之间的差异无统计学意义($P > 0.05$)。即唾液量的差异对实验结果不产生影响。

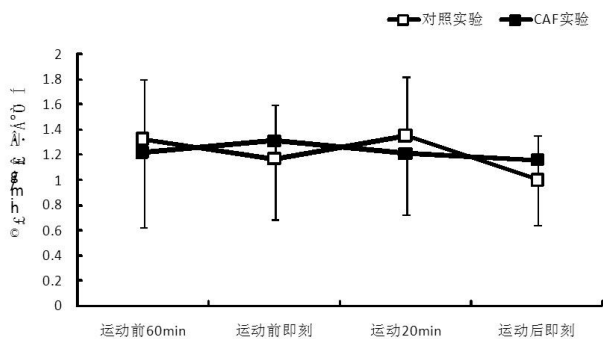


图 2 实验过程中唾液量变化

Figure 2 Changes of Saliva Quantity in the Experiment

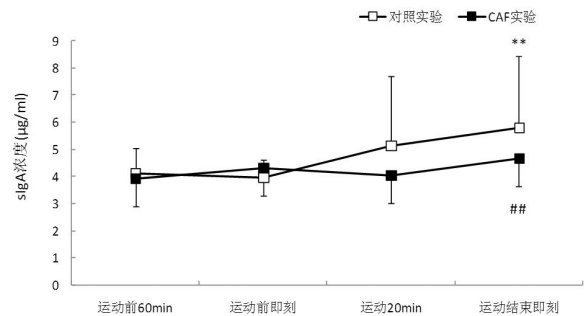
2.2 唾液中 sIgA 变化情况

两种实验条件下,即 CAF 运动实验与对照运动实验中唾液 sIgA 浓度变化如表 3。

表 3 CAF 运动实验与对照运动实验中 sIgA 浓度
Table III Concentration of sIgA in CAF Exercise Experiment and Control Exercise Experiment

实验条件	运动前 60min	运动前即刻	运动 20min	运动结束即刻
CAF 运动实验	3.9156±0.6659 /μg·ml ⁻¹	4.3050±0.8271 /μg·ml ⁻¹	4.0313±0.6997 /μg·ml ⁻¹	4.6614±1.0908 /μg·ml ⁻¹
对照运动实验	4.1126±0.9469 /μg·ml ⁻¹	3.9750±0.6450 /μg·ml ⁻¹	5.1486±2.5706 /μg·ml ⁻¹	5.8036±2.0464 /μg·ml ⁻¹

各个时间的唾液 sIgA 浓度的差异有统计学意义($F=5.953, P < 0.05$),时间和实验条件之间无交互作用($F=2.567, P > 0.05$)。CAF 运动实验与对照运动实验中运动前 60 min ($F=1.042, P > 0.05$)、运动前即刻 ($F=1.772, P > 0.05$)、运动 20 min ($F=2.048, P > 0.05$)、运动结束即刻 ($F=0.058, P > 0.05$) 4 个时间点唾液 sIgA 浓度的差异无统计学意义($P > 0.05$)。CAF 运动实验与对照运动实验唾液 sIgA 浓度变化如图 3。



注:**:对照运动实验中,运动结束即刻分别与运动前 60min、运动前即刻比较, $P < 0.01$;###:CAF 运动实验中,运动结束即刻与运动前 60min 比较, $P < 0.05$ 。

图 3 CAF 运动实验与对照运动实验中唾液 sIgA 浓度变化
Figure 3 Changes of the Salivary Concentration of sIgA in CAF Exercise Experiment and Control Exercise Experiment

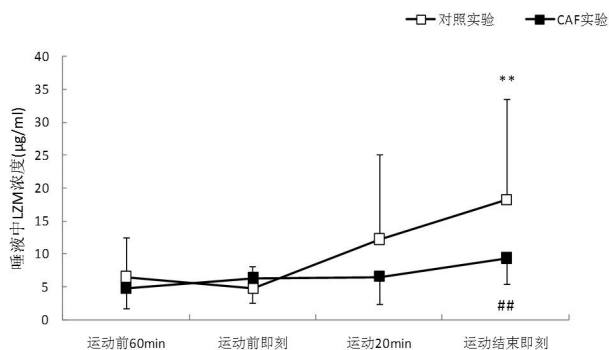
2.3 唾液中 LZM 变化情况

两种实验条件下,即 CAF 运动实验与对照运动实验中唾液 LZM 浓度变化如表 4。

表 4 对照运动实验与 CAF 运动实验中 LZM 浓度
Table IV Concentration of LZM in CAF Exercise Experiment and Control Exercise Experiment

实验条件	运动前 60min	运动前即刻	运动 20min	运动结束即刻
CAF运动实验	4.7993±3.01426 /μg·ml ⁻¹	3.378±3.8633 /μg·ml ⁻¹	6.5552±4.1654 /μg·ml ⁻¹	9.3553±3.9648 /μg·ml ⁻¹
对照运动实验	6.4549±5.93724 /μg·ml ⁻¹	6.990±3.4811 /μg·ml ⁻¹	12.1890±12.9608 /μg·ml ⁻¹	18.1758±15.3318 /μg·ml ⁻¹

各个时间的 LZM 浓度的差异有统计学意义 ($F=10.621, P<0.05$), 时间和实验条件之间无交互作用 ($F=3.645, P>0.05$)。CAF 运动实验中运动前 60 min 与运动结束即刻两点 LZM 浓度有统计学差异 ($P<0.05$), 运动前即刻与运动结束即刻两点 LZM 浓度也具有统计学差异 ($P<0.01$); 对照运动实验中运动结束即刻与运动前 60 min 比较 LZM 浓度有统计学差异 ($P<0.01$), 运动前即刻与运动结束即刻两点 LZM 浓度也具有统计学差异 ($P<0.01$)。CAF 运动实验中, 在运动结束即刻唾液 LZM 浓度 [$(9.3553\pm 3.9648) \mu\text{g/ml}$] 低于对照运动实验 [$(18.1758\pm 15.3318) \mu\text{g/ml}$], 差异有统计学意义 ($P<0.01$)。如图 4。



注: **; 对照运动实验中, 运动结束即刻分别与运动前 60min、运动前即刻比较, $P<0.01$; ##; CAF 运动实验中, 运动结束即刻与运动前 60min 比较, $P<0.05$; &; CAF 运动实验与对照运动实验对应时间比较, $P<0.05$ 。

图 4 CAF 运动实验与对照运动实验中唾液 LZM 浓度变化
Figure 4 Changes of the Salivary Concentration of LZM in CAF Exercise Experiment and Control Exercise Experiment

3 分析与讨论

3.1 运动与粘膜免疫

先行研究的结果显示, 运动对唾液 sIgA 可能有影响。且其中多项研究均表示大强度运动后, 且无论是长时间运动还是短时间运动, 是持续力竭运动还是间歇运动, sIgA 水平均出现下降, 这种黏膜免疫功能受抑制的情况可能在持续数小时后恢复^[16,17]。而与大强度运动和力竭运动相反, 短时间里低强度运动似乎并不影响 sIgA 浓度或分泌率。如 Reid 等的研究显示, 在以 30% 和 60% 最大心率为强度的 30 min 自行车运动后, sIgA 浓度和 sIgA 分泌率均呈现上升的趋势^[18]。这与本研究对照运动实验中运动结束后唾液中的 sIgA 浓度升高 [运动前 60 min 唾液 sIgA 浓度为: $(4.1126\pm 0.9469) \mu\text{g/ml}$, 运动结束即刻浓度为: $(5.8036\pm 2.0464) \mu\text{g/ml}$], 差异具有统计学意义 ($P<0.05$) 的结果相一致。以上结果显示, 不同运动强度对唾液中 sIgA 浓度的影响结果是不同的, 大强度运动会引起 sIgA 浓度的下降。中等强度运动可能会引起 sIgA 浓度的升高, 或对 sIgA 浓度无影响。而强度较小的运动并不会引起对唾液中 sIgA 浓度的影响。

周利明等人的研究显示, 小鼠进行长期冬泳运动后血清中 LZM 的活性升高, LZM 的活性提高使得小鼠白细胞的吞噬能力加强, 体内杀菌能力增加, 进而提高了机体的

抵抗力, 此变化与人体运动中 LZM 的变化趋势相似^[19]。唾液 LZM 活性的变化受许多环境因素的影响, 不同年龄与性别、不同地区、不同运动水平、不同身体机能状况等对唾液 LZM 活性的影响也不同。先行研究结果提示中等强度的运动可以促进 LZM 的功能, 大运动量的运动则会抑制 LZM 的功能。叶展红等人关于游泳运动员进行不同强度负荷练习对唾液 LZM 浓度影响情况的研究发现, 中大强度负荷训练后, 运动员唾液 LZM 浓度均有升高的趋势, 个体差异性比较大^[20]。且此研究还发现, 在中大强度训练期间, 唾液 LZM 浓度的安静值可以维持在一定的水平, 降低强度训练后, 安静值会随之下降, 这提示了安静值唾液 LZM 的变化, 与运动负荷强度有关, 且唾液 LZM 对负荷强度的反应较为灵敏。一项运动对唾液 sIgA、LZM、皮质醇影响的研究显示, 一次性递增负荷力竭运动会导致唾液 LZM 水平明显升高。该结果与本研究一致, 即中等强度运动使唾液 LZM 的浓度升高。

3.2 咖啡因对唾液 sIgA、LZM 的影响

在黏膜免疫系统中 sIgA 具有抗菌、抗病毒及中和毒素等作用, 是黏膜局部抗感染的重要免疫物, 作为黏膜免疫中的第一道防线, sIgA 由肠道和呼吸道上皮下的淋巴滤泡内浆细胞合成, 经分泌性上皮细胞分泌至外分泌液中, 帮助机体抵御病原体经由上皮特别是呼吸道、肠道以及泌尿生殖道等上皮细胞的感染, 在黏膜免疫中起着至关重要的保护性作用。唾液 sIgA 是黏膜分泌物中所含有的最丰富的抗体, 且唾液 sIgA 作为研究黏膜免疫系统最常见的指标, 在实验室中也具有容易收集的明显优势, 但在不同年龄阶段与不同机体状态下, 其唾液 sIgA 分泌水平和黏膜免疫应答功能具有各自特点。向剑锋等针对不同运动方式对唾液 sIgA 影响的研究中发现, 大强度运动会导致人体黏膜免疫状态的下降, 且唾液 sIgA 水平的降低是唾液的分泌及 sIgA 的合成和转运共同受抑制所导致的, 运动过程中交感神经兴奋, 引起循环血液中儿茶酚胺释放增加, 从而引起唾液腺的唾液分泌作用受到抑制^[19]。且有研究发现在运动期间, 咖啡因会减少循环血液中儿茶酚胺的产生。即在大强度运动中, 服用咖啡因有利于保持唾液 sIgA 浓度的水平。也有研究表明, 中枢神经系统与免疫系统存在相互调节的作用, 提示免疫系统与下丘脑存在一个通路, 通过这个通路可以实现中枢神经对免疫进行调节的反馈控制^[20]。咖啡因有可能通过对中枢神经系统的调节对免疫系统产生影响。本研究结果显示高温环境下, CAF 运动实验过程中唾液 sIgA 浓度变化具有统计学意义, 运动结束即刻唾液中 sIgA 浓度高于运动前 60 min; 对照运动实验中唾液 sIgA 浓度变化具有统计学意义, 运动结束即刻唾液中 sIgA 浓度明显高于运动前 60 min 与运动前即刻, 且这种变化较 CAF 运动实验明显。CAF 运动实验与对照运动实验唾液中 sIgA 浓度对比无统计学意义, 即 CAF 对唾液 sIgA 浓度无影响。Niclette 等人, 在 11 名耐力性运动员在 90 min 运动强度为 70% $\text{VO}_{2\text{peak}}$ 自行车运动前 1 h 摄入咖啡因的实验显示摄入咖啡因对 sIgA 浓度未发现有影响^[21], 该研究结果与本研究结果基本一致。



LZM 存在于唾液、乳液、泪液、鼻及气管等分泌物中,能溶解革兰氏阳性细菌。它能与细菌牢固结合,并水解细菌细胞壁肽聚糖,使细菌裂解死亡。测定唾液 LZM 的含量及其变动情况可作为了解机体防御功能的一个侧面的指标。LZM 在一定程度上能反应机体的免疫能力,并参与机体的防卫功能,唾液 LZM 具有抗菌性,其催化活性可以打破细菌细胞的多糖,从而有利于破坏细菌^[21]。LZM 在医学上已被广泛研究应用^[23],因为运动对 LZM 的影响机制尚存争议,所以 LZM 在体育领域尚未受到足够的重视。Ramanaviciene A 等在研究咖啡因对小鼠体内 LZM 活性影响的结果显示,血清中 LZM 的活性随口服咖啡因剂量的不同而变化,且咖啡因对小鼠机体免疫具有积极作用^[24]。而关于探讨口服咖啡因对运动员唾液中 LZM 浓度影响未见报道。

本研究结果显示高温环境下,咖啡因运动实验过程中唾液 LZM 浓度变化具有统计学意义,运动结束即刻唾液中 LZM 浓度高于运动前 60 min; 对照运动实验中唾液 LZM 浓度变化具有统计学意义,运动结束即刻唾液中 LZM 浓度明显高于运动前 60 min,且这种变化较咖啡因运动实验明显。以往的一项研究报道,分别以 40% VO_{2max}、60% VO_{2max}、80% VO_{2max} 4 种不同负荷强度跑台运动后,唾液中 LZM 浓度均升高^[25],该结果与本研究的结果一致。运动结束即刻时 CAF 运动实验与对照运动实验中的唾液 LZM 浓度比较有统计学意义,即 CAF 对唾液 LZM 浓度有影响。

4 结论

4.1 高温环境下口服咖啡因对男大学生运动员运动中唾液 sIgA 无影响,但是会降低唾液溶菌酶水平。

4.2 高温环境、中等强度运动使男大学生运动员唾液 sIgA 和溶菌酶的水平升高。

4.3 高温环境下口服咖啡因使男大学生运动员运动中唾液 LZM 的水平降低; 因此运动员在运动训练和比赛中使用咖啡因时,应该密切监控唾液 LZM 的水平,以避免降低唾液黏膜免疫功能而导致上呼吸道感染的发生。

参考文献:

[1] Marcotte H., Lavoie M. C. Oral microbial ecology and the role of salivary immunoglobulin A[J]. Microbiol Mol. Biol. Rev., 1998, 62:71-109.

[2] Shephard R. J. Overview of the epidemiology of exercise immunology[J]. Immunol Cell Biol., 2000, 78:485-495.

[3] Bishop N. C., Gleeson M. Acute and chronic effects of exercise of exercise on markers of mucosal immunity[J]. Front Biosci., 2009, 14:444-456.

[4] Gleeson M. Mucosal immunity and respiratory illness in elite athletes[J]. Sports Med., 2000, 78: 485-495.

[5] Hogervorst E., Bandelow S., Schmitt J. Caffeine improves physical and Cognitive Performance during exhaustive exercise[J]. Med. Sci. Sports Exerc, 2008, 40(10):41-51.

[6] Chester N., Wojek N. Caffeine consumption amongst British

athletes following changes to the 2004 WADA prohibited list[J]. Sports Med., 2011, 29:524-528.

[7] Graham T. E. Caffeine and exercise metabolism, endurance and performance[J]. Sports Med., 2001, 31(11):785-807.

[8] Sökmen B., Armstrong L. E., Kraemer W. J., et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete[J]. Strength Cond. Res., 2008, 22:978-986.

[9] Nehig A. Caffeine and sports activity[J]. Sports Med., 1994, 15: 215-219.

[10] 田祯祥.不同强度运动对体育学院非体学生血乳酸浓度的影响[J].当代体育科技,2014,27(4):16-17.

[11] Ganio M. S., Johnson E. C., Lopez R. M., et al. Caffeine lowers muscle pain during exercise in hot but not cool environments [J]. Physiol. Behav., 2011, 102(4):429-435.

[12] Kazama A., Takatsu S., Hasegawa H. Effect of increase in body temperature on cognitive function during prolonged exercise[J]. Jpn. Fitness Sports Med., 2012, 61(5):459-467.

[13] Mundel T., King J., Collacott E., et al. Drink temperature influences fluid intake and endurance capacity in men during exercise in hot dry environment[J]. Exp. Physiol., 2006, 91:925-933.

[14] Ping W. C., Keong C. C., Bandyopadhyay A. Effect of acute supplementation of caffeine on cardiorespiratory responses during endurance running in a hot and humid climate[J]. Indian J. Med. Res., 2010, 132:36-41.

[15] Anderson D. E., Hickey M. S. Effects of caffeine on the metabolic and catecholamine responses to exercise in 5 and 28°C [J]. Med. Sci. Sports Exerc., 1994, 26(4):453-458.

[16] McDowll S. L., Hughes R. A., Hughes R. J., et al. The effect of exhaustive exercise on salivary immunoglobulin A[J]. Sports Med. Phys. Fitness, 1992, 32(4):412-415.

[17] Fahlman M. M., Engels H. J., Morgan A. L., et al. Mucosal IgA response to repeated wingate tests in females[J]. Sports Med., 2001, 22(2):127-131.

[18] Chicarro J. L. Saliva composition and exercise[J]. Sports Med. 1998, 26:17 - 27.

[19] 向剑锋,刘无逸.不同运动方式对唾液 sIgA 的影响[J].天津体育学院学报,2006,22(6):77-79.

[20] 吕传真,章谷生.神经系统与免疫系统[J].上海免疫学杂志, 1985,5(5):317-320.

[21] Nicolette C., Bishop, Gary J. Salivary IgA responses to prolonged intensive exercise following caffeine ingestion[J]. Med. Sci. Sports Exerc., 2006, 38(3):513-519.

[22] Reid M. R., Drummond P. D., Mackinnon L. T. The effect of moderate aerobic exercise and relaxation on secretory immunoglobulin A[J]. Sports Med., 2001, 22:132-137.

[23] Mason D. Y. The distribution of lysozyme at male endurance collegiate players tissue[J]. Chin Path, 1975, 28:124-132.

[24] Ramanaviciene A., Acaite J., Ramanavicius A. Chronic caffeine intake affects lysozyme activity and immune cells in mice[J]. Pharm Pharmacol, 2004, 56(5):671-676.

[25] 韩延柏,汪宏莉,刘宇.不同负荷强度运动对唾液溶菌酶影响 [J].中国公共卫生,2011,9(27):1205-1206.

(责任编辑:何聪)