

DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230290

• 海军卫生保健 •

## 新型冠状病毒感染后潜水员适潜性评估

官振标<sup>1</sup>, 董宇超<sup>1</sup>, 徐佳骏<sup>2</sup>, 俞旭华<sup>2</sup>, 文字坤<sup>2</sup>, 刘霞<sup>2</sup>, 刘文武<sup>2\*</sup>

1. 海军军医大学(第二军医大学)第一附属医院呼吸与危重症医学科, 上海 200433

2. 海军军医大学(第二军医大学)海军特色医学中心潜水与高气压医学研究室, 上海 200433

**[摘要]** 新型冠状病毒感染(COVID-19)对全身几乎所有器官都会产生影响, 其中最主要的受累器官为肺和心脏。随着COVID-19康复患者数量不断增加, 越来越多的证据表明, 因COVID-19住院治疗获得康复的患者中有相当大比例的人群存在后遗症, 主要表现为呼吸系统和心血管系统的症状。对于潜水员, COVID-19后的运动耐受、心肺功能的恢复对其适潜性具有重要影响。一些组织和机构发布了潜水员COVID-19后的适潜性评估指南。本文对COVID-19后的呼吸和心血管系统后遗症及相关的适潜性评估方案进行简要介绍, 并基于已有的相关要求和我国实际, 初步提出我国潜水员COVID-19后的适潜性评估要求。

**[关键词]** 新型冠状病毒感染; 适潜性; 评估; 肺功能; 运动耐受; 心功能

**[引用本文]** 官振标, 董宇超, 徐佳骏, 等. 新型冠状病毒感染后潜水员适潜性评估[J]. 海军军医大学学报, 2024, 45(3): 352-357. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230290.

### Assessment of fitness to dive after coronavirus disease 2019

GUAN Zhenbiao<sup>1</sup>, DONG Yuchao<sup>1</sup>, XU Jiajun<sup>2</sup>, YU Xuhua<sup>2</sup>, WEN Yukun<sup>2</sup>, LIU Xia<sup>2</sup>, LIU Wenwu<sup>2\*</sup>

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

2. Department of Diving and Hyperbaric Medical Research, Naval Medical Center, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

**[Abstract]** Coronavirus disease 2019 (COVID-19) affects almost all the organs in the human body, especially the lungs and heart. As the number of patients recovered from COVID-19 continues to increase, increasing evidence suggests that a significant proportion of inpatients recovered from COVID-19 experience sequelae, and they mainly have the symptoms of respiratory and cardiovascular systems. For divers, the exercise tolerance and cardiopulmonary function after recovery from COVID-19 significantly affect their fitness to dive. Some organizations and institutions have released guidelines for the assessment of fitness to dive in divers after recovery from COVID-19. Herein, we briefly introduce the respiratory and cardiovascular sequelae and the assessment of fitness to dive in divers after recovery from COVID-19, and preliminarily provide the potential requirements for the assessment of fitness to dive in Chinese divers after COVID-19 based on the current conditions in China.

**[Key words]** coronavirus disease 2019; fitness to dive; assessment; lung function; exercise tolerance; cardiac function

**[Citation]** GUAN Z, DONG Y, XU J, et al. Assessment of fitness to dive after coronavirus disease 2019[J]. Acad J Naval Med Univ, 2024, 45(3): 352-357. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20230290.

新型冠状病毒感染(coronavirus disease 2019, COVID-19)自2019年底暴发以来对人类生命健康造成了极其严重的危害。新型冠状病毒(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)主要感染人的呼吸道, 患者可出现咳嗽、

咳痰、咽痛、呼吸困难等呼吸系统症状, 恶心、呕吐、腹泻、腹部不适等消化道症状, 以及发热、乏力、肌肉酸痛等全身症状; 严重者可发展为严重急性呼吸综合征, 导致器官衰竭甚至死亡<sup>[1]</sup>。随着COVID-19康复患者数量不断增加, 越来越多的

[收稿日期] 2023-05-24 [接受日期] 2023-09-04

[基金项目] 海军军医大学(第二军医大学)“强海”创新托举团队项目(24TPSL0101)。Supported by “Qianghai” Innovation Supporting Team Project of Naval Medical University (Second Military Medical University) (24TPSL0101).

[作者简介] 官振标, 博士, 副主任医师. E-mail: waterguan@163.com

\*通信作者( Corresponding author ). Tel: 021-81883145, E-mail: liuwenwu1980@hotmail.com

证据表明,在因 COVID-19 住院治疗获得康复的患者中,有相当大比例的人群存在多个器官、系统的后遗症,包括各种躯体和神经精神症状,且一般持续 12 周以上<sup>[2-3]</sup>,主要表现包括持续性疲劳、呼吸困难、心功能下降、嗅觉和味觉功能障碍等<sup>[4]</sup>。WHO 将 COVID-19 后 3 个月时仍有持续症状或新发症状、至少持续 2 个月且不能用其他疾病解释的现象定义为“COVID-19 后状态 (post-COVID-19 condition)”<sup>[5]</sup>。心肺耐力显著下降是 COVID-19 后状态的标志性特征。对于潜水员来说,心肺功能的评估也是适潜性评估中最为重要的部分。本文对 COVID-19 后的呼吸和心血管系统后遗症及相关的适潜性评估方案进行简要介绍,并基于已有的相关要求和我国实际,初步提出我国潜水员 COVID-19 后的适潜性评估要求。

## 1 COVID-19 后呼吸和心血管系统后遗症

虽然 COVID-19 可能影响全身组织器官,但其本质上是一种呼吸系统疾病,肺部受 COVID-19 的影响最大。COVID-19 患者康复后可出现许多长期的肺部表现(如呼吸困难)和肺功能异常等,导致某些患者需要吸氧,甚至借助呼吸机辅助呼吸。持续性呼吸困难在出院患者中是 COVID-19 后最常见的持续症状之一<sup>[4]</sup>。Chopra 等<sup>[6]</sup>的研究显示,因 COVID-19 住院的患者中有 22.9%~53% 在康复后 2 个月内仍会出现持续性呼吸困难,有 6.6% 的出院康复患者需要长期吸氧。对于潜水员,COVID-19 对其呼吸系统结构的影响尤其需要关注,是潜水员适潜性评估的一个重点,与肺功能异常和肺气压伤的发生密切相关。研究显示,COVID-19 患者出院后 3 个月,约 55.7% 的患者仍遗留胸部 CT 异常表现,主要为磨玻璃影(44.1%);44.3% 的患者存在肺功能异常,主要表现为肺弥散能力受损(34.8%)<sup>[7]</sup>;随访 6 个月后仍有相当大比例的患者存在这些肺部损伤<sup>[8]</sup>。对于危重及重型 COVID-19 患者,出院后则更容易出现持续性的肺功能受损<sup>[9]</sup>。

SARS-CoV-2 可以结合心肌细胞表面的血管紧张素转化酶 2 受体,这也是病毒进入心肌细胞的途径,因此,心脏也是 COVID-19 的常见受累器官。COVID-19 后心脏相关症状包括胸痛、胸闷、气短、心悸、呼吸困难、运动不耐受、体位性心动过

速综合征,伴随症状包括疲劳和睡眠障碍等<sup>[10]</sup>。COVID-19 患者的心血管症状可持续至出院后,同时可能出现新发的心血管疾病。Carfi 等<sup>[11]</sup>的研究显示,多达 21% 的 COVID-19 患者于出院后 60 d 内会出现胸痛不适,有 9% 的患者经常心悸。一项队列研究显示,出院后 3 个月,13% 的 COVID-19 康复患者出现明显的心血管症状,包括心率增快、新诊断的高血压病等<sup>[12]</sup>。针对 139 例 COVID-19 医护人员的随访研究显示,出现症状后 10.4 周,41.7% 的康复者至少有 1 种与心血管系统有关的症状(胸痛、呼吸困难等),49.6% 的康复者心电图异常,60.4% 的康复者心脏功能磁共振成像(cardiac function magnetic resonance imaging, CMR)显示异常,其中 30.9% 的患者 CMR 表现符合心包炎和/或心肌炎的诊断标准<sup>[13]</sup>。针对 COVID-19 后康复的士兵进行的研究显示,94% 的士兵康复后期出现心血管症状,4 名确诊为心肌炎的士兵在随访 7 个月时,仍有 1 名士兵的 CMR 显示异常,并伴有持续活动性心肌炎<sup>[14]</sup>。对 COVID-19 后康复的竞技运动员进行的随访中,CMR 显示有 46% 的运动员存在晚期钆增强(late gadolinium enhancement, LGE),其中 15% 的运动员符合心肌炎的 CMR 诊断标准<sup>[15]</sup>。2023 年,国家老年医学中心等<sup>[16]</sup>组织机构颁布了《新型冠状病毒感染相关心肌损伤、心肌炎和感染后状态管理专家共识(第二版)》,为 COVID-19 相关心脏损伤的诊断、评估和处理提供了参考。

## 2 COVID-19 患者复阳

《新型冠状病毒感染诊疗方案(试行第十版)》中明确了住院 COVID-19 患者的出院标准:病情明显好转,生命体征平稳,体温正常超过 24 h,肺部影像学显示急性渗出性病变明显改善,可以转为口服药物治疗,没有需要进一步处理的并发症等情况时,可考虑出院<sup>[17]</sup>。与之前诊疗方案有所不同的是,第十版诊疗方案不再对感染者出院时核酸检测结果提出要求。

COVID-19 复阳患者是指连续 2 次呼吸道 SARS-CoV-2 核酸检测(采样时间间隔 $\geq 24$  h)呈阴性的 COVID-19 康复患者再次核酸检测呈阳性者<sup>[18]</sup>。COVID-19 复阳患者临床表现多为无症状或症状轻微<sup>[18]</sup>,只有少数患者出现比首次感染更

严重的临床症状。COVID-19 出院患者复阳比例为 2.4%~69.2%，发现时间为出院后 1~38 d<sup>[19]</sup>。有关 COVID-19 复阳的患者是否具有传染性尚不清楚。目前，尚未有复阳患者传染其他人的报道，而且这类患者体内检测到的仅为 SARS-CoV-2 片段，不能培养出活的病毒，因而可能不具有传播潜力；此外，大多数复阳患者无明显临床症状，而且临床工作者普遍认为，出院后复阳不太可能由 SARS-CoV-2 感染复发所致<sup>[20]</sup>。

### 3 COVID-19 后潜水员的适潜性评估

潜水员 COVID-19 康复后，需要基于潜水的安全性和疾病的传染性进行适潜性评估。对于 COVID-19 后有不明原因呼吸困难和运动不耐受等症状的患者，心肺功能检测不但可评估患者的功能状态和潜在的病理生理机制，也可帮助患者设计个性化康复训练计划<sup>[21]</sup>。一些组织和机构基于 COVID-19 对肺气压伤、心脏事件、肺氧中毒、减压病及对其他潜水员的传染性等因素，制定了针对 COVID-19 康复后潜水员的适潜性评估方案。以下简要介绍潜水医学咨询委员会（Diving Medical Advisory Committee, DMAC）、比利时潜水与高压医学学会（Belgian Society for Diving and Hyperbaric Medicine, SBMHS-BVOOG）和美国加利福尼亚大学圣迭戈分校（University of California San, Diego; UCSD）发布的 COVID-19 后潜水员适潜性评估建议。

3.1 DMAC 评估方案<sup>[22]</sup> DMAC 指南主要针对的是远海潜水和饱和潜水。DMAC 将 COVID-19 后的潜水员分为 3 组：（1）无症状潜水员，无 SARS-CoV-2 感染证据。（2）SARS-CoV-2 检测阳性的无症状潜水员和仅出现轻症的潜水员。这些患者未进行胸部 X 线片或 CT 扫描，或两者检查结果均正常。（3）出现中或重度 COVID-19 症状的潜水员。这包括（但不限于）所有因 COVID-19 住院的潜水员，接受吸氧治疗的潜水员，出现低氧血症、心脏或神经症状的潜水员，以及 COVID-19 导致胸部结构改变（胸部 X 线片或 CT）的潜水员。

对于所有潜水员，建议：（1）对于水面供气式潜水、饱和潜水，3 组潜水员每次潜水作业前应接受体能测试，以确定无症状和有症状的 COVID-19 对健康的影响（可参考 IMCA D 061<sup>[23]</sup>）。

（2）如果可能，体能测试期间监测潜水员的血氧饱和度（pulse oxygen saturation, SpO<sub>2</sub>）。如果静息 SpO<sub>2</sub> 低于 95%，则不应进行运动测试，此时需接受进一步检查。（3）体能测试应由训练有素的救护人员、呼吸专业技师、护士或医师监督，结果应由潜水员所在公司的医疗顾问评估。（4）如果 SpO<sub>2</sub> 下降 >4%，或与之前的检测相比体能明显下降，潜水员应该咨询肺内科专家。

对于第 2 组潜水员，建议：（1）COVID-19 无症状或症状轻微的潜水员，在发烧和呼吸症状消失后，应暂停潜水 7 d。（2）潜水员停止潜水 7 d 后可以潜水，但需间隔 24 h 有 2 次抗原检测结果阴性，并通过体能测试。（3）恢复潜水前，潜水员应接受潜水员体检师（medical examiner of diver, MED）的检查，检查范围和性质取决于 MED 的判断，但对于出现轻微症状的患者建议进行临床检查。

对于第 3 组潜水员，建议：（1）潜水员应接受呼吸内科和心血管内科专家评估，MED 或潜水医学顾问密切配合。（2）应由 MED 根据相关的作业潜水员体检和评估标准，重新评估适潜性，合格后颁发新的证书。（3）如果前期影像学检查发现 COVID-19 导致肺结构变化，或潜水员希望无症状后 3 个月内恢复潜水，潜水员则应接受胸部 X 线片或 CT 检查。如果胸部 X 线片检查发现异常，则应进行胸部 CT 随访。（4）潜水员需接受肺功能检测（至少应包括常规动态肺活量），与之前检测结果相比，如出现任何临床相关的异常，则需咨询呼吸内科专家。

疫苗接种的不良反应可能会暂时影响潜水员的作业能力，也可能与减压性疾病的症状相混淆。因此，对于接种疫苗后不久即参加海上潜水作业的潜水员，应考虑疫苗接种不良反应的风险。对于疫苗接种，DMAC 建议离岸潜水员和潜水作业人员遵守国家疫苗接种指南；基于已有的疫苗安全性数据，疫苗接种后需等待 2~3 d，如无不良反应，即可进行离岸潜水；接种 COVID-19 疫苗并不代表不会感染，所有潜水员和潜水承包商应遵守预防措施，并持续监测 COVID-19 的症状。

3.2 SBMHS-BVOOG 评估方案<sup>[24]</sup> SBMHS-BVOOG 尚未明确具体针对的潜水人群。针对 COVID-19 的传播风险，SBMHS-BVOOG 建议：（1）有 COVID-19

症状的潜水员需至少等待2个月,最好是3个月,再恢复潜水活动。(2) COVID-19检测呈阳性但完全无症状的潜水员,等待1个月后方可恢复潜水。

(3)从未出现过症状且未接受过检测的潜水员(未感染或感染后完全无症状)可能对COVID-19没有免疫力(目前血清学检测不常用,无法100%确定是否存在免疫力水平),但这些潜水员仍可能受到其他潜水员的传染,需要在解除隔离期后等待一段时间。等待期的持续时间视情况(潜水类型、地点和当地机构要求)而异。(4)潜水员和潜水中心应严格遵守潜水用具消毒指南。

针对潜水员肺气压伤风险,SBMHS-BVOOG建议:出现严重肺部症状的COVID-19可能会导致长期甚至永久性的肺损伤,此时也有可能肺功能已恢复(接近)正常。即使潜水过程中没有快速或不受控制的上升,这种肺损伤仍可能增加肺气压伤的风险。因此,对于出现COVID-19相关肺部症状的潜水员,在3个月等待期后,应接受完整的肺功能测试及肺部的高分辨率CT扫描。肺功能测试应包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC),第一秒用力呼气量(forced expiratory volume in first second, FEV<sub>1</sub>),用力呼出25%、50%和75%肺活量时的呼气流量(peak expiratory flow, PEF),残气量(residual volume, RV)和FEV<sub>1</sub>/FVC。恢复潜水前,胸部CT结果应正常。检查结果由具有潜水医学专业知识的医务人员进行解释。

针对潜水员心血管事件发生风险,SBMHS-BVOOG建议:因COVID-19相关心脏或肺部症状而住院的潜水员,建议在3个月的等待期后,采用超声心动图和运动试验(运动心电图)进行心脏评估,以确定心脏功能是否正常。如果出现明显的肺部症状或极度疲劳/衰竭,即使不需要住院治疗,该潜水员也可能患有心肌病,也需要接受心脏评估。

对于肺氧中毒风险,SBMHS-BVOOG建议:避免技术潜水[长时间呼吸血氧分压为1.3 ATA(1 ATA=98.067 kPa)或更高分压的气体],简单的氮氧潜水(仅短暂呼吸最高为1.4 ATA的血氧分压)不会出现肺氧中毒。

对于潜水减压病风险,SBMHS-BVOOG建议:出现COVID-19肺部症状的潜水员,应暂时(或明确)将潜水限制在不减压极限范围内。

3.3 UCSD评估方案<sup>[25]</sup> UCSD方案针对的是自携

式潜水、科学潜水和商业潜水的潜水员,适潜标准为COVID-19后完全无症状者,其休息时运动耐受已经恢复至基础水平。运动强度通过代谢当量(metabolic equivalent, MET)来衡量,其中1 MET是休息时消耗的能量或每千克体重每分钟消耗3.5 mL氧气。目前的指南推荐,商业潜水员能耐受的运动强度至少为10 MET,而娱乐潜水员为6 MET。对于14 d内有咳嗽、呼吸急促或呼吸困难、发热、发冷、肌痛或新出现的嗅觉或味觉丧失等表现的潜水员,不能进行潜水。对于COVID-19无症状潜水员,根据恢复前疾病的症状和严重程度,包括是否需要吸氧、影像学检查、是否需要住院及心脏受累,将潜水员进行分类。如果潜水员符合任何(而不是所有)标准,则应将其置于最高级别。基于疾病的严重程度推荐需要接受的检查。如果检查结果未知,则推荐接受全面的心肺功能检查。指南中涉及的COVID-19可疑是指出现类似COVID-19的症状,有或无PCR检测或抗体检测阳性。具体建议如下:

0类潜水员是指无COVID-19可疑病史(检测结果正常;PCR或抗体检测阳性,但无任何COVID-19疾病或症状病史)的潜水员。这些潜水员需根据要求或休闲潜水训练委员会(Recreational Scuba Training Council, RSTC)指南进行定期检查,如有要求,可进行胸部X线片检查,无需其他检测。

1类潜水员是指轻症COVID-19可疑病史(未就诊;仅门诊就诊,无低氧血症表现;无需吸氧;影像学检查正常或无需影像学检查)的潜水员。这些潜水员需根据要求或RSTC指南进行定期检查;接受肺功能检测;进行胸部X线片检查(前后位和侧位),如有异常,则进行胸部CT检查;如果运动耐受未知(或不满意),运动耐受测试时检测SpO<sub>2</sub>。

2类潜水员是指中度COVID-19可疑病史(需要吸氧或出现低氧;胸部X线片检查或CT检查异常;住院治疗,但无需机械通气、辅助通气或重症监护;住院治疗,但心功能正常,如心电图正常、心脏标志物正常)的潜水员。这些潜水员需根据要求或RSTC指南进行定期检查;接受肺功能检测;进行胸部X线片检查(前后位和侧位),如有异常,则进行胸部CT检查;心电图监测;超声心动图检

查(如果其他检查阴性,也可不做);如果运动耐受未知(或不满意),运动耐受测试时检测 $SpO_2$ ;根据要求或RSTC指南处理其他并发症或症状。

3类潜水员是指严重COVID-19可疑病史(需要机械通气、辅助通气或重症监护;心脏功能异常,如心电图异常、心脏标志物异常;血栓栓塞性并发症,如肺栓塞、深静脉栓塞和凝血性疾病)的潜水员。这些潜水员需根据要求或RSTC指南进行定期检查;接受肺功能检测;进行胸部X线片检查(前后位和侧位),如有异常,则进行胸部CT检查;心电图监测;重复检测心脏肌钙蛋白或肌酸激酶同工酶和脑钠肽,确保正常;超声心动图检查;运动时进行超声心动图和 $SpO_2$ 检测;根据要求或RSTC指南处理其他并发症或症状。

指南明确指出,如果胸部X线片、肺功能、运动耐受检测正常,则无需进行CT检查。相对于病毒性呼吸系统疾病后的推荐措施,鉴于COVID-19症状不典型,会累及多个器官系统,上述建议相对更加严格和保守。对于有症状的潜水员和检查结果异常的潜水员,不建议进行潜水,但需进行个性化的评估。对于持续存在肺间质损伤、心脏受损、运动不耐受等表现的潜水员,不建议潜水;而仅存在细微异常的潜水员,如肺功能检测值处于临界点、影像学检查仅有细微异常而无症状的健康潜水员,则可以进行潜水。同时,基于上述建议进行的评估结果仅是暂时性的,一些表现会随着时间延长而逐渐恢复。

#### 4 小 结

目前,我国尚未出台有关COVID-19后潜水员适潜性评估的相关要求。基于国际已有的相关适潜性评估要求和国内的实际情况,我们认为:(1)对于从未感染的潜水员,潜水前建议进行病毒检测(PCR或抗原检测,抗体检测不常用)。(2)对于COVID-19后出院的潜水员,如仍然存在相关呼吸系统和心血管系统的症状,应停止所有潜水活动,在症状消失后再进行常规检查(心率、血压、体温、 $SpO_2$ 等)及肺功能、胸部X线片、心电图、心脏标志物等检查,检查结果正常或恢复到疾病前水平者,可逐步恢复潜水活动(深度和时间逐步增加),建议出院后恢复至少2~3个月后再潜水。(3)对于COVID-19后出院的潜水员,如无任何

症状,常规检查及肺功能、胸部X线片、心电图、心脏标志物等检查结果正常或恢复到疾病前水平者,可逐步恢复潜水活动。(4)对于COVID-19后复阳的潜水员,如上述检查结果正常或与疾病前水平相当,可以进行潜水活动,适当控制潜水的深度和时间,但避免交叉使用潜水装备,尤其是呼吸调节器;如症状较为严重,待症状消失后接受上述检查,若结果正常或恢复至疾病前水平,可逐步恢复潜水活动,但避免交叉使用潜水装备。(5)对于二次、多次感染的潜水员,建议与首次感染后相同。(6)建议所有潜水员接受COVID-19疫苗接种,观察疫苗接种后的反应,若出现接种相关症状,待症状消失后接受上述检查,结果正常或与接种前相当,则可进行潜水。

#### [参 考 文 献]

- [1] TSANG H F, CHAN L W C, CHO W C S, et al. An update on COVID-19 pandemic: the epidemiology, pathogenesis, prevention and treatment strategies[J]. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 2021, 19(7): 877-888. DOI: 10.1080/14787210.2021.1863146.
- [2] SYKES D L, HOLDSWORTH L, JAWAD N, et al. Post-COVID-19 symptom burden: what is long-COVID and how should we manage it?[J]. *Lung*, 2021, 199(2): 113-119. DOI: 10.1007/s00408-021-00423-z.
- [3] MEHANDRU S, MERAD M. Pathological sequelae of long-haul COVID[J]. *Nat Immunol*, 2022, 23(2): 194-202. DOI: 10.1038/s41590-021-01104-y.
- [4] WILLI S, LÜTHOLD R, HUNT A, et al. COVID-19 sequelae in adults aged less than 50 years: a systematic review[J]. *Travel Med Infect Dis*, 2021, 40: 101995. DOI: 10.1016/j.tmaid.2021.101995.
- [5] SORIANO J B, MURTHY S, MARSHALL J C, et al. A clinical case definition of post-COVID-19 condition by a Delphi consensus[J]. *Lancet Infect Dis*, 2022, 22(4): e102-e107. DOI: 10.1016/S1473-3099(21)00703-9.
- [6] CHOPRA V, FLANDERS S A, O'MALLEY M, et al. Sixty-day outcomes among patients hospitalized with COVID-19[J]. *Ann Intern Med*, 2021, 174(4): 576-578. DOI: 10.7326/M20-5661.
- [7] SO M, KABATA H, FUKUNAGA K, et al. Radiological and functional lung sequelae of COVID-19: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21(1): 97. DOI: 10.1186/s12890-021-01463-0.
- [8] HUANG C, HUANG L, WANG Y, et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study[J]. *Lancet*, 2021, 397(10270):

- 220-232. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)32656-8.
- [9] EKBOM E, FRITHIOF R, ÖI E, et al. Impaired diffusing capacity for carbon monoxide is common in critically ill Covid-19 patients at four months post-discharge[J]. *Respir Med*, 2021, 182: 106394. DOI: 10.1016/j.rmed.2021.106394.
- [10] BRYARLY M, PHILLIPS L T, FU Q, et al. Postural orthostatic tachycardia syndrome[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(10): 1207-1228. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.11.059.
- [11] CARFÌ A, BERNABEI R, LANDI F, et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19[J]. *JAMA*, 2020, 324(6): 603-605. DOI: 10.1001/jama.2020.12603.
- [12] XIONG Q, XU M, LI J, et al. Clinical sequelae of COVID-19 survivors in Wuhan, China: a single-centre longitudinal study[J]. *Clin Microbiol Infect*, 2021, 27(1): 89-95. DOI: 10.1016/j.cmi.2020.09.023.
- [13] EIROS R, BARREIRO-PÉREZ M, MARTÍN-GARCÍA A, et al. Pericardial and myocardial involvement after SARS-CoV-2 infection: a cross-sectional descriptive study in healthcare workers[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2022, 75(9): 734-746. DOI: 10.1016/j.rec.2021.11.001.
- [14] CLARK D E, DENDY J M, LI D L, et al. Cardiovascular magnetic resonance evaluation of soldiers after recovery from symptomatic SARS-CoV-2 infection: a case-control study of cardiovascular post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection (CV PASC)[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2021, 23(1): 106. DOI: 10.1186/s12968-021-00798-1.
- [15] RAJPAL S, TONG M S, BORCHERS J, et al. Cardiovascular magnetic resonance findings in competitive athletes recovering from COVID-19 infection[J]. *JAMA Cardiol*, 2021, 6(1): 116-118. DOI: 10.1001/jamacardio.2020.4916.
- [16] 国家老年医学中心, 中国老年医学学会心电与心功能分会, 北京医学会心血管病学分会影像学组, 等. 新型冠状病毒感染相关心肌损伤、心肌炎和感染后状态管理专家共识(第二版)[J]. *中国全科医学*, 2023, 26(14): 1692-1702. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2023.02.001.
- [17] 国家卫生健康委员会, 国家中医药局. 新型冠状病毒感染诊疗方案(试行第十版)[J]. *传染病信息*, 2023, 36(1): 18-25. DOI: 10.3969/j.issn.1007-8134.2023.01.02.
- [18] 周承勃森, 贾红, 鞠长燕. 新型冠状病毒肺炎患者康复后核酸复阳的研究进展[J]. *中国人兽共患病学报*, 2023, 39(6): 596-602. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2694.2023.00.048.
- [19] DAO T L, HOANG V T, GAUTRET P. Recurrence of SARS-CoV-2 viral RNA in recovered COVID-19 patients: a narrative review[J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2021, 40(1): 13-25. DOI: 10.1007/s10096-020-04088-z.
- [20] 余萍, 刘欢, 刘晓岚, 等. 新型冠状病毒肺炎出院患者复阳原因及传染性分析[J]. *传染病信息*, 2021, 34(2): 181-184. DOI: 10.3969/j.issn.1007-8134.2021.02.021.
- [21] HARBER M P, PETERMAN J E, IMBODEN M, et al. Cardiorespiratory fitness as a vital sign of CVD risk in the COVID-19 era[J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2023, 76: 44-48. DOI: 10.1016/j.pcad.2022.12.001.
- [22] Diving Medical Advisory Committee. Return to diving after COVID-19 (DMAC 33 Rev. 3)[S]. DMAC, 2022.
- [23] International Marine Contractors Association. Guidance on health, fitness and medical issues in diving operations (IMCA D 061)[Z]. IMCA, 2018.
- [24] Société Belge de Médecine Hyperbare et Subaquatique. Position of the Belgian society for diving and hyperbaric medicine (SBMHS-BVOOG) on diving after COVID-19 pulmonary infection[R]. SBMHS-BVOOG, 2020.
- [25] SADLER C, ALVAREZ VILLELA M, VAN HOESEN K, et al. Diving after SARS-CoV-2 (COVID-19) infection: fitness to dive assessment and medical guidance[J]. *Diving Hyperb Med*, 2020, 50(3): 278-287. DOI: 10.28920/dhm50.3.278-287.

[本文编辑] 商素芳