



# 运动员感染新冠病毒后恢复训练的研究综述

王金昊<sup>1</sup>, 谈晨皓<sup>1</sup>, 曹国欢<sup>1</sup>, 杨圣韬<sup>1</sup>, 马国强<sup>1</sup>, 赵德峰<sup>1</sup>, 张 鹏<sup>1</sup>, 耿治中<sup>2</sup>,  
李隆基<sup>2</sup>, 邱 俊<sup>1\*</sup>

**摘 要:** 运动员感染新型冠状病毒会对身体机能与运动能力产生明显的影响。在新毒株仍然流行于世界范围内的背景下, 如何帮助运动员安全、快速地恢复训练是当前竞技体育面临的实践需求。通过总结新冠病毒感染对运动能力、心理和营养状况的影响, 归纳恢复训练的原则和如何分期训练, 首次提出针对我国运动员在康复后进行评估、科学监控及心理和营养干预的措施, 为体育工作者制定与实施恢复训练计划提供参考, 力图以此为起点推进我国运动员感染新冠病毒后恢复训练的进一步科学研究。

**关键词:** 新冠病毒; 运动员; 恢复训练; 评估; 干预

中图分类号: G804 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2023)01-0001-14

DOI: 10.12064/ssr.2023013101

## A Review of Researches on Athletes' Return to Sports Training after COVID-19 Infection

WANG Jinhao<sup>1</sup>, TAN Chenhao<sup>1</sup>, CAO Guohuan<sup>1</sup>, YANG Shengtao<sup>1</sup>, MA Guoqiang<sup>1</sup>,  
ZHAO Defeng<sup>1</sup>, ZHANG Peng<sup>1</sup>, GENG Zhizhong<sup>2</sup>, LI Longji<sup>2</sup>, QIU Jun<sup>1\*</sup>

(1. Shanghai Research Institute of Sports Science & Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030, China; 2. Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

**Abstract:** Athletes' COVID-19 infection has a significant impact on their physical function and sports ability. Now that the new strains are still prevalent worldwide, how to help athletes return to sports training safely and quickly is currently a practical demand for competitive sports. By summarizing the impact of COVID-19 infection on Chinese athletes' sports ability, psychology and nutrition, as well as the return-to-sport principles and phased training approaches, this paper, for the first time, puts forward measures for evaluation, scientific monitoring, nutritional and psychological intervention after their recovery from the virus infection, so as to provide reference for sports professionals to formulate and implement return-to-sport program, and call for further scientific researches on the recovery training for Chinese athletes infected with COVID-19.

**Keywords:** COVID-19; athlete; return to sport; evaluation; intervention

新型冠状病毒(简称新冠病毒)仍在全球持续流行,病毒变异还存在很多不确定因素,近期新冠“奥密克戎”毒株在我国流行,运动员人群感染率较高。现有研究表明,新冠病毒会不同程度损害各器官系统,休养停训会对运动能力造成不良影响。因此,运动员新冠病毒感染康复后如何快速安全恢复训练是当前运动训练和体育科学领域最关注的话题。目前,国外多家运动医学研究机构对新冠病毒感染康复后何时开始恢复训练以及训练强度如何

制定等具体措施尚未达成共识,国内也无前期研究和论证成果可供借鉴。本文参考国内外相关文献和报道,厘清感染新冠病毒对身体机能和运动能力的影响,结合我国《新型冠状病毒感染诊疗方案(试行第十版)》和运动员感染新冠病毒的具体情况,提出有针对性的康复后评估和科学监控、循序渐进的恢复训练方法及心理和营养干预措施,将为我国运动员感染新冠病毒后安全、快速开展恢复训练提供可行性参考。

收稿日期: 2023-01-31

基金项目: 上海市“科技创新行动计划”社会发展科技攻关项目(22dz1204600)。

第一作者简介: 王金昊,男,硕士,副研究员。主要研究方向: 特殊环境训练和运动训练的生理生化监控。E-mail: wangjinhao28@163.com。

\* 通信作者简介: 邱俊,女,博士,研究员,博士生导师。主要研究方向: 运动员机能监控和营养补充。E-mail: qiujiang@hotmail.com。

作者单位: 1. 上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心),上海 200030; 2. 上海体育学院,上海 200438。



## 1 新冠病毒对运动能力、心理和营养状况的影响

运动员感染新冠病毒后会引发不同程度的器官组织损伤、形态学变化,可导致短期或长期的运动能力衰退,主要表现为:有氧运动能力和肌肉力量的下降,情绪紊乱、疲劳、睡眠障碍等心理问题,饮食习惯发生改变可能会导致运动员营养不良。

### 1.1 对有氧能力的影响

新冠病毒首先侵犯的是呼吸系统,病毒进入呼吸道后,其刺突糖蛋白通过与宿主细胞上血管紧张素转换酶 2 (Angiotensin Converting Enzyme 2, ACE2) 结合进入细胞内,肺泡细胞与心肌细胞中 ACE2 表达相对较高,因此感染新冠病毒往往会引起心肺等器官的损伤,对机体呼吸系统与循环系统产生一定负面影响,导致感染后患者常伴有咳嗽、胸闷、呼吸困难等症状。现有证据表明与普通人群相比,新冠病毒对运动员的呼吸系统与循环系统损害较轻,但对机体的损伤不容忽视<sup>[1-2]</sup>。肺是新冠病毒的主要靶器官,感染后运动员常表现出用力肺活量 (Forced Vital Capacity, FVC)、一秒钟用力呼气容积 (Forced Expiratory Volume in One Second, FEV<sub>1</sub>) 与用力肺活量比值 (FEV<sub>1</sub>/FVC) 等肺功能指标的降低。Komici 等<sup>[1]</sup>发现感染新冠病毒后有 25% 的受试者出现 FVC 下降。Moulson 等<sup>[2]</sup>在感染新冠病毒后 3~6 个月进行的评估中,发现超过 30% 的运动员表现出 FEV<sub>1</sub>% 与 FEV<sub>1</sub>/FVC 异常。此外有研究指出感染新冠病毒对排球运动员吸气和呼气肌力产生负面影响,建议进行呼吸肌力量训练,以维持正常心肺功能<sup>[3]</sup>。

新冠病毒另一主要靶器官是心脏,感染后可能导致运动员罹患心肌炎、心包炎等疾病。心肌炎作为新冠病毒感染后严重并发症被国内外学者所关注,Starekova 等<sup>[4]</sup>采用心脏核磁共振 (Cardiac Magnetic Resonance, CMR)、超声心动图以及心电图 (Electrocardiogram, ECG) 等技术手段评估 145 名感染新冠病毒大学生运动员的心脏功能,发现心肌炎的患病率为 1.4%。一项回顾性研究发现,789 名感染新冠病毒后的运动员仅有 0.6% 存在心肌炎,0.25% 存在心包炎<sup>[5]</sup>。也有研究指出感染新冠病毒后有 6% 的运动员存在室性心律失常症状<sup>[6]</sup>。可见新冠病毒感染对运动员人群呼吸系统与循环系统会产生不同程度的负面影响,运动员重返运动前需进行相关功能的评估。

感染新冠病毒会对机体呼吸系统与循环系统产生一定影响,进而改变运动员有氧能力。目前,国内

外学者多采用心肺运动试验 (Cardiopulmonary Exercise Testing, CPET) 评估新冠病毒感染后运动员有氧能力,Fikenzer 等<sup>[7]</sup>发现手球运动员感染新冠病毒康复 14 d 后与健康对照组相比,其峰值输出功率下降 5%, $\dot{V}O_{2max}$  下降 7%,每分钟通气量降低 14%。Sliz 等<sup>[8]</sup>也发现新冠病毒感染会降低耐力运动员  $\dot{V}O_{2max}$ ,运动过程中感染康复后运动员心率 (Heart Rate, HR) 相比健康运动员显著提高。此外 Parpa 等<sup>[9]</sup>对比 21 名足球运动员在新冠病毒感染前与感染后 60 d 的有氧能力,发现与感染前相比运动时间与  $\dot{V}O_{2max}$  显著降低。Vollrath 等<sup>[10]</sup>对运动员新冠病毒感染后进行 3 个月随访,认为随着时间的推移,运动员 CPET 相关参数以及各种症状会得到改善。然而有部分学者认为运动员感染新冠病毒后对心肺功能影响较小。Clark 等<sup>[11]</sup>发现与健康运动员相比,感染新冠病毒的运动员仅 FEV<sub>1</sub> 下降,而  $\dot{V}O_{2max}$  无变化。Milovancev 等<sup>[12]</sup>也发现感染新冠病毒对排球运动员  $\dot{V}O_{2max}$  未产生影响,但建议回归训练前应进行 CPET 评估,以筛查心肌或呼吸系统功能异常。

### 1.2 对肌肉力量的影响

运动员由于新冠病毒的流行被迫进行封闭管理,训练的减少会对骨骼肌产生不良影响。有研究证实,在封闭期间身体活动水平与肌肉质量大幅下降 (从 10 d 后的 6% 下降到 30 d 后的 10%),肌肉胰岛素敏感性降低,骨骼肌氧化代谢能力改变<sup>[13]</sup>。这种肌肉质量的损失与纤维去神经支配、神经肌肉接头损伤和蛋白质分解的上调有关,但主要由抑制肌肉蛋白质合成导致<sup>[14]</sup>。运动员的肌肉毛细血管数量在停训 4 周后恢复到训练前水平,运动员停止训练会影响线粒体三磷酸腺苷 (ATP) 的产生率。6 周的耐力训练后线粒体酶活性增加,停训 3 周后会导致线粒体 ATP 产生减少 12%~28%<sup>[15]</sup>。

新冠病毒对运动员的骨骼肌会产生明显的影响,感染引起的住院或长时间卧床休息会导致肌肉和骨量的减少,出现一种被称为骨骼肌减少症的新型综合征<sup>[16]</sup>。患病期间推荐的蛋白质摄入量为 1.3~2 g/kg 体重,高于健康个体推荐量,原因为不活动和炎症导致糖异生和肌肉分解代谢增加。即使没有住院,感染后的症状 (肌无力、低氧血症性呼吸衰竭等) 也迫使患者减少活动从而导致肌肉量的损失<sup>[17-18]</sup>。症状严重的会出现骨骼肌无力和运动不耐受,组织学切片表现为肌纤维萎缩、代谢改变和免疫细胞浸润。20 名重症卧床患者股直肌横截面积减少 30%,股四头肌前室厚度在 10 d 后减少近 20%<sup>[19]</sup>。



新冠病毒对骨骼肌的影响除了因长时间停训外,还与体内产生炎症有关。新冠病毒感染可诱导细胞因子和信号分子,如细胞角蛋白 19(CKCL19)、干扰素- $\gamma$ (IFN- $\gamma$ )、白细胞介素-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )、白细胞介素-6(IL-6)、白细胞介素-8(IL-8)、白细胞介素-17(IL-17)和肿瘤坏死因子(TNF- $\alpha$ )的全面升高,这些炎症分子会通过多种潜在机制,对骨骼肌产生影响<sup>[20]</sup>。炎症的促炎生物标志物 TNF $\alpha$ 、IL-6 在肌少症的发展中有协同作用,会加速蛋白质降解和骨骼肌质量减少。成纤维细胞生长因子(FGF21)对肌肉代谢有分解作用,在感染新冠病毒后有所改变,导致骨骼肌减少<sup>[16]</sup>。此外,长时间卧床会导致炎症负荷升高,炎症会降低肌肉蛋白质合成并增加肌肉蛋白分解<sup>[18,21]</sup>。有研究通过超声成像观察到新冠患者住院 10 d 内股直肌横截面积减少了 30.1%<sup>[17]</sup>。

新冠病毒会对力量水平产生影响。肌肉耐力约在停训 2 周后开始下降,这可能与肌肉血液供应减少、肌肉糖原储存和氧化酶活性下降、酸碱平衡紊乱有关<sup>[1]</sup>。Spyrou 等<sup>[22]</sup>对封闭停训 70 d 的男性足球运动员停训前后分别进行 10 m 冲刺、水平和垂直跳以及反向跳(Countermovement Jump, CMJ)测试,结果发现运动员短跑成绩和 CMJ 动力学指标受到长期停训影响显著,而垂直跳跃高度和水平跳跃距离未产生显著改变。Alvurdu 等<sup>[23]</sup>也发现在长达 109 d 的封闭停训后,68 名足球运动员的 CMJ 成绩存在不同程度的降低,同时 30 m 冲刺、转向动作测试的完成时间也有所增加。而 Asimakidis 等<sup>[24]</sup>指出,224 d 的封闭停训对青少年运动员 10 m 冲刺、20 m 冲刺、CMJ 以及转向动作未产生影响,与停训前相比各测试项目成绩均有所提高,分析认为这可能与运动员所处的年龄段有关。

### 1.3 对心理的影响

新冠病毒感染及康复后会出现较多与心理密切相关的症状,主要包括疲劳、认知功能损害(“脑雾”)、睡眠质量以及情绪问题<sup>[25-29]</sup>,其中疲劳最为常见<sup>[30-33]</sup>。虽然对疲劳的界定尚不清晰,且病毒感染后的疲劳和慢性疲劳综合征之间的关系也存在一定争议,有研究认为“脑雾”的产生原因中,疲劳的心理成分与失去力量感和沉重感代表的身体成分并列<sup>[34]</sup>。也有研究指出运动不耐受是感染新冠病毒后疲劳的关键特征,认知功能损害和睡眠恢复效果差是普遍特征<sup>[34-36]</sup>。可以认为,认知功能损害与睡眠质量问题是疲劳在心理上的典型表现。

认知功能损害是新冠感染康复后经常发生的与

轻度认知障碍相似的精神疲劳体验<sup>[37]</sup>。大量对康复患者的研究显示,在康复后仍会在较长的一段时间内在注意力、记忆、执行功能、语言、思维等认知活动上出现明显的表现受损<sup>[29,34,37-42]</sup>。也有研究对非住院患者进行检查,发现对记忆提取和多任务处理等能力的损害至少会持续 12 周,明显影响工作<sup>[43]</sup>。在严重程度,感染后的症状越严重,认知功能损害越明显<sup>[44-45]</sup>。不过这种影响并不是永久的,一般不超过 1 年,可以自行改善<sup>[46]</sup>。但针对感染原始毒株住院患者的研究显示,相较注意力而言,记忆能力的恢复较慢,其影响可能持续 3 年以上<sup>[47]</sup>,恢复时间也可能取决于具体的认知功能情况。

新冠病毒感染康复后一般会在睡眠的诸多方面出现负面影响,甚至会出现睡眠障碍<sup>[48]</sup>。有研究采用健康睡眠标准对 32 个国家的患者进行调查,发现睡眠规律、满意度、警觉性、时间、效率和持续时间恶化,与感染后症状的严重程度有关<sup>[49]</sup>;也有研究分析了有新冠症状的患者的睡眠症状,发现睡眠质量不佳、白天嗜睡、睡眠惯性等问题更严重<sup>[50]</sup>。与认知功能损害不同的是,奥密克戎毒株感染者反而在睡眠上有更高的损伤风险<sup>[51]</sup>。因此,感染奥密克戎毒株可能会引发更为明显的睡眠质量下降,并会通过影响免疫与恢复来加重疲劳及其他症状<sup>[52]</sup>。

抑郁和焦虑等情绪问题也是感染恢复后的常见症状。在感染的急性期,患者会受焦虑和抑郁的困扰,进入慢性期则可能会出现创伤后应激症状,甚至出现创伤后应激障碍<sup>[27]</sup>。除了情绪问题本身造成的影响外,情绪问题与疲劳症状也存在一定联系。有研究发现睡眠障碍患者抱怨全身疲劳、“脑雾”症状的比例高于无睡眠障碍患者<sup>[51]</sup>。也有研究对住院患者在出院 1 年后的状态进行调查,发现抑郁是持续体验“脑雾”的最强预测因素<sup>[53]</sup>。康复后身体问题和情绪问题是与认知表现有关的主要变量<sup>[26]</sup>。

总的来说,情绪可能是病毒感染后身体、认知与社会因素共同作用的结果,既可以看作继发于疲劳的症状,也可以作为症状恶化或改善的诱因。需要注意,当前较多研究来自对较早期流行的毒株造成的感染,以及由此带来的“长新冠”的调查<sup>[27,47]</sup>。目前大量研究讨论的“长新冠”症状似乎在奥密克戎毒株感染者中的比例更低<sup>[30]</sup>,这也为心理机能受影响的程度和时间预估带来积极的信号。

### 1.4 对营养状况的影响

感染新冠病毒后,随着病程及恢复期的持续,运动员普遍进入封闭隔离,可能会导致运动员营养不



良,而营养不良是免疫缺陷最常见的病因<sup>[54]</sup>。隔离期间的不健康饮食模式,会养成不健康的饮食习惯,对长期健康状况产生负面影响<sup>[55]</sup>。运动员停训后会存在诸多饮食问题:一方面,食物的获取渠道减少、食物不可选择,会导致饮食模式单一或固化,缺乏平衡饮食导致营养不良;另一方面,多数运动员存在嗅觉味觉减退、食欲不振等症状,能量摄入严重不足,导致营养不良<sup>[56]</sup>。更为严重的是,一段时间停训后,透明质酸会减少,导致关节软骨变性,增加损伤风险<sup>[57]</sup>。研究发现肌腱中的胶原蛋白合成会在停训的 10~21 d 逐渐减少<sup>[58]</sup>。

此外,隔离期间因为压力、情绪焦虑或冲动,会倾向选择高热量食物,改变原有饮食模式,暴饮暴食、吃零食(高糖、高脂的精加工食品),导致体重和体脂量增加<sup>[59-61]</sup>。高能量饮食和肥胖是导致更严重的新冠病毒感染病程的主要因素,体重控制是一项重要的预防措施<sup>[60,62]</sup>。对于有体重要求的项目(如拳击、跆拳道、体操等),更是需要控制能量摄入,并关注身体成分变化<sup>[58]</sup>。对新冠病毒感染期间体重指数和生活方式变化的研究发现,营养知识较低的人超重和肥胖的几率更大<sup>[63]</sup>,提示增加对营养知识的学习,可以影响个体对健康的食物选择。

## 2 新冠病毒感染后恢复训练的原则与分期

### 2.1 恢复训练的原则

关于运动员新冠病毒感染后不同症状的复训时间,尚无统一的标准。在新冠病毒流行初期,Elliott 等<sup>[64]</sup>针对感染新冠病毒后患有轻度至中度症状的运动员提出了相关恢复训练建议时间,认为应该至少休息 10 d,保证无症状 7 d 后开始恢复训练,这与加拿大研究者的结论相同<sup>[65]</sup>。美国克利夫兰医疗中心则建议在症状基本消失、且充分休息至少 10 d 后才能进行训练<sup>[66]</sup>。但 Toresdah 等<sup>[67]</sup>认为,确诊或推测新冠病毒感染的运动员,一旦症状完全缓解,即可开始恢复训练。澳大利亚运动医学研究机构推荐在基本无症状后即可恢复训练<sup>[68]</sup>。

运动员的骨骼肌肉系统、呼吸系统和心血管系统适应了大负荷训练的刺激,新冠病毒感染期间运动员无法正常训练,习惯性刺激减少将导致机体生理系统发生一定程度的改变,进而降低身体的运动表现<sup>[69]</sup>。恢复训练需要综合考虑停训带来的不良影响和感染相关后遗症的风险。Hull 等<sup>[70]</sup>对 147 名运动员进行调查,发现 95%的运动员感染新冠病毒后只有轻微症状。一项基于 950 名运动员的调查研究发现,无症状或轻症患者康复后未出现心脏后遗症<sup>[71]</sup>。

也有研究显示,只有一小部分运动员感染新冠后患上了心肌炎,且恢复训练期间产生的心肌炎低于预期<sup>[5,72-73]</sup>。虽然上述研究关于恢复训练时间的建议有所差异,但均提出了相关注意事项。根据风险分析,建议可缩短无症状和轻症运动员的停训时间<sup>[70]</sup>,运动员康复后在保证身体状态良好的前提下应尽快恢复训练,既不能急于求成也不要过于保守。

根据我国《新型冠状病毒感染诊疗方案(试行第十版)》,本文结合临床医疗专家和体育科研领域专家的共识与中国运动员实际情况,建议运动员结合个人身体情况,在核酸(抗原)检测阴性的前提下,确保无心肺疾病症状<sup>[74]</sup>,逐步恢复训练(图 1)。特别注意要循序渐进地增加训练强度和训练量,不要急于恢复到原来的训练负荷,避免不必要的运动损伤风险。但如果下呼吸道仍有症状,切记不能恢复训练。高强度的训练很可能会使症状恶化,甚至引起心肌炎、心脏骤停等严重的并发症。

### 2.2 恢复训练的分期

国际知名研究机构和学者关于新冠病毒感染后如何恢复训练,发表了一些指导建议。一般情况下,不论年龄、临床症状、患病严重程度、人群,均建议采用“渐进式恢复”思路<sup>[64]</sup>,从新冠病毒感染后特定时期(症状减轻或转阴)到较为完全地恢复至未感染前体育活动之间存在特殊运动恢复期,此时期的训练和运动应遵循“渐进式”和“逐步”原则<sup>[75]</sup>。

2020 年美国儿童医科协会指出青少年和成年人的恢复训练要以感染症状的严重程度(无症状和轻症、中症以及严重)进行划分,并提供容易理解的临床表征,详细列出开始恢复训练之前应该满足的条件、必要筛查与症状排除和时间节点建议,但没有对恢复训练过程给出特别详细说明<sup>[76-77]</sup>。英国体育研究机构将恢复训练过程划分为 7 个阶段(2022 年更新版缩短为 5 个阶段),并给出了训练强度与时长的相应建议<sup>[64,74]</sup>。2021 年,较多机构和研究者均发布或更新了新冠病毒感染后恢复训练指导建议<sup>[66,78-79]</sup>。美国克利夫兰医疗中心与内布拉斯加大学医学中心将恢复训练简化为 5 个阶段,是目前被广泛采纳的建议方案。此时期提出的指导建议更加细化了恢复训练各个阶段的训练建议(例如采用 Borg 主观疲劳感知评估量表等指标监控训练强度),同时包含或单独提出除有氧以外的其他运动类型(例如抗阻训练)的相关内容,但尚未纳入运动禁忌、退阶方式等考量内容。2022 年,澳大利亚运动医学研究机构报道了相关恢复训练建议,并提出退阶路径<sup>[68]</sup>。该建议分为 3 个

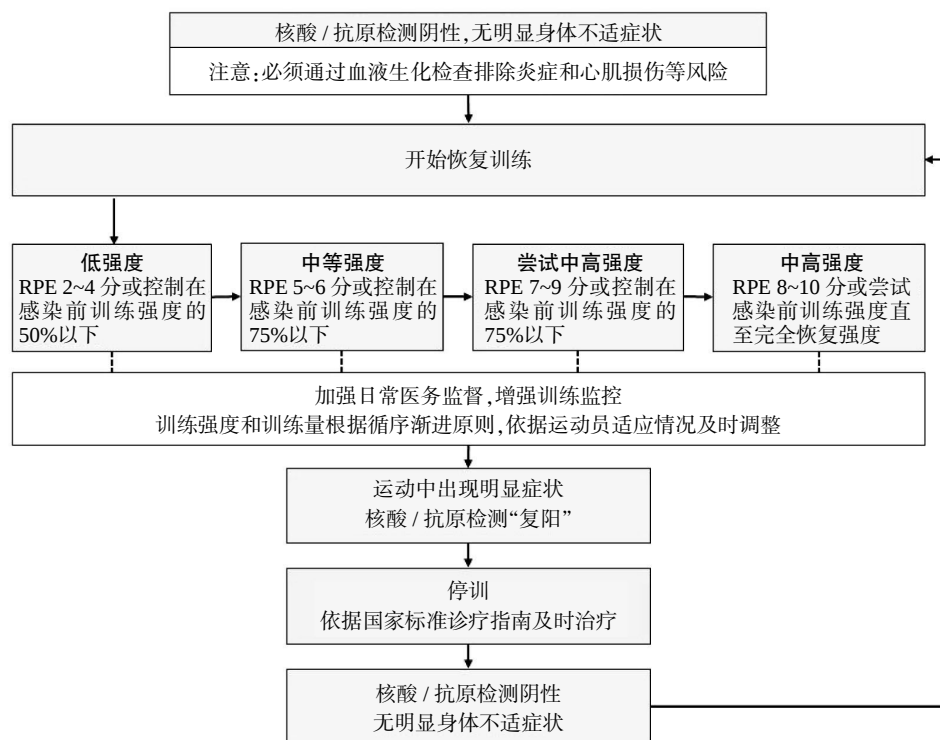


图 1 运动员感染新冠病毒后恢复训练流程

Figure 1 Procedure of athletes' return to sports training after COVID-19 infection

时期, 如果对各时期训练没有不良反应, 则可以考虑从第 7 天开始恢复之前的运动习惯; 每个恢复阶段的天数可根据实际情况调整, 如出现不寻常的运动不耐受, 应暂停 24~48 h, 再重新恢复并逐渐增加运动量; 如果运动不耐受持续, 需要进行医学检查; 如果感染新冠病毒后 30 d, 运动员试图恢复到之前的训练水平仍有困难, 则建议由医生复查并进行心脏评估。

综上, 可以看出, “尽快”但“不过激”地实现恢复至感染前训练水平已有一些观点, 但精英级别运动员的训练和竞赛需求更高, 需更加精细的划分, 当前

的恢复训练建议还有问题尚待解决, 如大部分建议以有氧训练为主, 而对无氧训练、抗阻训练等是否适用未明确说明; 所有训练都笼统代指, 仅有少数研究针对特定类型的训练给出建议<sup>[80]</sup>。

因此, 运动员新冠病毒感染后恢复训练应考虑不同类型的训练。恢复训练之前需进行医疗、生理、心理、运动学等方面的相关评估, 具体可以参考 4 个阶段逐步恢复到新冠病毒感染前的训练计划(表 1), 建议采用 Borg 主观疲劳感知评估量表(RPE)作为训练强度的自我监控参考指标。

表 1 恢复训练计划

Table 1 Return-to-sport plan

| 阶段                      | 训练计划                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一阶段<br>(开始恢复训练后 1~3 d) | 力量训练; 低强度, RPE 2~4 分或控制在感染前训练强度的 50% 以下; 持续时间 20~30 min。尽量避免多关节、憋气或俯身的动作, 建议选择固定器械、自重或单关节动作。如果感到困难或有症状复现, 则停止训练<br>专项和耐力训练; 感染前 50% 训练强度持续运动 15~30 min。如果耐受性良好, 在接下来的第 2、第 3 天重复同样的训练内容。此阶段不建议进行无氧耐力训练或 HIIT 等类型的训练, 训练中如出现心率异常、胸痛、头晕等心血管危险信号, 应立即停止训练                                                                                                                                                                                                 |
| 第二阶段<br>(开始恢复训练后 4~6 d) | 力量训练; 中等强度, RPE 5~6 分或控制在感染前训练强度的 75% 左右; 持续时间可超过 30 min, 但不要超过 60 min, 第 4 天训练后如无不不适, 第 5、第 6 天重复训练内容。采用自重、弹力带、哑铃、壶铃等器械进行单关节的力量练习, 如肱二头肌弯举、坐姿腿屈伸、自重深蹲等练习, 避免进行多关节、憋气和俯身的动作(如杠铃深蹲等)。动作速率、训练组数不宜过高, 训练间歇相较感染前延长。建议每个动作进行 2~3 组, 每组重复次数 ≤ 8 次, 组间休息时间 ≥ 2 min。如出现不适或症状反复、RPE 过高则需返回第一阶段甚至停止训练<br>专项和耐力训练; 可从第 4 天起增加到个人感染前训练强度的 75% 左右, 持续时间可增加到 30 min 或以上。如果耐受较好, 在接下来的第 5、第 6 天重复相同训练量。此阶段不建议进行无氧耐力训练或 HIIT 等类型的训练, 训练中如出现心率异常、胸痛、头晕等心血管危险信号, 应立即停止训练 |



续表 1

| 阶段                           | 训练计划                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 第三阶段<br>(开始恢复训练后<br>7~14 d)  | 力量训练;中高强度,RPE 7~9 分或控制在感染前力量训练强度的 75%左右;持续时间在 60 min 左右。可开始进行一些多关节的力<br>量训练动作,如卧推、硬拉、深蹲等,但训练中不宜长时间做憋气和俯身动作;不建议高强度的超等长训练。强度增加不要超过上次<br>训练的 10%,一周后强度的增加不应超过前一周的 30%。如出现不适或症状反复,RPE 过高则需返回第二阶段甚至停止训练<br>专项和耐力训练;如无任何的不良反应,可从第 7 天开始恢复至感染前的正常训练。但需要注意,出现任何不适症状都应该立刻<br>停止训练,休息 24~48 h 后再从头开始逐步恢复。此阶段可尝试开始无氧耐力训练,但不建议进行 HIIT 等类型的训练,且频次和<br>总量不宜过多。训练中如出现心率异常、胸痛、头晕等心血管危险信号,应立即停止训练 |
| 第四阶段<br>(开始恢复训练后<br>15~21 d) | 力量训练;中高强度,RPE8~10 分或尝试感染前的力量训练强度直至完全恢复,并按之前的训练间隔和节奏完成训练计划。可进<br>行超等长力量训练,以及结合冲刺、高强度间歇等训练。但仍需结合具体的身体情况循序渐进,部分运动员可能需要数月的时间<br>才能恢复到感染前水平<br>专项和耐力训练;可尝试恢复至感染前的正常训练计划,如无不适应则完全回归正常训练。此阶段可尝试增加无氧耐力训练(相对<br>于第三阶段),谨慎使用 HIIT 等类型的训练,训练中如出现心率异常、胸痛、头晕等心血管危险信号后,立即停止训练                                                                                                                  |

### 3 新冠病毒感染后恢复训练的评估

运动员感染新冠病毒后有患心脏、肾脏、呼吸和血液并发症的风险。运动能力下降,运动过度通气增加,外周肌肉组织利用氧的能力降低,出现贫血情况<sup>[81]</sup>。较多研究在运动员恢复训练之前对其进行了较为全面的评估,包括医学检查、心肺功能、肌肉力量、心理等<sup>[5,72-73,82-84]</sup>。

#### 3.1 医疗评估

关于运动员新冠病毒感染后恢复训练前的医疗评估,较多机构和研究者做出了相关的评估和建议<sup>[5,64-65,68,71-73,82-84]</sup>。专家一致认为:一般情况下,对于有轻微非心肺症状的运动员,应暂停锻炼,直到症状缓解,也需进行心脏相关检查评估,正常后才可开始恢复训练;对于有心肺症状的运动员,初步评估最好使用心电图、心脏敏感标记物检测和超声心动图,正常后才可开始恢复训练<sup>[82]</sup>。运动员感染新冠病毒后的症状、病程个体差异较大,无论症状轻重,恢复训练前均需进行全面的医学检查,确保各项身体机能和功能恢复正常再开始训练。对于运动员出现重症或危重症,新冠感染后静息或日常活动出现胸痛、胸闷、气短、呼吸困难、面色苍白、出冷汗等症状,恢复运动训练前,建议进行心血管及呼吸功能评估,包括肌钙蛋白、心电图、超声心动图、呼出气一氧化氮筛查或气道激发试验等。对于明确有心肌炎的患者,恢复运动前建议做心脏核磁评估。由临床医生或队医基于以上结果,识别是否有炎症和心肌损伤,确定运动员是否可以训练。

#### 3.2 心肺功能评估

采用肺活量仪测量运动员肺活量,比较感染前后肺部功能的变化及恢复情况,如差异较大,需注意控制训练强度。血氧饱和度结合 CPET 被视为心肺健康的黄金标准,确保安全的前提下,开展 CPET 评估

感染后康复运动员呼吸、心血管和骨骼肌系统对运动的综合反应<sup>[85-87]</sup>。较多运动员感染新冠病毒后会出现胸闷、呼吸急促等呼吸困难现象,CPET 有利于评估无法解释的呼吸困难和呼吸紊乱<sup>[88]</sup>。考虑到心肺运动试验操作的复杂性,也可采用简便的心肺功能评估方法,如运动激发试验、台阶试验等评估运动员感染后的心肺功能,测试中应密切监控血氧和 HR 变化。

#### 3.3 肌肉力量评估

与感染前数据进行对比,力量下降较多者应在恢复训练中适当加强力量训练,建议定期(1~4 周)跟踪测试评估力量水平变化。采用测力台(或测力垫)测试深蹲跳、垂直纵跳、坠落跳评估运动员爆发力变化。采用等速力量测试仪测量运动员不同关节力量水平的变化。采用握力器检测绝对力量及神经肌肉兴奋性。建议恢复训练开始后,每周用 DEXA、电阻抗法或空气置换法进行身体成分测试,同时采用尼龙带尺或皮尺测量不同部位肌肉围度,主要评估肌肉量变化,评价力量训练效果。

#### 3.4 心理评估

较多研究通过检测心理疲劳、认知功能、睡眠和情绪来评估运动员感染新冠病毒后恢复训练期间的心理状况。RPE 具备简单、直接、经济和可操作性等优势,在国内外广泛运用于评估运动员的主观疲劳,也可作为感染新冠病毒后逐步提高训练强度的参考依据。已有研究大多使用 Chalder 疲劳量表(Chalder Fatigue Questionnaire, CFQ)与疲劳严重量表(Fatigue Severity Scale, FSS)对新冠病毒感染后的疲劳水平进行评价<sup>[89-92]</sup>,可以用来量化运动员在一定周期内的心理疲劳水平特征<sup>[93]</sup>。恢复阶段的认知功能通常使用基于行为的方法进行评估,蒙特利尔认知评估(Montreal Cognitive Assessment, MoCA)是最常使用工具<sup>[46,53]</sup>,该工具被用作多种神经系统疾病



的认知筛查<sup>[94]</sup>。但是有研究对 MoCA 在测量感染新冠病毒后的“脑雾”症状中的效度进行检验,发现可能无法有效检测出新冠感染导致的轻度、中度、重度“脑雾”<sup>[95]</sup>。在权衡数据化精确程度的基础上,可以考虑采取开展对注意力、记忆力有一定要求的游戏或专项训练,以运动员在训练中的表现作为一种监控指标。匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)是使用最广泛的睡眠质量评价工具,在体育领域有广泛的应用,也被用来评价感染后康复过程中的睡眠障碍<sup>[25]</sup>。PSQI 是针对失眠症的辅助诊断开发的<sup>[96]</sup>,用于恢复后症状较轻的运动员时需要谨慎。客观记录并评估睡眠,可使用带有睡眠评估功能的电子手环、手表等产品,但结果仅作参考,可使用加速度计对睡眠效率等睡眠客观指标进行更可靠的记录和分析。抑郁和焦虑都与新冠病毒感染后疲劳密切相关<sup>[35]</sup>,也是新冠病毒感染后的常见症状<sup>[27]</sup>。可使用抑郁—焦虑—压力量表(The Depression Anxiety Stress Scale-21, DASS-21)、广泛性焦虑量表、9 条目患者健康问卷等对新冠病毒感染者进行评估<sup>[25,31,53,97]</sup>。DASS-21 已被证实疫情环境下对运动员抑郁、焦虑和压力感测量的价值<sup>[98]</sup>。运动员倦怠问卷(Athlete Burnout Questionnaire, ABQ)在近年再次修订,具有良好的信效度<sup>[99]</sup>,可以用于评估抑郁等情绪体验的长期作用。

## 4 新冠病毒感染后恢复训练的干预

对于确诊感染的运动员,即使新冠病毒未对机体产生直接(如炎症)或间接影响(如通气障碍),甚至病毒载量已经消退,但肺组织和脉管系统仍需一定时间才能恢复。因此,恢复训练中增加一些医学和训练学监控指标具有应用价值<sup>[64]</sup>。采用心理干预和营养促进有利于提高恢复训练效果。

### 4.1 身体机能与训练负荷的监控

在恢复训练中应综合运用 HR、血氧饱和度、尿常规、训练学参数等客观指标进行日常训练监控并加大监控频率,结合运动员新冠病毒感染前的测试数据,比较相同训练负荷下各数据的差异。其中,监测运动期间的血氧饱和度和 HR 是指导恢复期运动训练的实用工具。有条件的,可检测心率变异性,评价运动员机体对训练负荷的适应情况。如各指标均出现明显异常,并出现临床症状,应及时终止训练,尽快就诊。运动员可自抗原连续 2 次检测阴性后,每日自我监控晨脉情况(清晨清醒后,平躺测试 HR),做好记录并报队医和教练,如果恢复训练过程中晨脉

高于平时均值 20 次/分钟,应结合其他指标综合评价,适当控制训练量。恢复训练初期,建议运动员在每周进行重点训练课后进行尿常规测试,监控训练负荷承受情况。恢复训练初期的第 1、第 2 周,建议运动员在周一进行血液常规生化指标测试,及时掌握机体对训练负荷的适应程度。在运动员训练过程中,结合自我感觉情况随时监控血氧饱和度,当指标低于 93%时终止训练。结合项目特点进行 HR 实时监控,并与既往监控数据进行对比,如同样训练强度下,HR 出现明显异常,需结合其他指标综合分析后判断是否需要调整训练负荷。持续做好医务监督,不要急于恢复最大水平。建议使用 RPE 作为逐步提高训练强度的参考依据,如运动员出现明显主观疲劳,建议调整训练计划。

### 4.2 心理干预

感染新冠病毒后的心理干预以疲劳和情绪的积极缓解与调节为主要目标。有研究者<sup>[100]</sup>提出可以遵循脑健康的个人可操作的干预建议作为感染后临床干预的补充,包括运动、认知刺激、睡眠、饮食和社会连接<sup>[93,101]</sup>。在运动员感染后的恢复训练中也可以遵循这 5 个方面的方法来促进心理机能的恢复。运动员安全、科学地恢复训练即是一种积极的心理干预,运动已被大量研究证明对于认知活动和情绪体验有积极作用<sup>[101]</sup>。

认知刺激干预指参与需要一定程度认知努力,挑战思考和处理信息能力的脑力活动<sup>[101]</sup>。在恢复训练后,可以在疲劳症状允许的前提下进行认知刺激干预。有研究推出经过检验的基于电子设备的认知能力训练程序<sup>[102]</sup>。需要注意的是这些工具与游戏不同。虽然游戏通常被认为有认知训练的作用,但有研究指出实际的认知能力提升效果仍有待检验,部分提升可能来自对游戏策略的掌握<sup>[103]</sup>。因此,在使用游戏进行干预时需要进行一定的筛选。恢复训练后,在日常生活中运动员要适当控制接触简单、重复的娱乐刺激(如短视频)。

运动员是睡眠质量问题的高发群体<sup>[104]</sup>,病毒感染又会对睡眠质量产生负面影响,因此提升运动员的睡眠恢复效果是睡眠干预的关键。睡眠干预首先要进行睡眠卫生教育、提供睡眠卫生建议。有研究指出很难干预疲劳状态下的睡眠质量,但是睡眠卫生建议通常能起到积极作用<sup>[35]</sup>。在监督下可使用经过检验的微电流刺激设备、虚拟现实放松干预设备等作为辅助手段。同时要重视科学午休,对运动员午睡的时间段和时间长度进行管理,提升午睡效果。



总结已有研究,建议运动员午睡时长为 20~90 min, 16:00 后不建议小睡<sup>[105]</sup>。睡眠干预要注意避免使用镇静剂和安眠药<sup>[35]</sup>,其他的助眠产品或补剂也要在监督下合理使用。

饮食或营养干预在恢复训练中处于重要地位。除了对身体机能的积极作用以外,对于心理机能的恢复也有助力<sup>[101]</sup>。因此,遵循营养方面的建议也是促进心理机能恢复的积极手段。

社会连接干预是指通过开展积极的社会互动来辅助提升干预效果<sup>[101]</sup>。人际沟通是一项对认知能力有训练作用的活动。在实际应用中,社会连接干预可以与其他干预融合,通过创造人际沟通的环境来加强其他干预的效果。例如,在恢复运动后的训练中增强队内的交流,在认知刺激干预中强调团体活动或游戏,在情绪状态的干预中使用团体疗法等。

除此之外,对于运动员情绪问题的干预还需要从加强知识教育、使用认知行为疗法和心理训练方面开展。对于症状的知识教育是斯坦福大学新冠病毒感染后恢复共识声明中神经康复建议的重要组成部分<sup>[27]</sup>。向运动员及时、通俗地讲解病毒感染、恢复训练中可能出现的症状和背后的科学解读,对于在康复过程中维持积极的情绪状态有潜在的干预价值。在这个过程中需要主动引导运动员从官方渠道获取信息,减少对非专业自媒体的关注,有研究指出对于病毒感染的污名化会对情绪产生明显的负面影响<sup>[106]</sup>。对于已经出现的情绪问题,由专业人员经过评估后开展认知行为疗法是首选的干预手段<sup>[35]</sup>。运动员可结合使用目标设置、表象训练、自信心训练、放松训练等方法来预防或应对潜在的情绪问题。

### 4.3 营养促进

运动员日常高强度的训练和比赛后容易产生免疫应激,会有更高的病毒感染风险<sup>[107-109]</sup>。免疫系统在保护人体免受细菌和病毒感染中发挥重要作用,营养是影响免疫力的关键因素。因此,在新冠病毒感染后恢复训练的运动员应遵循适当的营养策略<sup>[109-112]</sup>。

新冠病毒感染会导致氧化应激的加剧。表 2 为目前尚需进一步研究具有潜在预防/治疗作用的营养品。硒和锌通常被认为是抗氧化营养素,可对抗氧化酶的活性起作用。锌存在于不同的食物中,主要来源为动物(鱼、肉、蛋黄)、植物(小麦胚芽、燕麦、豆类、坚果、核桃仁、南瓜和芝麻等)<sup>[54,113]</sup>。Guloyan 等<sup>[114]</sup>证明了谷胱甘肽水平的增加抑制促炎因子从而有利于恢复。微量营养素具有协同作用,可帮助免疫细胞适当发挥作用<sup>[115]</sup>。

表 2 具有潜在预防/治疗作用的营养品<sup>[107,111]</sup>

Table2 Nutrition products with potential preventive/therapeutic effects<sup>[107,111]</sup>

| 营养品   | 作用                                                                                                                                                                              |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 维生素 C | 可抑制细胞因子风暴,降低氧化应激,减少炎症反应,预防血栓形成,降低肺泡和血管损伤 <sup>[107]</sup> ,也可降低特定患者肺炎的严重程度,缩短病程 <sup>[116]</sup>                                                                                |
| 维生素 D | 减少咳嗽和味觉丧失的恢复时间,改善新冠病毒、肺炎发病率,减少炎症和血栓形成;含维生素 D 的食物包括鱼、肝、蛋黄和添加了维生素 D 的牛奶、酸奶 <sup>[113]</sup> ,食物维生素 D 含量并不多,仅从天然食物中获取足够的维生素 D 较困难 <sup>[117-118]</sup> ,可以通过每天中午增加 10~30 min 日照来获得 |
| 维生素 E | 减少铁死亡对器官的损害,包括肺、肾、肝、肠、心脏和神经系统                                                                                                                                                   |
| 锌     | 减少下呼吸道感染等新冠病毒症状                                                                                                                                                                 |
| 谷胱甘肽  | 抗过敏、整合解毒作用、防止溶血                                                                                                                                                                 |
| 褪黑素   | 减少炎症和氧化反应,增强免疫功能,降低死亡率                                                                                                                                                          |
| 槲皮素   | 降低症状严重程度、住院频率和时间                                                                                                                                                                |
| 姜黄素   | 减少典型症状、住院时间和死亡人数                                                                                                                                                                |
| 益生菌   | 减少新冠病毒的胃肠道症状,可能重建肠道微生物群                                                                                                                                                         |
| 益生元   | 调节肠道微生物群,预防和/或减轻新冠病毒症状                                                                                                                                                          |

本文基于此给予恢复训练期间营养补充的共性建议如下。

在感染后的康复期,运动员应注意保证总能量的摄入,均衡膳食<sup>[60]</sup>,保证宏量营养素和微量营养素的摄入。建议碳水化合物占总能量摄入的 55%~65%、蛋白质 15%~20%、脂肪 25%~30%,具体方案取决于运动类型和训练阶段,合理的能量搭配有助于改善免疫系统功能,促进运动能力的恢复<sup>[61,119]</sup>。恢复期内,可以考虑在营养师的指导下,通过特定的进餐顺序、食物搭配方式来改变饮食模式<sup>[120]</sup>,碳水化合物等营养素的摄入需要合理控制,如果能量过剩,会导致脂肪堆积,增加疾病风险。

摄入优质蛋白(如肉、鱼、蛋、奶制品),为肌肉合成提供蛋白质来源。蛋白质—能量营养不良与细胞介导的免疫、吞噬细胞功能、补体系统、分泌性免疫球蛋白 A 抗体浓度和细胞因子产生损害有关<sup>[110]</sup>。运动员作为对蛋白质有特殊需求的人群,一般建议每天补充 1.3~1.8 g/kg 体重。保持高蛋白质摄入对于增加瘦体重至关重要,其中亮氨酸是刺激控制肌肉蛋白质合成的细胞信号通路的关键氨基酸,食物来源包括糙米、豆类、肉类、坚果、大豆粉和全麦<sup>[58]</sup>。

适当摄入新鲜水果和蔬菜,摄入富含维生素 A、维生素 C、维生素 E、维生素 B<sub>6</sub>、维生素 B<sub>12</sub>、锌和铁的食物,如柑橘类水果、深绿叶蔬菜<sup>[62,109]</sup>,食用的蔬果种类应每天多于 5 种。避免食用富含饱和脂肪和



高糖的食物,应摄入纤维、全谷物、不饱和脂肪和抗氧化剂,增强免疫功能<sup>[54,116,121]</sup>。运动员应该全天摄入充足的水分和电解质<sup>[61,119]</sup>,在训练前、中、后确保补液充分。避免食用烤制、油炸、烟熏类食品,减少致炎物质摄入。降低吸烟率和限制饮酒,对减少破坏免疫功能和提高抵抗感染的能力也很重要<sup>[60]</sup>。

## 5 小结

新冠病毒对运动员心肺、肌肉力量、心理、营养状况等产生一定的负面影响,叠加感染后的停训会引起有氧能力、力量等运动能力下降。本文参考了国内外关于新冠病毒感染康复后如何开展体力活动和恢复训练的相关文献,结合我国运动员实际情况进行尝试性建议,如开始恢复训练的时间并注意循序渐进地增加训练负荷,训练监控中结合医学、体育科学和训练学指标,采取心理和营养干预措施促进恢复效果。新冠病毒或将在今后较长一段时间反复流行,尚需教练员、运动员、科研人员和医生等相关从业人士在运动训练实践中多总结经验和方法,丰富并完善我国运动员感染新冠病毒后恢复训练的评估、监控及干预策略。

## 参考文献:

- [1] KOMICI K, BIANCO A, PERROTTA F, et al. Clinical characteristics, exercise capacity and pulmonary function in post-COVID-19 competitive athletes [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2021,10(14):3053.
- [2] MOULSON N, GUSTUS S K, SCIRICA C, et al. Diagnostic evaluation and cardiopulmonary exercise test findings in young athletes with persistent symptoms following COVID-19 [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2022,56(16):927-932.
- [3] MODICA G, BIANCO M, SOLLAZZO F, et al. Myocarditis in athletes recovering from COVID-19: A systematic review and meta-analysis [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022,19(7):4279.
- [4] STAREKOVA J, BLUEMKE D A, BRADHAM W S, et al. Evaluation for myocarditis in competitive student athletes recovering from coronavirus disease 2019 with cardiac magnetic resonance imaging[J]. *JAMA Cardiology*, 2021,6(8):945-950.
- [5] MARTINEZ M W, TUCKER A M, BLOOM O J, et al. Prevalence of inflammatory heart disease among professional athletes with prior COVID-19 infection who received systematic return-to-play cardiac screening [J]. *JAMA Cardiology*, 2021,6(7):745-752.
- [6] MAESTRINI V, FILOMENA D, BIRTOLO L I, et al. Cardiovascular screening in Olympic athletes before and after SARS-CoV-2 infection [J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2022, 29 (Supplement\_1): zwac 056.277.
- [7] FIKENZER S, KOGEL A, HEPP P, et al. SARS-CoV2 infection: Functional and morphological cardiopulmonary changes in elite handball players [J]. *Scientific Reports*, 2021,11(1):1-9.
- [8] ŠLIŽ D, WIECHA S, ULASZEWSKA K, et al. COVID-19 and athletes: Endurance sport and activity resilience study-CAESAR study[J]. *Frontiers in Physiology*, 2022, 13:2621.
- [9] PARPA K, MICHAELIDES M. Aerobic capacity of professional soccer players before and after COVID-19 infection[J]. *Scientific Reports*, 2022,12(1):11850.
- [10] VOLLRATH S, BIZJAK D A, ZORN J, et al. Recovery of performance and persistent symptoms in athletes after COVID-19[J]. *PLoS One*, 2022,17(12):e277984.
- [11] CLARK D E, PARIKH A, DENDY J M, et al. COVID-19 myocardial pathology evaluation in athletes with cardiac magnetic resonance (COMPETE CMR)[J]. *Circulation*, 2021,143(6):609-612.
- [12] MILOVANCEV A, AVAKUMOVIC J, LAKICEVIC N, et al. Cardiorespiratory fitness in volleyball athletes following a COVID-19 infection: A cross-sectional study [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021,18(8):4059.
- [13] NARICI M, VITO G D, FRANCHI M, et al. Impact of sedentarism due to the COVID-19 home confinement on neuromuscular, cardiovascular and metabolic health: Physiological and pathophysiological implications and recommendations for physical and nutritional countermeasures [J]. *European Journal of Sport Science*, 2021, 21(4):614-635.
- [14] HERBEC A, SCHNEIDER V, FISHER A, et al. Correlates of and changes in aerobic physical activity and strength training before and after the onset of COVID-19 pandemic in the UK: Findings from the HEBECO study[J]. *BMJ Open*, 2022,12(6):e54029.
- [15] NAKISA N, RAHBARDAR M G. Evaluating the probable effects of the COVID-19 epidemic detraining on athletes' physiological traits and performance [J]. *Apunts Sports Medicine*, 2021(1):100359.
- [16] NISTOR-CSEPPENTO C D, MOGA T D, BUNGAU A F, et al. The contribution of diet therapy and probiotics in the treatment of sarcopenia induced by prolonged immo-



- bilization caused by the COVID-19 pandemic[J]. *Nutrients*, 2022,14(21):4701.
- [17] DE ROSA A, VERRENGIA E P, MERLO I, et al. Muscle manifestations and CK levels in COVID infection: Results of a large cohort of patients inside a Pandemic COVID-19 Area [J]. *Acta Myologica*, 2021,40(1):1-7.
- [18] VENTURELLI M, MANCINI A, DI CAGNO A, et al. Adapted physical activity in subjects and athletes recovering from covid-19: A position statement of the Società Italiana Scienze Motorie e Sportive [J]. *Sport Sciences for Health*, 2022,18(3):659-669.
- [19] SOARES M N, EGELBUSCH M, NADDAF E, et al. Skeletal muscle alterations in patients with acute Covid-19 and post-acute sequelae of Covid-19 [J]. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 2022,13(1):11-22.
- [20] HASAN L K, DEADWILER B, HARATIAN A, et al. Effects of COVID-19 on the musculoskeletal system: Clinician's guide[J]. *Orthopedic Research and Reviews*, 2021,13:141-150.
- [21] MEHTA P, MCAULEY D F, BROWN M, et al. COVID-19: Consider cytokine storm syndromes and immunosuppression [J]. *The Lancet*, 2020,395 (10229): 1033-1034.
- [22] SPYROU K, ALCARAZ P E, MARÍN-CASCALES E, et al. Effects of the COVID-19 lockdown on neuromuscular performance and body composition in elite futsal players [J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2021,35(8):2309-2315.
- [23] ALVURDU S, BAYKAL C, AKYILDIZ Z, et al. Impact of prolonged absence of organized training on body composition, neuromuscular performance, and aerobic capacity: A study in youth male soccer players exposed to COVID-19 lockdown[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022,19 (3): 1148.
- [24] ASIMAKIDIS N D, VASILEIOU S S, DALAMITROS A A, et al. Effect of the COVID-19 confinement period on selected neuromuscular performance indicators in young male soccer players: Can the maturation process counter the negative effect of detraining?[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022,19(9):4935.
- [25] AHMED G K, KHEDR E M, HAMAD D A, et al. Long term impact of Covid-19 infection on sleep and mental health: A cross-sectional study[J]. *Psychiatry Research*, 2021,305:114243.
- [26] AZCUE N, GÓMEZ-ESTEBAN J C, ACERA M, et al. Brain fog of post-COVID-19 condition and Chronic Fatigue Syndrome, same medical disorder?[J]. *Journal of Translational Medicine*, 2022,20(1):1-16.
- [27] BARKER-DAVIES R M, O'SULLIVAN O, SENARATNE K P P, et al. The Stanford Hall consensus statement for post-COVID-19 rehabilitation[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020,54(16):949-959.
- [28] MALIK P, PATEL K, PINTO C, et al. Post-acute COVID-19 syndrome (PCS) and health-related quality of life (HRQoL)-a systematic review and meta-analysis [J]. *Journal of Medical Virology*, 2022,94(1):253-262.
- [29] NOURAEINEJAD A. Brain fog as a long-term sequela of COVID-19[J]. *SN Comprehensive Clinical Medicine*, 2023,5(1):1-9.
- [30] ARJUN M C, SINGH A K, ROY P, et al. Long COVID following Omicron wave in Eastern India—A retrospective cohort study[J]. *Journal of Medical Virology*, 2023,95(1):e28214.
- [31] NOWAKOWSKI S, KOKONDA M, SULTANA R, et al. Association between sleep quality and mental health among patients at a post-COVID-19 recovery clinic[J]. *Brain Sciences*, 2022,12(5):586.
- [32] SHEN X, WANG P, SHEN J, et al. Neurological Manifestations of hospitalized patients with mild to moderate infection with SARS-CoV-2 Omicron variant in Shanghai, China [J]. *Journal of Infection and Public Health*, 2023,16(2):155-162.
- [33] STENGEL A, MALEK N, ZIPFEL S, et al. Long haulers—What is the evidence for Post-COVID fatigue? [J]. *Frontiers in Psychiatry*, 2021,12:677934.
- [34] MANU P. Post-COVID fatigue: Functional brain imaging and cognitive testing[J]. *American Journal of Therapeutics*, 2022,29(1):e85-e86.
- [35] GABER T. Assessment and management of post - COVID fatigue [J]. *Progress in Neurology and Psychiatry*, 2021,25(1):36-39.
- [36] OCON A. Caught in the thickness of brain fog: Exploring the cognitive symptoms of Chronic Fatigue Syndrome[J]. *Frontiers in Physiology*, 2013,4:63.
- [37] VYAS A, RAJA PANWAR V, MATHUR V, et al. Mild cognitive impairment in COVID-19 survivors: Measuring the brain fog[J]. *International Journal of Mental Health*, 2021:1-10.
- [38] BECKER J H, LIN J J, DOERNBERG M, et al. Assessment of cognitive function in patients after COVID-19 infection[J]. *JAMA Network Open*, 2021,4(10):e2130645.
- [39] CEBAN F, LING S, LUI L M, et al. Fatigue and cognitive impairment in Post-COVID-19 Syndrome: A sys-



- tematic review and meta-analysis [J]. *Brain, Behavior, and Immunity*, 2022,101:93-135.
- [40] DAROISCHE R, HEMMINGHYTH M S, EILERTSEN T H, et al. Cognitive impairment after COVID-19—a review on objective test data[J]. *Frontiers in Neurology*, 2021,12:699582.
- [41] ORTELLI P, FERRAZZOLI D, SEBASTIANELLI L, et al. Fatigue and “brain fog” in the aftermath of mild COVID-19: A neuropsychological and TMS study [J]. *Journal of the Neurological Sciences*, 2021,429.
- [42] VENKATARAMANI V, WINKLER F. Cognitive deficits in long Covid-19[J]. *New England Journal of Medicine*, 2022,387(19):1813-1815.
- [43] CHATYS-BOGACKA Z, MAZURKIEWICZ I, SLOWIK J, et al. Brain fog and quality of life at work in non-hospitalized patients after COVID-19[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022,19(19):12816.
- [44] ASADI-POOYA A A, AKBARI A, EMAMI A, et al. Long COVID syndrome-associated brain fog[J]. *Journal of Medical Virology*, 2022,94(3):979-984.
- [45] HALL P A, MENG G, HUDSON A, et al. Cognitive function following SARS-CoV-2 infection in a population-representative Canadian sample[J]. *Brain, Behavior, & Immunity-Health*, 2022,21:100454.
- [46] DEL BRUTTO O H, RUMBEEA D A, RECALDE B Y, et al. Cognitive sequelae of long COVID may not be permanent: A prospective study[J]. *European Journal of Neurology*, 2022,29(4):1218-1221.
- [47] FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS C, MARTÍN-GUERRERO J D, CANCELA-CILLERUELO I, et al. Exploring trajectory recovery curves of post-COVID cognitive symptoms in previously hospitalized COVID-19 survivors: The LONG-COVID-EXP-CM multicenter study [J]. *Journal of Neurology*, 2022,269(9):4613-4617.
- [48] MERIKANTO I, DAUVILLIERS Y, CHUNG F, et al. Sleep symptoms are essential features of long-COVID-Comparing healthy controls with COVID-19 cases of different severity in the international COVID sleep study (ICOSS-II)[J]. *Journal of Sleep Research*, 2022:e13754.
- [49] ALZUETA E, PERRIN P B, YUKSEL D, et al. An international study of post-COVID sleep health [J]. *Sleep Health*, 2022,8(6):684-690.
- [50] SCARPELLI S, DE SANTIS A, ALFONSI V, et al. The role of sleep and dreams in long-COVID [J]. *Journal of Sleep Research*, 2022:e13789.
- [51] SUNADA N, NAKANO Y, OTSUKA Y, et al. Characteristics of sleep disturbance in patients with long COVID: A retrospective observational study in Japan [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2022,11(24):7332.
- [52] AHMET YANOV M A, REIKHERT L I, KICHEROVA O A, et al. Sleep disorders in patients after COVID-19[J]. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2022,52(5):645-648.
- [53] CRISTILLO V, PILOTTO A, PICCINELLI S C, et al. Predictors of “brain fog” 1 year after COVID-19 disease [J]. *Neurological Sciences*, 2022,43(10):5795-5797.
- [54] CHANDRA R K. Nutrition and the immune system: An introduction[J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 1997,66(2):460S-463S.
- [55] DI RENZO L, GUALTIERI P, PIVARI F, et al. Eating habits and lifestyle changes during COVID-19 lockdown: An Italian survey [J]. *Journal of Translational Medicine*, 2020,18(1):1-15.
- [56] CLEMENTE-SUÁREZ V J, RAMOS-CAMPO D J, MIELGO-AYUSO J, et al. Nutrition in the actual COVID-19 pandemic. A narrative review [J]. *Nutrients*, 2021,13(6):1924.
- [57] PAOLI A, MUSUMECI G. Elite athletes and COVID-19 lockdown: Future health concerns for an entire sector [J]. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2020,5(2):30.
- [58] JUKIC I, CALLEJA-GONZÁLEZ J, COS F, et al. Strategies and solutions for team sports athletes in isolation due to COVID-19[J]. *Sports*, 2020,8(4):56.
- [59] ANDREATO L V, COIMBRA D R, ANDRADE A. Challenges to athletes during the home confinement caused by the COVID-19 pandemic[J]. *Strength & Conditioning Journal*, 2020,42(3):1-5.
- [60] LANGE K W, NAKAMURA Y. Movement and nutrition in COVID-19 [J]. *Movement and Nutrition in Health and Disease*, 2020,4.
- [61] TAYECH A, MEJRI M A, MAKHLOUF I, et al. Second wave of COVID-19 global pandemic and athletes’ confinement: Recommendations to better manage and optimize the modified lifestyle [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020,17(22):8385.
- [62] JAMES P T, ALI Z, ARMITAGE A E, et al. The role of nutrition in COVID-19 susceptibility and severity of disease: A systematic review [J]. *The Journal of Nutrition*, 2021,151(7):1854-1878.
- [63] KEND EL JOVANOVIĆ G, DRAGAŠ ZUBALJ N, KLOBUČAR MAJANOVIĆ S, et al. The outcome of COVID-19 lockdown on changes in body mass index and lifestyle among Croatian schoolchildren: A



- cross-sectional study[J]. *Nutrients*, 2021,13(11):3788.
- [64] ELLIOTT N, MARTIN R, HERON N, et al. Infographic. Graduated return to play guidance following COVID-19 infection [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020, 54(19):1174-1175.
- [65] MCKINNEY J, CONNELLY K A, DORIAN P, et al. COVID-19-myocarditis and return to play: Reflections and recommendations from a canadian working group [J]. *Canadian Journal of Cardiology*, 2021,37 (8): 1165-1174.
- [66] SCHAEFER M. Returning to sports or exercise after recovering from Covid [J]. *Medical Chronicle*, 2021,2021 (4):11-12.
- [67] TORESDAHL B G, ASIF I M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Considerations for the competitive athlete.[J]. *Sports Health*, 2020,12(3):221-224.
- [68] HUGHES D C, ORCHARD J W, PARTRIDGE E M, et al. Return to exercise post-COVID-19 infection: A pragmatic approach in mid-2022 [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2022,25(7):544-547.
- [69] STOKES K A, JONES B, BENNETT M, et al. Returning to play after prolonged training restrictions in professional collision sports[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2020,41(13):895-911.
- [70] HULL J H, WOOTTEN M, MOGHAL M, et al. Clinical patterns, recovery time and prolonged impact of COVID-19 illness in international athletes: The UK experience[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2022,56 (1):4-11.
- [71] CHEVALIER L, COCHET H, MAHIDA S, et al. Resuming training in high-level athletes after mild COVID-19 infection: A multicenter prospective study (ASCCOVID-19) [J]. *Sports Medicine-Open*, 2022,8(1):83.
- [72] CAVIGLI L, FRASCARO F, TURCHINI F, et al. A prospective study on the consequences of SARS-CoV-2 infection on the heart of young adult competitive athletes: Implications for a safe return-to-play [J]. *International Journal of Cardiology*, 2021,336:130-136.
- [73] MAESTRINI V, PENZA M, FILOMENA D, et al. Low prevalence of cardiac abnormalities in competitive athletes at return-to-play after COVID-19 [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2023,26(1):8-13.
- [74] WILSON M G, HULL J H, ROGERS J, et al. Cardiorespiratory considerations for return-to-play in elite athletes after COVID-19 infection: A practical guide for sport and exercise medicine physicians [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2020,54(19):1157-1161.
- [75] SALMAN D, VISHNUBALA D, LE FEUVRE P, et al. Returning to physical activity after covid-19 [J]. *BMJ*, 2021:m4721.
- [76] FITZGERALD H T, RUBIN S T, FITZGERALD D A, et al. Covid-19 and the impact on young athletes [J]. *Paediatric Respiratory Reviews*, 2021,39:9-15.
- [77] PEDIATRICS A A O. COVID-19 interim guidance: Return to sports and physical activity[EB/OL].[2023-01-31]. <https://americanspcc.org/covid-19-interim-guidance-return-to-sports-and-physical-activity>.
- [78] ORGANIZATION W H. Support for rehabilitation: Self-management after COVID-19-related illness [R]. World Health Organization: Regional Office for Europe, 2021.
- [79] LÖLLGEN H, BACHL N, PAPADOPOULOU T, et al. Infographic. Clinical recommendations for return to play during the COVID-19 pandemic [J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2021,55(6):344-345.
- [80] GENTIL P, DE LIRA C A B, COSWIG V, et al. Practical recommendations relevant to the use of resistance training for COVID-19 survivors [J]. *Frontiers in Physiology*, 2021,12:637590.
- [81] BARATTO C, CARAVITA S, FAINI A, et al. Impact of COVID-19 on exercise pathophysiology: A combined cardiopulmonary and echocardiographic exercise study [J]. *Journal of Applied Physiology*, 2021,130 (5): 1470-1478.
- [82] COMMITTEE W, GLUCKMAN T J, BHAVE N M, et al. 2022 ACC expert consensus decision pathway on cardiovascular sequelae of COVID-19 in adults: Myocarditis and other myocardial involvement, post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection, and return to play: A report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee [J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2022,79(17):1717-1756.
- [83] JIMENO ALMAZÁN A, FRANCO LÓPEZ F, BUENDÍA ROMERO Á, et al. Rehabilitation for post-COVID-19 condition through a supervised exercise intervention: A randomized controlled trial [J]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2022,32(12):1791-1801.
- [84] KARRER Y, FRÖHLICH S, IFF S, et al. Training load, sports performance, physical and mental health during the COVID-19 pandemic: A prospective cohort of Swiss elite athletes[J]. *PLoS One*, 2022,17(12):e278203.
- [85] DURSTENFELD M S, SUN K, TAHIR P, et al. Use of cardiopulmonary exercise testing to evaluate long COVID-19 symptoms in adults: A systematic review and meta-analysis [J]. *JAMA Network Open*, 2022,5 (10):e2236057.
- [86] INGUL C B, EDVARSEN A, FOLLESTAD T, et al.



- Changes in cardiopulmonary exercise capacity and limitations 3 to 12 months after COVID-19 [J]. *European Respiratory Journal*, 2022;2200745.
- [87] LONGOBARDI I, PRADO D M L D, GOESSLER K F, et al. Oxygen uptake kinetics and chronotropic responses to exercise are impaired in survivors of severe COVID-19 [J]. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2022,323(3):H569-H576.
- [88] RIENKS R, HOLDSWORTH D, DAVOS C H, et al. Cardiopulmonary assessment prior to returning to high-hazard occupations post-symptomatic COVID-19 infection: A position statement of the Aviation and Occupational Cardiology Task Force of the European Association of Preventive Cardiology [J]. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2022,29(13):1724-1730.
- [89] ORTELLI P, FERRAZZOLI D, SEBASTIANELLI L, et al. Neuropsychological and neurophysiological correlates of fatigue in post-acute patients with neurological manifestations of COVID-19: Insights into a challenging symptom[J]. *Journal of the Neurological Sciences*, 2021,420:117271.
- [90] BILGIN A, KESIK G, OZDEMIR L. ‘The body seems to have no life’: The experiences and perceptions of fatigue among patients after COVID-19[EB/OL]. (2021-11-29) [2023-01-23].<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocn.16153>.
- [91] JENNINGS G, MONAGHAN A, XUE F, et al. Comprehensive clinical characterisation of brain fog in adults reporting long COVID symptoms[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2022,11(12):3440.
- [92] STAVEM K, GHANIMA W, OLSEN M K, et al. Prevalence and determinants of fatigue after COVID-19 in non-hospitalized subjects: A population-based study [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021,18(4):2030.
- [93] ENOKA R M, DUCHATEAU J. *Fatigue*[M]//Encyclopedia of Neuroscience. Pittsburgh: Academic Press, 2009:201-206.
- [94] NASREDDINE Z S, PHILLIPS N A, BÉDIRIAN V, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A brief screening tool for mild cognitive impairment[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2005,53(4):695-699.
- [95] LYNCH S, FERRANDO S J, DORNBUSH R, et al. Screening for brain fog: Is the montreal cognitive assessment an effective screening tool for neurocognitive complaints post-COVID-19? [J]. *General Hospital Psychiatry*, 2022,78:80-86.
- [96] BUYASSE D J, REYNOLDS C F, MONK T H, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research [J]. *Psychiatry Research*, 1989,28(2):193-213.
- [97] LIMA Y, DENEREL N, ÖZ N D, et al. The psychological impact of COVID-19 infection on athletes: Example of Professional male football players [J]. *Science and Medicine in Football*, 2021,5(sup1):53-61.
- [98] VAUGHAN R S, EDWARDS E J, MACINTYRE T E. Mental health measurement in a post covid-19 world: Psychometric properties and invariance of the DASS-21 in athletes and non-athletes[J]. *Frontiers in Psychology*, 2020,11:590559.
- [99] LIU H, WANG X, WU D, et al. Psychometric properties of the chinese translated athlete burnout questionnaire: Evidence from Chinese collegiate athletes and elite athletes[J]. *Frontiers in Psychology*, 2022,13:823400.
- [100] D'ARCY R C, SANDHU J K, MARSHALL S, et al. Mitigating long-term COVID-19 consequences on brain health[J]. *Frontiers in Neurology*, 2021,12:630986.
- [101] MINTZER J, DONOVAN K A, KINDY A Z, et al. Lifestyle choices and brain health [J]. *Frontiers in Medicine*, 2019,6:204.
- [102] CORICELLI C, AIELLO M, LUNARDELLI A, et al. sFEra APP: Description and usability of a novel tablet application for executive functions training [J]. *Journal of Cognitive Enhancement*, 2022;6(3):389-401.
- [103] SAFAEI A, RAHMANIAN M, ORAKI M, et al. Video game play does not improve spatial skills when controlling for speed-accuracy trade-off: Evidence from mental-rotation and mental-folding tasks[J]. *Perceptual and Motor Skills*, 2022:824395834.
- [104] GUPTA L, MORGAN K, GILCHRIST S. Does elite sport degrade sleep quality? A systematic review [J]. *Sports Medicine*, 2017,47(7):1317-1333.
- [105] LASTELLA M, HALSON S L, VITALE J A, et al. To nap or not to nap? A systematic review evaluating napping behavior in athletes and the impact on various measures of athletic performance [J]. *Nature and Science of Sleep*, 2021,13:841-862.
- [106] CHASCO E E, DUKES K, JONES D, et al. Brain fog and fatigue following COVID-19 Infection: An exploratory study of patient experiences of long COVID [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022,19(23):15499.
- [107] AGHA-ALINEJAD H, AHMADI HEKMATIKAR A H, Ruhee R T, et al. A guide to different intensities of exercise, vaccination, and sports nutrition in the course of preparing elite athletes for the management of upper respiratory infections during the COVID-19 pandemic:



- A narrative review[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022,19(3):1888.
- [108] SUZUKI K. Recent progress in applicability of exercise immunology and inflammation research to sports nutrition[J]. Nutrients, 2021,13(12):4299.
- [109] ZHAN H, GAO F, XIE M, et al. COVID-19 countermeasures of Chinese national athletes: Prevention, treatment, and return to play [J]. Sports Medicine and Health Science, 2022,4(1):61-69.
- [110] ADAMS K K, BAKER W L, SOBIERAJ D M. Myth busters: Dietary supplements and COVID-19 [J]. The Annals of Pharmacotherapy, 2020,54(8):820-826.
- [111] CATALANO A, IACOPETTA D, CERAMELLA J, et al. Are nutraceuticals effective in COVID-19 and post-COVID prevention and treatment?[J]. Foods, 2022,11(18):2884.
- [112] NAJA F, HAMADEH R. Nutrition amid the COVID-19 pandemic: A multi-level framework for action [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2020,74(8):1117-1121.
- [113] MUSCOGIURI G, BARREA L, SAVASTANO S, et al. Nutritional recommendations for CoVID-19 quarantine [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2020,74(6):850-851.
- [114] GULOYAN V, OGANESIAN B, BAGHDASARYAN N, et al. Glutathione supplementation as an adjunctive therapy in COVID-19 [J]. Antioxidants, 2020,9(10):914.
- [115] AKHTAR S, DAS J K, ISMAIL T, et al. Nutritional perspectives for the prevention and mitigation of COVID-19[J]. Nutrition Reviews, 2021,79(3):289-300.
- [116] SCUDIERO O, LOMBARDO B, BRANCACCIO M, et al. Exercise, immune system, nutrition, respiratory and cardiovascular diseases during COVID-19: A complex combination[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021,18(3):904.
- [117] CACCAMO D, RICCA S, CURRO M, et al. Health risks of hypovitaminosis D: A review of new molecular insights [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2018,19(3):892.
- [118] NAIR R, MASEEH A. Vitamin D: The “sunshine” vitamin[J]. Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics, 2012,3(2):118-126.
- [119] SLIZ D, WIECHA S, GASIOR J S, et al. The Influence of Nutrition and Physical Activity on Exercise Performance after Mild COVID-19 Infection in Endurance Athletes-CESAR Study [J]. Nutrients, 2022,14(24):5381.
- [120] YOUSFI N, BRAGAZZI N L, BRIKI W, et al. The COVID-19 pandemic: How to maintain a healthy immune system during the lockdown-a multidisciplinary approach with special focus on athletes [J]. Biology of Sport, 2020,37(3):211-216.
- [121] ORTEGA R M. Importance of functional foods in the Mediterranean diet[J]. Public Health Nutrition, 2006,9(8A):1136-1140.

(责任编辑:刘畅)