



唾液: 应用于运动训练领域的潜力生物样本

许毅泉, 赵永才, 高炳宏

Saliva: A Potential Biological Sample for the Application in Sports Training

引用本文:

许毅泉, 赵永才, 高炳宏. 唾液: 应用于运动训练领域的潜力生物样本[J]. 上海体育大学学报, 2022, 46(10): 84-94.

XU Yixiao, ZHAO Yongcai, GAO Binghong. Saliva: A Potential Biological Sample for the Application in Sports Training[J]. *Journal of Shanghai University of Sport*, 2022, 46(10): 84-94.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16099/j.sus.2021.08.25.0002>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

中国对“一带一路”沿线国家体育用品出口的影响因素及贸易潜力——基于扩展的贸易引力模型检验

Influencing Factors and Development Potentials of Sports Goods Export Between China and the Countries along "the Belt and Road": A Test Based on the Extended Trade Gravity Model

上海体育学院学报. 2020, 44(4): 70-77

干血点技术在反兴奋剂领域的应用研究与前景展望

Research and Prospect of Dried Blood Spot Technology Application to Anti-Doping

上海体育学院学报. 2021, 45(2): 22-31

易筋经对老年人认知功能和外周血BDNF水平的影响

Intervention Study of Yi Jin Jing Effecting Cognitive Function and Peripheral Blood BDNF Level of Old People

上海体育学院学报. 2018, 42(2): 109-112

中国运动训练理论的演进与展望

Evolution and Prospect of Chinese Sports Training Theory

上海体育学院学报. 2021, 45(5): 29-37

基于速度的力量训练: 应用基础与训练效果

Velocity Based Training: Application Foundation and Training Effects

上海体育学院学报. 2021, 45(11): 90-104

肌肉力量的神经生物力学基础及诊断

Neuromechanical Basis of Muscular Strength and Its Diagnosis

上海体育学院学报. 2019, 43(3): 113-120, 126



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

研究综述

唾液: 应用于运动训练领域的潜力生物样本

许毅泉¹, 赵永才², 高炳宏³

(1. 上海体育学院 运动健康学院, 上海 200438; 2. 天津体育学院 社会体育与健康科学学院, 天津 301617; 3. 上海体育学院 竞技运动学院, 上海 200438)

摘要: 从唾液成分、唾液采集和检测方法、运动训练对唾液生物标志物的影响 3 个方面进行研究综述, 发现多数物质在唾液中的含量是血液中的 1/10~1/1 000, 较低的含量对唾液检测方法的精确度要求较高。被动流口水是常用的唾液样本采样方法, 唾液样本采样时间点和测试分析方法尚未标准化。唾液睾酮、皮质醇、尿酸等多种唾液生物标志物含量与血液相应生物标志物含量有较强的相关性, 为唾液生物标志物应用于运动训练提供了有利证据。激素从血液转运至唾液需要一定时间, 建议短时间高强度训练后间歇 10~20 min 进行唾液采样以检测唾液睾酮和皮质醇含量。长时间高强度运动后唾液皮质醇增加, 睾酮下降, 有氧运动后唾液 α -淀粉酶明显增加。未来仍需大量研究探讨不同运动训练与唾液生物标志物的关系, 建立唾液样本应用于运动训练的采集、检测、分析和评价体系。

关键词: 唾液; 运动训练; 潜力生物样本; 生物标志物; 血液

中图分类号: G804.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5498(2022)10-0084-11 **DOI:** 10.16099/j.sus.2021.08.25.0002

监控运动员对运动训练反应的常用指标来自血液和尿液样本。一些无创生理指标(如心率变异性、体成分、微循环等)也常被用于训练监控。唾液样本是无创、容易快速采集的生物样本, 在运动训练领域具有较大发展潜力^[1]。已有国内外文献报道了唾液在运动训练监控中的应用情况, 但其仍未成为运动训练监控中的常用生物样本。目前, 唾液样本中哪些生物标志物能够应用于运动训练监控, 唾液生物标志物是否能及时、准确地反映运动训练对机体的影响, 不同运动训练与唾液生物标志物的关系如何等尚不清楚, 这限制了唾液样本在运动训练领域的应用。本文从唾液成分、唾液采集和检测方法、运动训练对唾液生物标志物的影响 3 个方面分析限制唾液生物标志物在运动训练中研究和应用的主要原因, 以为唾液在运动训练中的进一步研究和应用提供参考, 帮助运动员、教练员、科研人员等更好地利用唾液样本开展训练监控等工作。

1 唾液成分

唾液是一种无色液体, 密度在 1.002~1.012 g/L, pH 约为 6.64^[2]。唾液主要由低相对分子质量有机物质、激素和无机物组成。唾液中丰富的有机化合物主要由蛋白质、脂质等组成。唾液中的激素种类繁多, 血液中的大多数激素能在唾液中进行测定, 包括皮质醇、睾酮、脱氢表雄酮、雌激素以及醛固酮等。唾液中的无机化合物主要由离子组成, 包括 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 和 HCO_3^- 等。表 1 列出了唾液中常用于检测的部分有机化合物、激素和离子。多数物质在唾液中的含量是血液中的 1/10~1/1 000, 如唾液总蛋白质含量是血液中的约 1/1 000, 唾液睾酮含量是血液中的约 1/100, 唾液中 Na^+ 含量是血液中的约 1/10。也有少数物质在唾液中和血液中的含量相似或高于血液中的含量, 如唾液葡萄糖、皮质醇和血液中的含量相似, α -淀粉酶和

收稿日期: 2021-08-25; 修回日期: 2022-07-11

基金项目: 国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项(2019YFF0301603); 上海市人类运动能力开发与保障重点实验室项目(11DZ2261100)

第一作者简介: 许毅泉(ORCID: 0000-0002-4534-4048), 男, 四川成都人, 上海体育学院博士研究生; 研究方向: 热环境与训练监控, E-mail: yixiaoxu0703@163.com

通信作者简介: 高炳宏(ORCID: 0000-0003-2888-4744), 男, 甘肃天水人, 上海体育学院教授, 博士, 博士生导师; 研究方向: 特殊环境与运动能力调控, E-mail: gaobinghong@126.com

K⁺含量在唾液中高于血液中。尽管大多数物质在唾液中的含量低于血液中,但近年来研究^[3]发现,唾液中部

分生物标志物及血液中相应生物标志物与运动训练的变化高度相关。

表1 唾液和血液中部分物质正常范围含量比较^[3-5]

Table 1 A comparison of the normal range of the content between saliva and blood

物质分类	英文名称	中文名称	唾液中的含量	血液中的含量
有机化合物(非蛋白质和脂质)	Uric acid	尿酸	(3.38±0.21) mg/dL	血清(6.31±0.24) mg/dL
	Bilirubin	胆红素	0.5 ~ 5 μmol/L	血清 0.2 ~ 1.2 mg/dL
	Creatinine	肌酐	(0.12±0.06) mg/dL	血清(0.89±0.17) mg/dL
	Glucose	葡萄糖	(91.3±10.1) mg/dL	血浆 80 ~ 120 mg/dL
	Cholesterol	胆固醇	0.02 ~ 5.46 μmol/L	血清 < 5 mmol/L
	Lactate	乳酸盐	0.3 ~ 1.8 mmol/L	血清 0.5 ~ 1 mmol/L
蛋白质/多肽化合物	Alpha amylase	α-淀粉酶	19 ~ 308 U/mL	血清 0.05 ~ 0.125 U/mL
	Albumin	白蛋白	(0.2±0.1) mg/mL	血清 3.5 ~ 5.5 g/dL
	Secretory-IgA	分泌型抗体	80 ~ 717 mg/dL	血清 70 ~ 400 mg/dL
	Lysozyme	溶菌酶	3 ~ 50 μg/mL	血清(7.4±1.8) mg/mL
	Total proteins	总蛋白质	7.1 ~ 223.2 mg/dL	血清 6 ~ 8 g/dL
激素	Cortisol	皮质醇	3.5 ~ 27 mg/dL	血清 2 ~ 25 mg/dL
	Testosterone	睾酮	32 ~ 55 pg/mL	血清 320 ~ 600 ng/dL
	Progesterone	黄体酮	黄体期(436 ± 34) pmol/L	男性血清 < 1 ng/mL
			卵泡期(22.1 ± 2.7) pmol/L	女性血清 0.1 ~ 20 ng/mL
	Estradiol	雌二醇	黄体期(20.6 ± 2.4) pmol/L	男性血清 15 ~ 60 pg/mL
卵泡期(22.1 ± 2.7) pmol/L			女性血清 15 ~ 370 pg/mL	
离子	Na ⁺	钠离子	20 ~ 80 mmol/L	血浆 145 mmol/L
	K ⁺	钾离子	20 ~ 22 mmol/L	血浆 4 mmol/L
	Ca ²⁺	钙离子	1 ~ 4 mmol/L	血浆 2.2 mmol/L
	Cl ⁻	氯离子	30 ~ 100 mmol/L	血浆 120 mmol/L
	HCO ₃ ⁻	碳酸氢根离子	15 ~ 80 mmol/L	血浆 25 mmol/L
	Mg ²⁺	镁离子	0.2 mmol/L	血浆 1.2 mmol/L
	NH ₄ ⁺	氨根离子	3 mmol/L	血浆 0.05 mmol/L

唾液中多数成分由唾液腺分泌,健康成年人唾液腺每天分泌 750 ~ 1 500 mL 唾液,其次是由血液中的物质转移至口腔^[6]。唾液腺分泌受自主神经的副交感神经和交感神经支配,副交感神经诱导的唾液腺分泌特征是唾液呈水样流动,引起唾液中有机化合物和无机化合物含量降低^[2];交感神经诱导的唾液腺分泌特征是唾液输出量较少,导致唾液中总蛋白质含量、离子含量等提升。安静状态下唾液腺以 0.30 ~ 0.65 mL/min 的速度分泌唾液到口腔中,而咀嚼或品尝含柠檬酸食物可以将唾液分泌速度增加到 1.5 ~ 6.0 mL/min^[7]。研究^[2]报道,在超过乳酸阈值或大于 60% 最大摄氧量(maximal oxygen uptake, VO_{2max})的长时间运动中,唾

液流速显著降低,表明唾液流速可反映运动强度。

2 唾液采集和检测方法

唾液成分受众多因素影响,运动训练、昼夜节律、年龄、性别、体质量和进食等均会影响唾液的分泌量和成分^[4]。标准化唾液采集和检测流程是获得可靠数据的前提。

2.1 唾液采集方法

目前唾液采集方法并未标准化,不同采集方法对结果的影响较大,各类方法的优缺点如表 2 所示。研究常用的唾液采集方法是全唾液采样法,通过无刺激被动流口水或小刺激吐口水方式直接将唾液采集在小

表 2 唾液采集方法的优缺点比较^[9-10]

Table 2 Advantages and drawbacks of saliva collected methods

采集方法	方法分类	优点	不足
无刺激被动流口水	全唾液采样	简单、无刺激、流速无影响	相对耗时较长
小刺激吐口水	全唾液采样	简单、快速	额外刺激较小
拭子采样	全唾液采样	方便、快速、所需样本量少	额外刺激、有吞咽风险、分析物含量低
唾液腺采样器采样	特定唾液腺采样	所需样本量少、分子稳定性高	额外刺激、分析物受限
微萃取采样	特定唾液腺采样	适用于LC-MS和GC-MS仪器	额外刺激、所需样本量更大

瓶中。拭子采样、唾液腺采样器采样和微萃取采样的采样量较少,但会对唾液腺造成额外刺激^[8]。

唾液生物标志物含量也受昼夜变化影响,如安静状态下唾液睾酮水平存在昼夜节律,8:00最高、20:00最低^[11],因此唾液采样应在每天同一时间段采集,以控制昼夜节律的变化。此外,运动后唾液生物标志物峰值出现的时间点也为唾液样本采集时间提供了依据,如唾液皮质醇的峰值约在运动后30 min出现^[12],提示可在运动后20 min左右进行采样以检测唾液皮质醇含量。

2.2 唾液检测方法

根据检测原理唾液检测方法主要分为免疫测试方法、分离方法和电化学方法。酶联免疫吸附试验(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA)是检测运动员唾液样本较常用的免疫测试方法。分离方法主要包括液相色谱-串联质谱(Liquid Chromatography-Mass Spectrometry, LC-MS)和气相色谱-质谱(Gas Chromatography-Mass Spectrometry, GC-MS)等色谱、质谱联合分析方法。电化学方法包括安培法、伏安法和电化学阻抗谱等。不同唾液检测方法的优缺点如表3所示。

表 3 唾液检测方法的优缺点比较^[5,13-14]

Table 3 Advantages and drawbacks of saliva detection methods

检测方法	方法分类	优点	不足
ELISA	免疫测试方法	易操作、相对便宜	耗时较长、容易交叉反应
流式细胞仪	免疫测试方法	每次可检测多种分析物	抗体间容易交叉反应
LC-MS	分离方法	高选择性、高灵敏度、高效	相对昂贵、缺少可靠的参考范围、还未在实践中普及
GC-MS	分离方法	高灵敏度、高效	高相对分子质量蛋白质不适用、预处理时间较长、还未在实践中普及
安培法	电化学方法	低成本、简单、便携	相对耗时较长
电位法	电化学方法	便携	受周围环境影响
伏安法	电化学方法	低成本、简单、便携	对温度敏感
电化学阻抗谱	电化学方法	低成本、灵敏性较好、分析时间较短	小型化设备有待研发
电化学石英晶体微量天平	电化学方法	非常敏感、快速、精度高、多种传感器范围	昂贵、复杂、对环境敏感
Hormonix	未知	快速、准确	未有研究报道

因易于操作且相对便宜,多数研究采用ELISA检测唾液样本中的类固醇激素和蛋白质。但ELISA基于抗体和特定分析物之间的化学结合反应进行分析,若抗体与结构相似化合物产生交叉反应则可能影响测试的准确性,如文献^[15]报道,唾液中的皮质醇和可的松分子结构相似,这会干扰皮质醇的ELISA检测结果。此外,由于不同ELISA的设计可能不同,抗体分析物的相互作用也可能发生变化,影响ELISA检测结果。尽管已经开发了一些转换表用于比较常见的不同ELISA检测结果^[16],但Büttler等^[17]将不同ELISA试剂盒转换后的结果和同位素稀释LC-MS测试结果

进行比较,发现ELISA试剂盒转换后的结果并不精确。因此,ELISA并不适用于多数唾液生物标志物的检测,未来研究应尝试采用灵敏度和准确度较高的检测方法进行唾液分析。

近年来研究提出结合使用液相色谱(Liquid Chromatography, LC)或气相色谱(Gas Chromatography, GC)与质谱(Mass Spectrometry, MS)分析唾液生物标志物,可以提高选择性、灵敏性和准确性。GC-MS因其极高的色谱分离能力和额外的质量选择分离能力在类固醇分析中具备良好的潜力^[18]。高效液相色谱(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)

通常与串联质谱联用,可以降低样本检测量。高效液相色谱-串联质谱分析(High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry, HPLC-MS)具备快速、可靠、高精度的优势^[19]。但目前仅有少数研究采用分离方法检测唾液样本,未来研究可以多尝试采用分离方法开展唾液样本研究,加快建立唾液样本评价体系。

在唾液检测中免疫测试方法和电化学方法可以结合使用^[20]。电化学方法简便、溶剂消耗少,最常见的是伏安法、安培法和电位法等,具有小型化和便携的优势,为即时测量唾液生物标志物提供了可能^[21]。此外,英国体育学院(English Institute of Sport, EIS)于2020年8月发布的唾液检测新技术 Hormonix 引起了广泛关注^[22]。该技术具备快速、准确等优势,但测定的唾液生物标志物、检测方法和分析应用情况等尚不清楚,目前仅小范围地应用于英国优秀运动员。

3 运动训练对唾液生物标志物的影响

唾液采集具备无创、容易采集和感染风险低等优势^[4],其生物标志物可以较及时地反映运动训练对运动员的影响,避免过度训练,预防运动损伤和疾病,还可以缩短训练监控的周期,以便更精确地掌握运动员生理状态周期性变化规律。唾液生物标志物可评估训练强度和训练量,以及监控身体压力反应、肌肉损伤程度、免疫和炎症反应、氧化状态等(图1)^[14],此外,唾液容易采集和无创的特点便于兴奋剂筛查,但目前世界

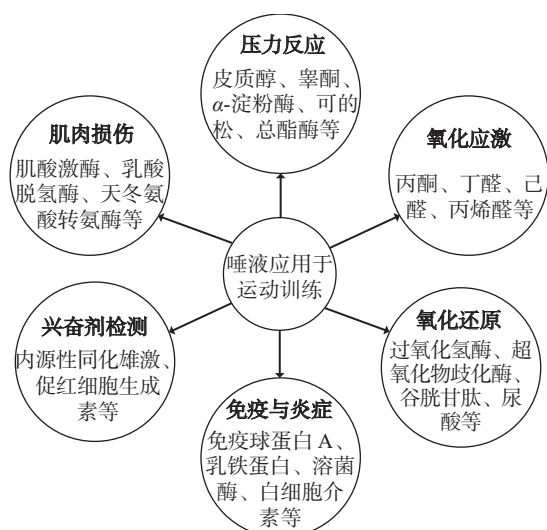


图1 唾液生物标志物在运动训练领域的应用
Figure 1 The applications of saliva biomarkers in sport sciences

反兴奋剂机构官网上没有使用唾液样本进行兴奋剂检测的程序。近年来不同运动训练对唾液生物标志物影响的研究如表4所示。

近年来研究^[23]证明,唾液和血液中部分生物标志物与运动训练的反应有较强相关性,唾液样本能够用于运动训练监控^[23]。Ngamchuea等^[3]的研究报道了唾液中睾酮($r>0.7$)、皮质醇($r>0.8$)、醛固酮和胰岛素含量与血液中含量高度相关。类似研究^[2]也表明,安静状态下唾液中睾酮($r=0.7\sim 0.97$)、皮质醇($r=0.89$)与血液中含量高度相关,运动中和运动后的唾液皮质醇和血液皮质醇含量高度相关。可见,静息状态下唾液睾酮和皮质醇能代替血液反映机体的合成代谢状态,用于监控运动员的机能状态。近期还有研究^[24-25]报道,唾液脱氢表雄酮、孕酮、 α -淀粉酶、免疫球蛋白A、谷胱甘肽、尿酸等多种物质也与血液中含量有较强相关性。这些研究表明,唾液与血液中部分激素类物质和有机化合物含量有较强相关性,为唾液样本应用于运动训练提供了有利证据。

3.1 运动训练对唾液压力生物标志物的影响

训练和比赛会影响运动员的心理和生理压力反应^[26]。心理压力是情绪的紧张水平^[27]。生理压力来源于自主神经系统的激活以及下丘脑-垂体-肾上腺轴的激活^[28],唾液睾酮、皮质醇和 α -淀粉酶是反映运动员生理压力的常用唾液生物标志物。睾酮是雄激素的一种,属于类固醇激素,能促进合成代谢,可反映运动训练对机体合成代谢的影响。皮质醇是肾上腺皮质分泌的一种糖皮质激素,能促进分解代谢,可反映运动训练对机体分解代谢的影响。睾酮与皮质醇的比值能反映运动训练对机体整体恢复情况的影响^[29]。不同强度、持续时间的运动训练和唾液采样时间点会影响唾液睾酮、皮质醇和 α -淀粉酶的检测结果。唾液睾酮、皮质醇适用于评估高强度训练后运动员生理压力的变化,而唾液 α -淀粉酶更适合评估有氧运动后运动员生理压力的变化。

短时间高强度运动后唾液皮质醇明显增加,运动强度越大,运动后唾液皮质醇含量越高。长时间高强度运动后唾液皮质醇增加,睾酮下降。Monje等^[30]的研究报道了20名优秀长跑运动员单次高强度间歇训练后(以90% $\dot{V}O_{2peak}$ 的强度完成10个4 min间歇跑)唾液皮质醇增加,睾酮水平保持稳定。Crewther等^[31]研究发现,9名健康男性完成30 s Wingate 自行车测试

表 4 运动训练对唾液生物标志物的影响

Table 4 Effects of exercise and training on saliva biomarkers

	文献信息	研究对象	运动方案	唾液采集方法	唾液采集时间点	唾液生物标志物	唾液测试方法	主要发现
唾液压力和免疫	Monje等 ^[30] (2020)	20名优秀长跑运动员	单次HIIT训练	被动流口水采集 3 mL全唾液样本	运动前5 min、运动后 20 min	皮质醇、睾酮、 α -淀粉酶	ELISA	运动后20 min唾液皮质醇显著升高
	Crewther等 ^[31] (2010)	9名健康男性	30 s Wingate 自行车测试	咀嚼无糖薄荷醇口 香糖采集唾液样本	热身、运动结束后 1、10、20、30、60 min	皮质醇、睾酮	ELISA	唾液皮质醇和睾酮分别在运动后20 min、运动后10 min达到峰值
	Leicht等 ^[32] (2018)	12名训练有素的男性	3个45 min的恒定负荷运动试验	被动流口水采集 全唾液样本	运动前、运动后即刻、 运动后2 h、4 h	皮质醇、IgA	ELISA	运动强度越大, 运动后唾液中皮质醇含量越高
	Peñailillo等 ^[33] (2015)	9名足球运动员	国际足球友谊赛	被动流口水采集 3 mL全唾液样本	赛前30 min、赛后5~ 10 min	皮质醇、睾酮、 IgA	ELISA	赛后10 min睾酮明显下降, 皮质醇无明显变化
	Pritchard等 ^[28] (2017)	46名足球运动员	赛季备赛期间	被动流口水采集 0.5 mL全唾液样本	赛季备赛前、比赛开 始前、比赛结束后	皮质醇、IgA	ELISA	运动员不同赛季阶段的训练安排、生活节律是影响唾液皮质醇的主要因素
	Guilhem等 ^[34] (2015)	24名高水平田径运动员	20周的赛季备赛期	被动流口水采集 全唾液样本	所有运动员在休息至 少24 h后一天的 16:00采集唾液样本	皮质醇、睾酮、 α -淀粉酶、IgA、 嗜铬粒蛋白A	ELISA和分光 光度法	备赛期间可使用唾液皮质醇、睾酮监控运动员机能状态
唾液肌肉损伤	Thorpe等 ^[35] (2012)	7名足球运动员	足球比赛	被动流口水5 min 采集全唾液样本	赛前1 h、赛后即刻	皮质醇、睾酮	ELISA	赛后即刻唾液睾酮、皮质醇未显著变化
	Crewther等 ^[36] (2018)	71名举重运动员	模拟奥运会举重比赛	被动流口水采集 0.5 mL全唾液样本	赛前、赛后即刻	皮质醇、睾酮	ELISA	赛后即刻唾液皮质醇和睾酮无明显变化, 而在血液中观察到显著变化
唾液氧化状态	Barranco等 ^[37] (2018)	11名足球运动员	5人制足球比赛	被动流口水1 min 采集全唾液样本	赛前、赛后30 min、 12 h、36 h	CK、LDH、AST	ELISA	唾液CK、LDH、AST可用于评估剧烈运动下可能的肌肉压力或损伤
	González Fernández等 ^[38] (2020)	27名橄榄球运动员	7人制橄榄球比赛	被动流口水采集 2 mL全唾液样本	赛前、赛后5 min	CK、LDH、AST	ELISA	唾液AST比CK、LDH的变化更显著
	Biagini等 ^[39] (2020)	10名游泳运动员	最大摄氧量测试	在口腔中移动拭子 1 min采集刺激的 唾液样本	测试前5 min、最大运 动峰值、2.5 min、 5 min和最大摄氧量 后10 min	丙酮、2-丁酮、 2-戊酮、丙醛、 丁醛、己醛等	超高效液相 色谱-串联质 谱法	唾液样本是评估运动中氧化应激反应的一种非侵入性方法
	Rodrigues de Araujo等 ^[40] (2018)	32名足球运动员	Bangsbo Sprint Test	被动流口水采集 全唾液样本	运动前、测试结束后 即刻	总蛋白质含量、转 铁蛋白、皮质醇、 过氧化氢酶、谷胱 甘肽等	ELISA和分光 光度法	唾液尿酸是评估氧化还原能力的主要生物标志物

后唾液睾酮和皮质醇显著升高, 唾液皮质醇在运动后20 min 达到峰值, 唾液睾酮在运动后10 min 达到峰值。此外, Leicht 等^[32] 研究发现, 运动强度越大, 运动后唾液皮质醇含量越高。Peñailillo 等^[33] 研究发现, 足球比赛后9名足球运动员唾液皮质醇无明显变化, 唾液睾酮含量下降30.6%, 睾酮与皮质醇的比值下降64.2%。足球比赛时长通常为90 min, 且运动强度较大, 提示长时间高强度运动能降低唾液睾酮含量和睾酮与皮质醇的比值。

一些研究报道了高强度运动项目备赛期间唾液睾酮和皮质醇的变化。Pritchard 等^[28] 在赛季备赛前、比赛开始前、比赛结束后分别对46名足球运动员采集唾液样本, 发现运动员不同赛季阶段的训练安排、生活节律是影响唾液免疫球蛋白和皮质醇含量的主要因素。

Guilhem 等^[34] 在24名高水平田径运动员为期20周的备赛过程中, 每周一同一时间点采集唾液样本, 检测压力生物标志物如皮质醇、睾酮、 α -淀粉酶和嗜铬粒蛋白A, 发现唾液压力生物标志物对备赛期间的训练内容敏感。这些研究表明, 已有运动队将唾液作为日常训练监控和长期跟踪测试的样本, 这能为其日常的训练和备赛提供有用信息。

Thorpe 等^[35] 发现, 足球比赛后即刻唾液睾酮、皮质醇未显著变化。Crewther 等^[36] 发现, 71名举重运动员在模拟奥运会举重比赛后即刻的唾液皮质醇和睾酮未出现显著变化, 而血液中皮质醇和睾酮有显著变化。这2项研究与类似研究结果不同, 其原因可以通过激素动力学解释。唾液睾酮和皮质醇主要由血液转运至唾液, 激素从血液转运至唾液需要一定时间。

Thorpe 等^[35]和 Crewther 等^[36]均是在比赛后立即进行唾液采样,而 Monje 等^[30]在运动后 20 min 进行唾液采样,Crewther 等^[31]更是在 30 s Wingate 自行车测试后多个时间点进行采样。由于睾酮和皮质醇从血液转运至唾液需要一定时间,唾液采样时间点会影响短时间高强度训练后唾液睾酮和皮质醇含量检测的结果,因此建议短时间高强度训练后间歇约 20 min 再进行唾液采样。此外,唾液脱氢表雄酮评价女性合成代谢水平比唾液睾酮更精确。Granger 等^[41]发现,血清与唾液中脱氢表雄酮水平之间存在很强的线性关系。由于女性唾液睾酮含量非常低,Filaire 等^[42]提议使用唾液脱氢表雄酮代替唾液睾酮,评估女性运动员的合成代谢水平。

有氧运动后唾液 α -淀粉酶明显增加。作为交感神经活性增加的标志物,唾液 α -淀粉酶可用作运动员压力反应的唾液生物标志物^[43]。Ali 等^[44]发现,有氧运动后唾液 α -淀粉酶含量明显增加。Capranica 等^[45]发现,长时间有氧训练结束后唾液 α -淀粉酶的变化比唾液皮质醇更明显。类似研究^[27]也得出同样的结果。唾液 α -淀粉酶对有氧运动更敏感,可能是由于其由自主神经系统控制的唾液腺产生,而皮质醇等激素是从血液转运到唾液的。唾液 α -淀粉酶是有氧运动后评估运动员生理压力变化的主要唾液生物标志物。

3.2 运动训练对唾液免疫标志物反应的影响

唾液中含有较多免疫标志物,唾液免疫球蛋白 A (Salivary Immunoglobulins A, SIgA)是唾液分泌物中含量较多的免疫球蛋白,SIgA 阻止病毒病原体通过黏膜进入人体,是上呼吸道的第一道防线和黏膜免疫的最佳指标^[46]。监控 SIgA 水平能够预防上呼吸道感染,降低感冒发生的风险,并为训练负荷的管理提供参考。口腔黏膜中的其他免疫球蛋白包括唾液免疫球蛋白 M (Salivary Immunoglobulin M, SIgM)和唾液免疫球蛋白 G (Salivary Immunoglobulin G, SIgG)。与 SIgA 相比,报道运动训练对 SIgM 和 SIgG 影响的研究较少。

运动强度影响 SIgA 含量,高强度运动后 SIgA 明显下降。在日常足球训练课^[35]、网球训练课^[47]或一般力量训练^[48]后,SIgA 没有显著变化;而在 70%VO_{2max} 下长时间骑自行车^[49]、50 km 越野滑雪比赛^[50]和三项全能比赛^[51]后,SIgA 显著下降,表明长时间高强度运动后 SIgA 显著下降,而中低强度运动训练对 SIgA 影响较小。此外,急性高强度运动后,SIgA 显著下降,但在

运动后 24 h 内恢复正常水平^[52]。SIgA 含量也受到唾液流速的影响,唾液流速越大,稀释作用越明显;反之,唾液流速降低导致 SIgA 含量明显增加^[2],在分析 SIgA 时应控制好每次采集唾液的流速以控制变量。SIgA 对运动强度较为敏感,急性高强度训练和长时间高强度训练后运动员的 SIgA 含量明显下降,而长时间中低强度训练后 SIgA 含量的变化较小。研究^[6]发现,短时间高强度运动后运动员 SIgG 和 SIgM 水平没有明显变化,而 SIgA 水平下降,表明 SIgG 和 SIgM 对短时间高强度运动的敏感程度不如 SIgA。2 h 自行车骑行训练或曲棍球比赛后 SIgG 和 SIgM 含量明显下降^[2],提示 SIgM 和 SIgG 可用于评估长时间训练后机体的免疫变化。

3.3 运动训练对唾液肌肉损伤生物标志物的影响

运动导致肌肉损伤的主要机制包括肌纤维损伤、钙稳态变化和炎症过程,肌酸激酶 (Creatine Kinase, CK)、乳酸脱氢酶 (Lactate Dehydrogenase, LDH) 和天冬氨酸转氨酶 (Aspartate Aminotransferase, AST) 是肌肉组织损伤的生物标志物^[53]。肌肉损伤后 CK、LDH 和 AST 会从肌细胞中泄露至血液。这 3 种酶能在血液和唾液样本中进行测定^[37]。CK 是肌肉损伤的重要特异性标志物,但唾液 CK 的含量较低,可能是由于 CK 从血液传递到唾液限制了唾液中 CK 的含量^[54]。Barranco 等^[37]报道了 1 场 5 人制足球比赛后 11 名足球运动员唾液和血液中 CK 的变化,发现赛后 12 h 唾液和血液 CK 达到峰值,唾液 CK 含量为 50.9 U/L,血液 CK 含量为 290 U/L,前者约为后者的 1/6。González Fernández 等^[38]报道了 3 场 7 人制橄榄球比赛后 27 名运动员 CK、LDH 和 AST 含量的变化,发现比赛后三者唾液中的含量发生不同程度的变化,其中 AST 变化最显著,在橄榄球比赛后男性和女性的 AST 含量都明显增加,且男性 AST 比女性增加幅度更大。此外,唾液 AST 含量与血液中相似,长时间高强度运动后的变化幅度甚至高于血液^[37-38]。

唾液 AST、CK 和 LDH 能够用于评估长时间高强度运动后运动员的肌肉损伤程度,唾液 AST 是更为敏感的唾液肌肉损伤标志物。尽管如此,不同运动强度和类型对唾液肌肉损伤生物标志物影响的研究仍相对匮乏,需要更多研究探讨唾液中 CK、LDH 和 AST 能否用于评估不同运动后的肌肉损伤情况。

3.4 运动训练对唾液氧化状态标志物的影响

细胞代谢过程中会不断产生自由基,氧化应激是

氧化还原能力和自由基产生之间的不平衡导致的生理反应^[55]。Biagini 等^[39]对 10 名游泳运动员进行自行车递增负荷最大摄氧量测试, 分析其对唾液样本中氧化应激标志物的影响。该研究采用超高效液相色谱-电喷雾串联质谱法测定丙酮、2-丁酮、2-戊酮、丙醛、丁醛、己醛、丙烯醛等唾液氧化应激标志物, 发现递增负荷运动期间唾液氧化应激副产物明显增加, 运动后恢复阶段唾液氧化应激标志物急剧减少。氧化还原物质根据物质成分分为两类: 一类是超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和谷胱甘肽预氧化酶等酶类物质; 另一类是胆红素、尿酸、氧化还原谷胱甘肽、硫醇、白蛋白等非酶类物质^[56]。Rodrigues De Araujo 等^[40]对 32 名足球运动员进行高强度间歇训练(7 次 40 m 短跑变向冲刺, 每次间歇 25 s), 分析其对唾液氧化还原生物标志物的影响。该研究采用分光光度法和 ELISA 分析总胆汁酸、丙二醛、谷胱甘肽、过氧化氢酶、超氧化物歧化酶和尿酸的变化, 发现高强度间歇训练后仅有唾液尿酸水平显著下降, 而其他标志物变化并不明显, 表明短时间高强度间歇训练可短暂抑制氧化还原能力, 唾液尿酸水平是对短时间高强度间歇训练更敏感的唾液氧化状态生物标志物。另一项研究^[57]也发现, 在后检测唾液中, 尿酸是唯一变化显著的唾液氧化还原生物标志物, 唾液尿酸约占唾液总氧化还原能力的 60%~70%。因此, 唾液尿酸是唾液样本中评估氧化还原能力的重要生物标志物之一^[58]。

目前, 不同运动强度和持续时间对唾液氧化状态影响的研究相对匮乏, 唾液氧化应激标志物对不同运动训练的敏感程度还有待进一步证实, 且运动员唾液中氧化状态生物标志物的正常阈值尚不清楚, 还需大量研究建立唾液氧化状态生物标志物的评价体系, 从而进一步探究不同运动训练对各项目运动员氧化状态的影响, 获取更多运动员对运动训练适应情况的信息。

3.5 唾液样本用于兴奋剂筛查

兴奋剂检测主要使用尿液和血液样本, 世界反兴奋剂机构制定了标准的血液和尿液样本采集、转移和检测程序, 而唾液样本未被纳入兴奋剂检测的可用样本^[59]。其首要原因是目标分析物在唾液中的含量较低, 限制了唾液样本在兴奋剂检测中的应用。例如, 内源性同化雄激素(endogenous anabolic androgenic steroids, AAS)在唾液中的含量单位为 pg/mL, 而在尿液中的含量单位为 ng/mL, 唾液中 AAS 的含量是尿液中的约

1/1 000, 对仪器的精确度和检测技术的要求非常高^[60]。但随着分析检测仪器的发展, 质谱色谱分析方法检测底物含量的极限已达到 pg/mL 单位, 能够检测到唾液样本中兴奋剂的含量, 未来可采用质谱和色谱分析仪检测唾液生物标志物的含量, 为运动员唾液生物标志物含量的正常参考阈值提供数据支撑。

近年来研究表明, 唾液样本能够应用于运动训练领域, 可能也能应用于兴奋剂检测领域。但由于研究较为匮乏, 多数唾液生物标志物含量的正常阈值还有待阐明。未来需要进一步探究运动训练与唾液生物标志物的关系, 建立运动员唾液生物标志物的评价体系。

4 结论与展望

唾液样本含有丰富的生物标志物, 无创的优势使其在运动训练中有广阔的应用前景。大多数物质在唾液中的含量是血液中的 1/10~1/1 000, 较低的底物含量对唾液检测方法的精确度要求较高。全唾液被动流口水是常用的唾液样本采样方法, 唾液样本采样时间点和测试分析方法尚未标准化。唾液睾酮、皮质醇、 α -淀粉酶、免疫球蛋白 A、天冬氨酸转氨酶、谷胱甘肽、尿酸等多种唾液生物标志物含量与血液相应生物标志物含量有较高的相关性, 为唾液压力、免疫、肌肉损伤和氧化状态生物标志物在运动训练中的应用提供了有力证据。短时间高强度运动后唾液皮质醇明显增加, 运动强度越大, 运动后唾液皮质醇含量越高。激素从血液转运至唾液需要一定时间, 建议短时间高强度训练后间歇 10~20 min 进行唾液采样以检测唾液睾酮和皮质醇含量。长时间高强度运动后唾液皮质醇增加, 睾酮下降。唾液 α -淀粉酶对有氧运动更敏感, 有氧运动后唾液 α -淀粉酶明显增加。未来仍需大量研究探讨不同运动训练与唾液压力、免疫、肌肉损伤、氧化状态生物标志物的关系, 建立唾液样本监控运动训练的采集、检测、分析和评价体系。

作者贡献声明:

许毅泉: 设计论文框架, 搜集、整理文献资料, 撰写、修改论文;

赵永才: 梳理论文, 提出修改意见, 指导修改论文;

高炳宏: 提出论文选题, 审核、指导修改论文。

参考文献

- [1] PFAFFE T, COOPER-WHITE J, BEYERLEIN P, et al. Diagnostic potential of saliva: Current state and future applications[J]. *Clinical Chemistry*, 2011, 57(5): 675-687
- [2] PAPACOSTA E, NASSIS G P. Saliva as a tool for monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2011, 14(5): 424-434
- [3] NGAMCHUEA K, CHAISIWAMONGKHOL K, BATCHELOR-MCAULEY C, et al. Chemical analysis in saliva and the search for salivary biomarkers - A tutorial review[J]. *The Analyst*, 2017, 143(1): 81-99
- [4] BELLAGAMBI F G, LOMONACO T, SALVO P, et al. Saliva sampling: Methods and devices. An overview[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2020, 124: 115781
- [5] GUG I T, TERTIS M, HOSU O, et al. Salivary biomarkers detection: Analytical and immunological methods overview[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2019, 113: 301-316
- [6] BISHOP N C, GLEESON M. Acute and chronic effects of exercise on markers of mucosal immunity[J]. *Frontiers in Bioscience*, 2009, 14(12): 4444-4456
- [7] WATANABE S, DAWES C. The effects of different foods and concentrations of citric acid on the flow rate of whole saliva in man[J]. *Archives of Oral Biology*, 1988, 33(1): 1-5
- [8] STRAZDINS L, MEYERKORT S, BRENT V, et al. Impact of saliva collection methods on SIgA and cortisol assays and acceptability to participants[J]. *Journal of Immunological Methods*, 2005, 307(1-2): 167-171
- [9] ELMONGY H, ABDEL-REHIM M. Saliva as an alternative specimen to plasma for drug bioanalysis: A review[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2016, 83: 70-79
- [10] GRANGER D A, TAYLOR M K. Salivary bioscience[M]. Heidelberg, Cham: Springer, 2020: 723-746
- [11] COKER N A, WELLS A J, GEPNER Y. Effect of heat stress on measures of running performance and heart rate responses during a competitive season in male soccer players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2020, 34(4): 1141-1149
- [12] CREWETHER B, CRONIN J, KEOGH J, et al. The salivary testosterone and cortisol response to three loading schemes[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2008, 22(1): 250-255
- [13] GIACOMELLO G, SCHOLTEN A, PARR M K. Current methods for stress marker detection in saliva[J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2020, 191: 113604
- [14] LINDSAY A, COSTELLO J T. Realising the potential of urine and saliva as diagnostic tools in sport and exercise medicine[J]. *Sports Medicine*, 2017, 47(1): 11-31
- [15] TAYLOR T, WEST D J, HOWATSON G, et al. The impact of neuromuscular electrical stimulation on recovery after intensive, muscle damaging, maximal speed training in professional team sports players[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(3): 328-332
- [16] MILLER R, PLESSOW F, RAUH M, et al. Comparison of salivary cortisol as measured by different immunoassays and tandem mass spectrometry[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 2013, 38(1): 50-57
- [17] BÜTTLER R M, KRUIT A, BLANKENSTEIN M A, et al. Measurement of dehydroepiandrosterone sulphate (DHEAS): A comparison of Isotope-Dilution Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (ID-LC-MS/MS) and seven currently available immunoassays[J]. *Clinica Chimica Acta*, 2013, 424: 22-26
- [18] FUJIMARU C, OKAMURA H, KAWASAKI M, et al. Self-perceived work-related stress and its relation to salivary IgA, cortisol and 3-methoxy-4-hydroxyphenylglycol levels among neonatal intensive care nurses[J]. *Stress and Health*, 2012, 28(2): 171-174
- [19] CAO Z T, WEMM S E, HAN L Q, et al. Noninvasive determination of human cortisol and dehydroepiandrosterone sulfate using liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2019, 411(6): 1203-1210
- [20] KÄMÄRÄINEN S, MÄKI M, TOLONEN T, et al. Disposable electrochemical immunosensor for cortisol determination in human saliva[J]. *Talanta*, 2018, 188: 50-57
- [21] ABDULSATTAR J O, GREENWAY G M, WADHAWAN J D. Electrochemical immunoassay for the detection of stress biomarkers[J]. *Heliyon*, 2020, 6(3): e03558
- [22] EIS & mint diagnostics develop ground-breaking new hormone monitoring technology[EB/OL]. [2021-08-20]. <https://mintdiagnostics.com/2020/08/13/eis-mint-diagnostics-develop-ground-breaking-new-hormone-monitoring-technology/>
- [23] AKENHEAD R, NASSIS G P. Training load and player

- monitoring in high-level football: Current practice and perceptions[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2016, 11(5): 587-593
- [24] TVARIJONAVICIUTE A, LUCENA S, CAPELA E SILVA F, et al. Salivary biomarkers in the diagnosis and monitoring of metabolic and endocrine diseases[M]// TVARIJONAVICIUTE A, MARTÍNEZ-SUBIELA S, LÓPEZ-JORNET P, et al. *Saliva in health and disease*. Cham: Springer, 2020: 153-176
- [25] SLAVISH D C, GRAHAM-ENGELAND J E, SMYTH J M, et al. Salivary markers of inflammation in response to acute stress[J]. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2015, 44: 253-269
- [26] HARTWIG T B, NAUGHTON G, SEARL J. Load, stress, and recovery in adolescent rugby union players during a competitive season[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2009, 27(10): 1087-1094
- [27] MEHRSAFAR A H, STRAHLER J, GAZERANI P, et al. The effects of mindfulness training on competition-induced anxiety and salivary stress markers in elite Wushu athletes: A pilot study[J]. *Physiology & Behavior*, 2019, 210: 112655
- [28] PRITCHARD B T, STANTON W, LORD R, et al. Factors affecting measurement of salivary cortisol and secretory immunoglobulin A in field studies of athletes[J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2017, 8: 168
- [29] TERBURG D, MORGAN B, VAN HONK J. The testosterone-cortisol ratio: A hormonal marker for proneness to social aggression[J]. *International Journal of Law and Psychiatry*, 2009, 32(4): 216-223
- [30] MONJE C, RADA I, CASTRO-SEPULVEDA M, et al. Effects of A high intensity interval session on mucosal immune function and salivary hormones in male and female endurance athletes[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2020, 19(2): 436-443
- [31] CREWETHER B T, LOWE T E, INGRAM J, et al. Validating the salivary testosterone and cortisol concentration measures in response to short high-intensity exercise[J]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2010, 50(1): 85-92
- [32] LEICHT C A, GOOSEY-TOLFREY V L, BISHOP N C. Exercise intensity and its impact on relationships between salivary immunoglobulin A, saliva flow rate and plasma cortisol concentration[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2018, 118(6): 1179-1187
- [33] PEÑAILILLO L, MAYA L, NIÑO G, et al. Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2015, 33(20): 2080-2087
- [34] GUILHEM G, HANON C, GENDREAU N, et al. Salivary hormones response to preparation and pre-competitive training of world-class level athletes[J]. *Frontiers in Physiology*, 2015, 6: 333
- [35] THORPE R, SUNDERLAND C. Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012, 26(10): 2783-2790
- [36] CREWETHER B T, OBMÍNSKI Z, ORYSIAK J, et al. The utility of salivary testosterone and cortisol concentration measures for assessing the stress responses of junior athletes during a sporting competition[J]. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 2018, 32(1): e22197
- [37] BARRANCO T, TVARIJONAVICIUTE A, TECLES F, et al. Changes in creatine kinase, lactate dehydrogenase and aspartate aminotransferase in saliva samples after an intense exercise: A pilot study[J]. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2018, 58(6): 910-916
- [38] GONZÁLEZ FERNÁNDEZ Á, DE LA RUBIA ORTÍ J E, FRANCO-MARTINEZ L, et al. Changes in salivary levels of creatine kinase, lactate dehydrogenase, and aspartate aminotransferase after playing rugby sevens: The influence of gender[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(21): 8165
- [39] BIAGINI D, LOMONACO T, GHIMENTI S, et al. Saliva as a non-invasive tool for monitoring oxidative stress in swimmers athletes performing a VO_{2max} cycle ergometer test[J]. *Talanta*, 2020, 216: 120979
- [40] RODRIGUES DE ARAUJO V, LISBOA P, BOAVENTURA G, et al. Acute high-intensity exercise test in soccer athletes affects salivary biochemical markers[J]. *Free Radical Research*, 2018, 52(8): 850-855
- [41] GRANGER D A, SCHWARTZ E B, BOOTH A, et al. Assessing dehydroepiandrosterone in saliva: A simple radioimmunoassay for use in studies of children, adolescents and adults[J]. *Psychoneuroendocrinology*, 1999, 24(5): 567-579
- [42] FILAIRE E, LAC G. Dehydroepiandrosterone (DHEA) rather than testosterone shows saliva androgen responses to exercise in elite female handball players[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2000, 21(1): 17-20
- [43] DE OLIVEIRA V N, BESSA A, LAMOUNIER R P M S, et al. Changes in the salivary biomarkers induced by an

- effort test[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2010, 31(6): 377-381
- [44] ALI N D, NATER U M. Salivary alpha-amylase as a biomarker of stress in behavioral medicine[J]. *International Journal of Behavioral Medicine*, 2020, 27(3): 337-342
- [45] CAPRANICA L, CONDELLO G, TORNELLO F, et al. Salivary alpha-amylase, salivary cortisol, and anxiety during a youth taekwondo championship: An observational study[J]. *Medicine*, 2017, 96(28): e7272
- [46] CONTRERAS-AGUILAR M D, GÓMEZ-GARCÍA F. Salivary glands' anatomy and physiology [M]// TVARIJONAVICIUTE A, MARTÍNEZ-SUBIELA S, LÓPEZ-JORNET P, et al. Saliva in health and disease. Cham: Springer, 2020: 3-21
- [47] GOMES R V, MOREIRA A, LODO L, et al. Monitoring training loads, stress, immune-endocrine responses and performance in tennis players[J]. *Biology of Sport*, 2013, 30(3): 173-180
- [48] ROSCHEL H, BARROSO R, BATISTA M, et al. Do whole-body vibration exercise and resistance exercise modify concentrations of salivary cortisol and immunoglobulin A?[J]. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2011, 44(6): 592-597
- [49] WALSH N P, BISHOP N C, BLACKWELL J, et al. Salivary IgA response to prolonged exercise in a cold environment in trained cyclists[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2002, 34(10): 1632-1637
- [50] TOMASI T B, TRUDEAU F B, CZERWINSKI D, et al. Immune parameters in athletes before and after strenuous exercise[J]. *Journal of Clinical Immunology*, 1982, 2(3): 173-178
- [51] STEERENBERG P A, VAN ASPEREN I A, AMERONGEN A N, et al. Salivary levels of immunoglobulin A in triathletes[J]. *European Journal of Oral Sciences*, 1997, 105(4): 305-309
- [52] MORAES H, AOKI M S, FREITAS C G, et al. SIgA response and incidence of upper respiratory tract infections during intensified training in youth basketball players[J]. *Biology of Sport*, 2017, 34(1): 49-55
- [53] NIE J, TONG T K, GEORGE K, et al. Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners[J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011, 21(5): 625-629
- [54] CREWETHER B T, POTTS N, KILDUFF L P, et al. Can salivary testosterone and cortisol reactivity to a mid-week stress test discriminate a match outcome during international rugby union competition?[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2018, 21(3): 312-316
- [55] SIES H. What is oxidative stress?[M]//KEANEY J F. Oxidative stress and vascular disease. New York: Springer, 2000: 1-8
- [56] HADŽOVIĆ-DŽUVO A, VALJEVAC A, LEPARA O, et al. Oxidative stress status in elite athletes engaged in different sport disciplines[J]. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 2014, 14(2): 56-62
- [57] BATTINO M, FERREIRO M S, GALLARDO I, et al. The antioxidant capacity of saliva[J]. *Journal of Clinical Periodontology*, 2002, 29(3): 189-194
- [58] DEMINICE R, SICCHIERI T, PAYÃO P O, et al. Blood and salivary oxidative stress biomarkers following an acute session of resistance exercise in humans[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2010, 31(9): 599-603
- [59] NUNES L A S, DE MACEDO D V. Saliva as a diagnostic fluid in sports medicine: Potential and limitations[J]. *Jornal Brasileiro De Patologia e Medicina Laboratorial*, 2013, 49(4): 247-255
- [60] GRÖSCHL M. Saliva: A reliable sample matrix in bioanalytics[J]. *Bioanalysis*, 2017, 9(8): 655-668

Saliva: A Potential Biological Sample for the Application in Sports Training

XU Yixiao¹, ZHAO Yongcai², GAO Binghong³

Abstract: The research discussed the issue from three aspects, the saliva components, saliva collection and detection methods, as well as the effects of training on saliva biomarkers. The results has found that the content of most biomarkers in saliva is about 1/10 to 1/1 000 of that in blood, and the lower content requires higher accuracy of saliva detection methods. Besides, passive drooling is a commonly used sampling method, while the time point of saliva collection and its analysis method have not been standardized. Salivary testosterone, cortisol, uric acid and other biomarkers have strong correlations with the content in the blood, which provides evidence for the application of saliva samples. It takes time for testosterone and cortisol to transfer from the blood to saliva, so it is recommended to collect saliva samples for about 10-20 minutes after a short-time high-intensity training to detect the content of saliva testosterone and saliva cortisol. Salivary cortisol increases and testosterone decreases after long-term high-intensity exercises while salivary α -amylase increases significantly after aerobic exercises. In the future, a lot of research is to be required to explore the relationship between different sports training and saliva biomarkers; saliva samples are to be established in the use of collection, detection, analysis and evaluation in sports training.

Keywords: saliva; sports training; potential biological sample; biomarker; blood

Authors' addresses: 1. School of Exercise and Health, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; 2. College of Exercise and Health Sciences, Tianjin University of Sport, Tianjin 301617, China; 3. School of Elite Sport, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

~~~~~  
(上接第 83 页)

## Response and Action: The Cultural Development Pathway to Build a Sports Power in China in the New Globalization

SHAO Kai, DONG Chuansheng

**Abstract:** By analyzing the changes in global communication, governance relationships and mechanism in the context of new globalization, the cultural appeal of building a sports power in China is explained on the basis of the practical challenges in sports power construction in terms of the expansion, promotion, recognition, and influence of sports culture. They include the internal appeal, which is to consolidate the cultural foundation for the construction of a sports power; the external appeal, to shape a responsible cultural image of a sports power; the discourse appeal, to empower the cultural dynamics for the sports power construction; and the diverse appeal, to help build a good cultural ecological system. The cultural construction path has been proposed in the construction of a sports power under the background of new globalization: to promote the value enhancement of Chinese sports culture through consensus and integration; to realize the cultural advancement through co-governance and co-management; to consolidate the material foundation through co-construction and sharing; and to reconstruct the institutional influence of Chinese sports culture through symbiosis.

**Keywords:** new globalization; sports power; sports culture; COVID-19 epidemic; cultural appeal; Chinese sportsmanship

**Authors' address:** School of Management and Journalism, Shenyang Sport University, Shenyang 110102, Liaoning, China