

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222095

综述·COVID-19 专题

个人防护用品相关性头痛发病机制及影响因素研究进展

杨鹏裔¹, 骆 丁¹, 程鹏飞¹, 周 明^{1,2}, 张 娜^{1,3}, 张 华^{1,3}

(1. 海南医学院国际护理学院, 海南 海口 571199; 2. 中国医学科学院海岛急救医学创新单元, 海南 海口 571199; 3. 海南医学院急救与创伤研究教育部重点实验室, 海南 海口 571199)

[摘 要] 随着疫情防控常态化, 个人防护用品(PPE)的使用可能会越来越普遍, 而伴随的 PPE 相关性头痛(HAPPE)的高发生率, 也逐渐成为众多研究探讨的热点之一。本文结合有关研究, 对 HAPPE 发病机制, 相关影响因素和干预措施进行综述, 旨在为制定针对 HAPPE 医务人员的干预方案提供参考。

[关 键 词] 个人防护用品; 头痛; 发病机制; 影响因素; 综述

[中图分类号] R135

Research progress on pathogenesis and influencing factors of headache associated with personal protective equipment

YANG Peng-yu¹, LUO Ding¹, CHENG Peng-fei¹, ZHOU Ming^{1,2}, ZHANG Na^{1,3}, ZHANG Hua^{1,3} (1. International School of Nursing, Hainan Medical University, Haikou 571199, China; 2. Innovative Unit of Island Emergency Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences, Haikou 571199, China; 3. Key Laboratory of First Aid and Trauma Research of Ministry of Education, Hainan Medical University, Haikou 571199, China)

[Abstract] With the normalization of epidemic prevention and control, the use of personal protective equipment (PPE) tends to become more and more common, meanwhile, due to the high incidence of headache associated with PPE (HAPPE), it has gradually become one of the hotspots of many studies. Combined with the recent relevant research, this paper discusses the pathogenesis, related influencing factors and intervention measures of HAPPE, so as to provide reference for the formulation of intervention plan for HAPPE among health care workers.

[Key words] personal protective equipment; headache; pathogenesis; influencing factor; review

新型冠状病毒肺炎(corona virus disease 2019, COVID-19)是目前全球重大公共卫生问题^[1]。截止 3 月 31 日, 全球感染和病死分别超过 4.8 亿、600 万人, 其中在中国有超过 45 万人被确诊为 COVID-19^[2]。由于 COVID-19 主要通过呼吸道飞沫传播, 在相对封闭的环境中长时间暴露于高浓度气溶胶, 存在感染的可能^[3]。因此, 国家卫生健康委员会建议, 医疗机构全体人员均应做好个人防护, 在标准防护措施的基础上, 医务人员需根据疾病的传播

途径完成额外的预防措施, 如接触 COVID-19 疑似或确诊患者必须穿戴个人防护用品(personal protective equipment, PPE), 包括口罩、手套、护目镜、防护服等^[4]。在 COVID-19 疫情期间, 医务人员一次佩戴 PPE 时间可能会超过 6~8 h^[5], 此外, 由于 PPE 全球短缺导致其不适当的再利用(如再次使用未受污染的 PPE), 也许会引发皮炎、过敏以及面部瘙痒等健康问题^[6-8]。随着对 PPE 健康问题的研究不断深入, 越来越多的研究发现医务人员常并发

[收稿日期] 2021-11-04

[基金项目] 国家自然科学基金(71804037); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(2019-12M-5-023); 海南医学院研究生创新科研课题(HYYS2020-21)

[作者简介] 杨鹏裔(1994-), 男(汉族), 四川省威远县人, 硕士研究生, 主要从事急危重症护理学相关研究。

[通信作者] 张华 E-mail: zhanghuashelley@hotmail.com

PPE 相关性头痛(headache associated with PPE, HAPPE),发生率为 26.5%~90.7%^[9-15]。伴随着 HAPPE 的高发生率,头痛也成为 PPE 最常见的不良反应之一,且 HAPPE 是一种常见于医务人员使用口罩、防护面罩、护目镜和防护服等导致机体出现异常的继发性头痛疾病^[16],但其病因尚不明确,可能与机械压力、高碳酸血症和低氧血症有关^[17]。因此,本文对 HAPPE 可能存在的发病机制、影响因素及干预措施的研究进展进行综述,旨在为制定 HAPPE 医务人员的干预方案提供参考意见。

1 HAPPE 的发病机制

HAPPE 的发生和发展是一个多重和复杂的过程,其发病机制仍不明确,可能与内部和外部稳态的变化有关,主要分为机械因素和生理因素两方面。

1.1 机械因素 PPE 会产生各种外力,外力对于稳定防护设备至关重要。随着对 HAPPE 发病机制的深入研究,越来越多的研究结果支持可能存在“颅神经痛”,即多种外力可能通过刺激各种神经引发颈源性或紧张性和压力性头痛^[18-20];其中浅表感觉神经刺激可能与面部防护用品对局部组织压迫有关;面部防护用品的压力可能使局部组织损伤,通过对三叉神经或枕神经分支的刺激作用支配面部、头部或颈部局部的痛感,进而可能引发压力性头痛^[18]。另外,佩戴面部防护用品可造成颈部拉伤,从而对外周敏化产生深远影响。研究^[21-23]发现,对颈部或后脑和耳前持续压力产生的外周敏化可能通过三叉神经的不同分支给三叉神经节和脑干传递伤害性信息,从而激活三叉颈神经复合体,此现象刺激皮质区域,最终导致颈源性或紧张性头痛。

研究^[11]认为,HAPPE 由于松紧带压力增加对枕大神经产生作用,引发压迫性神经痛。因此,很有可能通过枕大神经和三叉神经区域的信号汇聚到脑干中的二阶神经元或三叉神经,与枕大神经的传入神经一起终止于 C2 脊髓节段^[22,24-25],从而引起头痛。此外,在 COVID-19 大流行期间,有学者^[19]认为医务人员出现的 HAPPE 符合外部压力性头痛的标准,亦是 HAPPE 发病的主要机制。由此可见,PPE 伴随各种外力极易引发外环境稳态的失衡及功能紊乱,从而更容易通过潜在的颅神经痛机制引发头痛。因此,关注穿戴 PPE 医务人员的机械因素,及时调节其各种压力或张力及牵引力,或将是改善医务人员 HAPPE 状态的一种崭新观点。

1.2 生理因素

生理因素最主要是指体内二氧化碳(CO₂)和氧气(O₂)的平衡状态被打破,可导致高碳酸血症或低氧血症,但目前关于其高碳酸血症或低氧血症的学说仍存争论,有研究发现生理活动也可能引发头痛。

1.2.1 CO₂ 增多或许会导致高碳酸血症,从而引起头痛 关于高碳酸血症引起头痛的机制,有学者^[26-27]认为,高浓度 CO₂ 通过影响体内二氧化碳分压(PaCO₂)和酸碱度值(pH),导致高碳酸血症,进而引起头痛。原因在于当大量 CO₂ 吸入肺部时与水液化,然后通过肺泡毛细血管膜横向分散,在血流内混合前一种产物与水结合,形成碳酸和影响 pH 值,最后身体对高浓度 CO₂ 作出反应,从而促进 PaCO₂ 增高和 pH 值降低,加速高碳酸血症的形成,促使大脑皮层和外周血流量的增加,进而引发头痛。Bharatendu 等^[28]对 COVID-19 期间 154 名医务人员的脑血流动力学评估相关研究中获得了一致的结果,受试者单独佩戴 N95 口罩或与动力送风过滤式呼吸器(powered air-purifying respirator, PAPR)结合使用 5 min 后,使用经颅多普勒和 CO₂ 浓度计监测大脑动脉的血流动力学以及呼气末二氧化碳分压(ETCO₂)发现,单独佩戴 N95 口罩可使平均流速明显增加和搏动指数(PI)下降,ETCO₂ 升高;N95 口罩与 PAPR 结合使用的受试者中,PI 和 ETCO₂ 正常。说明 N95 口罩可能会让口鼻周围有效死腔容积扩大,使 CO₂ 吸入过多,高浓度 CO₂ 引发高碳酸血症让脑血管舒张是头痛的一个关键因素。因此,高碳酸血症可能是引发 HAPPE 的一个重要原因。

1.2.2 O₂ 缺乏可能引发低氧血症,进而导致头痛 除 CO₂ 增多,缺乏 O₂ 或许也是引起头痛的一个关键因素,可能与肺泡通气不足有关,肺组织无法排除 CO₂,从而积累在血液中与水结合并导致呼吸性酸中毒。随着呼吸性酸中毒的恶化,累积在血液中的 CO₂ 经过大脑内循环,然后横穿血脑屏障,从而降低中枢神经系统的 pH 值,使 CO₂ 浓度升高,同时血液中的 O₂ 降低,进而可能引发低氧血症并导致头痛^[27]。此外,以往研究^[29]显示,医务人员佩戴 N95 口罩几分钟后引发头痛,其原因与低 O₂ 或 CO₂ 滞留导致脑血流动力学变化有关。因此,可在保持 N95 口罩防护性下,及时调控通气状况,从而间接影响医务人员 HAPPE 的进程。

1.2.3 生理活动对 HAPPE 的影响 声音、活动及生命体征的变化可能与 HAPPE 也有关。医务人员在佩戴呼吸保护用品时,说话和运动亦可导致 CO₂

再呼吸,引起疲劳、头痛和肌肉无力等症状^[30]。医务人员在穿戴 PPE 工作时,其生理指数(心率、灌注量)受影响,进而可能引起疲倦、心悸和头痛^[13]。因此,医务人员因为职业的特殊性需穿戴 PPE 极易引发头痛,通过降低生理反应引起的损伤或许可以作为有效调节其头痛状态的一种新途径。

综上所述,HAPPE 发生机制可能与压力对三叉神经或枕大神经的刺激,高碳酸血症使脑血管舒张,低氧血症使脑血流动力学变化,CO₂ 重复呼吸,以及 PPE 引起的生理改变有关。HAPPE 发病机制不能用单一的机械或生理因素解释,可能是两者共存,也可能是二者之一。由此可见,HAPPE 仍需大样本、多中心的临床试验和深入的发病机制探讨,对于认识本病具有重要意义。

2 HAPPE 的影响因素

近年来,随着横断面研究医务人员 HAPPE 的增多,关于 HAPPE 的影响因素也逐渐得以揭示。国外有关 HAPPE 影响因素的研究^[9,14,31]较多,但目前国内针对医务人员 HAPPE 状态的观察性研究相对较少。

2.1 佩戴时间 佩戴时间对医务人员发生 HAPPE 的影响较大。医务人员使用 PPE,佩戴时间越长,发生不良事件头痛的风险越大^[5],投诉率越高^[32],但对于具体出现时间仍存争议。研究^[32-33]发现,佩戴 PPE 超过 4 h 是其独立相关因素,但也有研究^[14]指出,80% 多的受访者从戴上 N95 口罩或防护眼镜到出现头痛的时间间隔不到 60 min,少部分受访者表示头痛在穿戴 PPE 2 h 后开始。也有研究^[10]显示大多数受访者表示在脱下 PPE 1~2 h 内头痛结束。因此,目前 HAPPE 具体发生时间仍不明确,未来可通过调整佩戴时间来影响头痛发生的进展。

2.2 过滤面罩(filtering face pieces, FFP) 口罩是预防 COVID-19 的重要措施之一,但 FFP 的使用可能会增加头痛的风险^[34]。西班牙 Ramirez-Moreno 等^[9]使用自我管理问卷横断面调查 306 名医务人员,结果发现使用 FFP 与头痛的出现存在统计学上的关联,与医用外科口罩相比,FFP 让医务人员在个体方面表现得更差($P = 0.05$),进而可能出现胃肠不适($P = 0.047$)和极度疲倦感($P = 0.004$)。也有研究显示,呼气阀的存在对医务人员生理变化无明显帮助。Roberge 等^[35]对带有呼气阀的 N95 过滤式面罩呼吸器(FFR)进行研究结果

表明呼气阀的存在并没有明显改善 FFR 对 PaCO₂ 的影响,也未使 PaCO₂ 升高。由此可见,长期使用 FFR 可能导致高碳酸血症或低氧血症,从而引起头痛发生的可能性会更大,通过调节 FFR 的内环境或许是预防 HAPPE 的一个研究方向。

2.3 既往头痛 多项研究^[10,14,31]表明,既往头痛可能会增加 HAPPE 发生风险,发生率为 29%~93.5%,也可能是其独立影响因素之一。两项研究^[14,33]发现,有头痛病史及过度使用 PPE 会增加 HAPPE 风险,且有头痛病史的人更易诱发 HAPPE,因此,既往头痛的发生率与新发 HAPPE 呈独立相关性。此外,有头痛病史的医务人员发生 HAPPE 的概率是无头痛病史的 4.2 倍,加上 PPE 使用率的增加,从而促使存在头痛的医务人员在发作频率和时间上持续恶化。因此,关注此特殊人群有助于减少其 HAPPE 发生次数,进而有效调节医务人员的头痛状态。

2.4 其他 睡眠不足,情绪压力,不规律的进餐时间,食物和水摄入不足,以及哮喘等因素也影响 HAPPE 的发生。研究^[10]发现,睡眠不足、情绪压力等使 HAPPE 发作频率增加。Marmura 等^[36]综述显示,锻炼、充足的睡眠、压力管理和规律饮食,可预防偏头痛转变为慢性偏头痛的诱因出现。哮喘是 HAPPE 的保护因素^[9],可能与哮喘患者对缺氧的耐受性更强,进而头痛的阈值更高。因此,HAPPE 诱发因素通常与内外稳态的变化有关,影响内外稳态变化的因素复杂且相互交错,因素间的相互关联性及其影响程度还需进一步研究。

3 HAPPE 的干预措施

目前针对 HAPPE 的干预研究较少,尚无统一公认的方法,其干预目的主要是减弱疼痛程度,降低发作频率,主要包括药物干预,减少诱因两方面。

3.1 药物干预 药物干预主要以止痛为主,可有效调节疼痛感。虽在发作期间,大多数患者无需急性镇痛治疗,但研究^[14]表明超过 50% 患者会服用扑热息痛等非甾体抗炎或曲坦类和阿片类药物,旨在缓解疼痛进程。尽管神经阻滞、药物疗法(或两者)对 HAPPE 的疗效尚不清楚,但仍有 61.4% 的病例服用镇痛药物后反馈效果良好^[9],而 PPE 可能会加剧其头痛发生频率、强度和增加镇痛药的使用^[11,16]。因此,未来可开展更多的试验性研究加以佐证。

3.2 减少诱因 减少诱因可调节医务人员因内外环境引起的损伤,改进医务人员 HAPPE 的状态。因

此,管理佩戴时间和压力,使用 PAPR,改变生活方式,以及改善环境,可能是改善 HAPPE 的好方法。

3.2.1 管理佩戴时间和压力 佩戴时间和压力的改善或许能帮助医务人员调控 HAPPE 的状态。研究^[5]发现,头痛与 PPE 相关的健康问题和佩戴时间的长短有关,间歇性地摘下设备可能有助于减轻头痛,如每 2 h 可摘下口罩适当休息 15 min 或减少其值班时间。因此,更短的值班和频繁的休息时间意味着 PPE 佩戴时长缩短,或许是一种长期可行的策略。此外,PPE 与身体会形成压力,可设置屏障或佩戴合适的面罩,如在持续接触区域涂上无乙醇薄膜,以及预先涂抹润肤霜或凝胶进行润滑等^[37-39]。

3.2.2 使用 PAPR 使用 PAPR 可减少医务人员对 CO₂ 的吸收,进而降低 HAPPE 发生率。研究^[28]表明,N95 口罩会明显改变脑血流动力学,而使用 PAPR 可改善 N95 口罩内环境,从而减轻因 CO₂ 过多导致的高碳酸血症所带来的影响,为医务人员提供额外的安全性并减少 CO₂ 的积累;另外,PAPR 通过提供持续的通风和头部冷却可能会增加热应激的耐受性^[40]。有学者^[9]建议在高风险地区或科室鼓励使用 PAPR。但 PAPR 也存在一定的缺陷,如使用 PAPR 需额外培训且设备价格高昂^[41],因此对于 PAPR 的使用有待进一步探究。

3.2.3 生活方式和环境改善策略 将睡眠不足、情绪压力、不规律的进餐时间、食物和水摄入不足等作为影响因素纳入管理策略^[10,36,42-43],遵循健康生活习惯,避免触碰头痛相关的诱发因素,从而降低其发生概率。除生活方式外,环境改善策略也可减轻 PPE 带来的不适感,如在高温、高湿地区维持最佳环境温度和足够通风^[44],但尚缺乏研究证明改变生活方式和环境对于 HAPPE 的预防或干预效果。因此,未来需要更多的干预性研究加以验证。

4 小结与展望

随着后疫情时代的到来,PPE 的使用可能会越来越普遍,医务人员因工作的特殊性容易并发 HAPPE。目前国外对 HAPPE 的研究已较为成熟,其发病机制可能与机械因素和生理因素有关,影响因素包括佩戴时间、FFP、既往头痛及其他原因,HAPPE 对医务人员的健康、工作效率及满意度都将产生巨大影响。但研究主要致力于 HAPPE 发生率的横断面调查以及对两者相关性的探讨,且整体文献偏少,并以自我报告形式收集资料,也许会在

夸大症状等情况,从而可能存在发表偏倚,在一定程度上影响结果可信度。建议可开展多中心、大样本的前瞻性队列研究或病例对照试验等予以佐证。此外,针对目前 HAPPE 干预性研究缺乏强有力的循证管理策略,仅在药物干预和减少诱因两方面进行对症处理。因此,未来可制定具有针对性的干预措施,如通过新颖的工程解决方案,将 PPE 的舒适度或医务人员的耐受性考虑到设计当中,医院管理人员应为穿戴 PPE 的医务人员缩短工作时间或为需佩戴 FFP 的人特制排班时间表,为促进医务人员的健康提供新的思路。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] World Health Organization. Listings of WHO's response to COVID-19[EB/OL]. (2020-06-29)[2021-10-08]. <https://www.who.int/news/item/29-06-2020-covidtime-line>.
- [2] 新型冠状病毒肺炎:疫情实时大数据报告[EB/OL]. (2022-03-31)[2022-03-31]. https://voice.baidu.com/act/newpneumonia/newpneumonia/?from=osari_aladin_bannertab4. Coronavirus disease 2019: real time big data report [EB/OL]. (2022-03-31)[2022-03-31]. https://voice.baidu.com/act/newpneumonia/newpneumonia/?from=osari_aladin_bannertab4.
- [3] 国家卫生健康委员会,国家中医药管理局. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)[J]. 中国感染控制杂志,2020,19(2):192-195.
National Health Commission, National Administration of Traditional Chinese Medicine. Guidelines on diagnosis and treatment of novel coronavirus pneumonia (trial sixth edition)[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(2): 192-195.
- [4] 李晔,蔡冉,陆焯. 应对新型冠状病毒肺炎防护服的选择和使用[J]. 中国感染控制杂志,2020,19(2):117-122.
Li Y, Cai R, Lu Y. Selection and use of protective clothing in novel coronavirus pneumonia epidemic[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(2): 117-122.
- [5] Galanis P, Vraika I, Fragkou D, et al. Impact of personal protective equipment use on health care workers' physical health during the COVID-19 pandemic: a systematic review and Meta-analysis[J]. Am J Infect Control, 2021, 49(10): 1305-1315.
- [6] Cohen J, Rodgers YVM. Contributing factors to personal protective equipment shortages during the COVID-19 pandemic [J]. Prev Med, 2020, 141: 106263.
- [7] Rowan NJ, Laffey JG. Challenges and solutions for addressing

- critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from coronavirus disease (COVID-19) pandemic – case study from the Republic of Ireland[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 725: 138532.
- [8] Bhoynul B, Lecamwasam K, Wilkinson M, et al. A review of non-glove personal protective equipment-related occupational dermatoses reported to EPIDERM between 1993 and 2013[J]. *Contact Dermatitis*, 2019, 80(4): 217–221.
- [9] Ramirez-Moreno JM, Ceberino D, Gonzalez Plata A, et al. Mask-associated ‘de novo’ headache in healthcare workers during the COVID-19 pandemic [J]. *Occup Environ Med*, 2021, 78(8): 548–554.
- [10] Zaheer R, Khan M, Tanveer A, et al. Association of personal protective equipment with de novo headaches in frontline healthcare workers during COVID-19 pandemic: a cross-sectional study[J]. *Eur J Dent*, 2020, 14(S 01): S79–S85.
- [11] Rapisarda L, Trimboli M, Fortunato F, et al. Facemask headache: a new nosographic entity among healthcare providers in COVID-19 era[J]. *Neurol Sci*, 2021, 42(4): 1267–1276.
- [12] Köseoğlu Toksoy C, Demirbaş H, Bozkurt E, et al. Headache related to mask use of healthcare workers in COVID-19 pandemic[J]. *Korean J Pain*, 2021, 34(2): 241–245.
- [13] Choudhury A, Singh M, Khurana DK, et al. Physiological effects of N95 FFP and PPE in healthcare workers in COVID intensive care unit: a prospective cohort study[J]. *Indian J Crit Care Med*, 2020, 24(12): 1169–1173.
- [14] Ong JJY, Bharatendu C, Goh Y, et al. Headaches associated with personal protective equipment – a cross-sectional study among frontline healthcare workers during COVID-19 [J]. *Headache*, 2020, 60(5): 864–877.
- [15] İpek S, Yurttutan S, Güllü UU, et al. Is N95 face mask linked to dizziness and headache? [J]. *Int Arch Occup Environ Health*, 2021, 94(7): 1627–1636.
- [16] Ong JJY, Chan ACY, Bharatendu C, et al. Headache related to PPE use during the COVID-19 pandemic[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2021, 25(8): 53.
- [17] International Headache Society. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS) The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition[J]. *Cephalalgia*, 2018, 38(1): 1–211.
- [18] Krymchantowski AV. Headaches due to external compression [J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2010, 14(4): 321–324.
- [19] Smith JH. Other primary headache disorders[J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2021, 27(3): 652–664.
- [20] Robertson C. Cranial neuralgias [J]. *Continuum (Minneapolis)*, 2021, 27(3): 665–685.
- [21] Goadsby PJ, Holland PR, Martins-Oliveira M, et al. Pathophysiology of migraine: a disorder of sensory processing[J]. *Physiol Rev*, 2017, 97(2): 553–622.
- [22] Liang ZQ, Galea O, Thomas L, et al. Cervical musculoskeletal impairments in migraine and tension type headache: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Musculoskelet Sci Pract*, 2019, 42: 67–83.
- [23] Fredriksen TA, Antonaci F, Sjaastad O. Cervicogenic headache: too important to be left un-diagnosed[J]. *J Headache Pain*, 2015, 16: 6.
- [24] Busch V, Jakob W, Juergens T, et al. Functional connectivity between trigeminal and occipital nerves revealed by occipital nerve blockade and nociceptive blink reflexes[J]. *Cephalalgia*, 2006, 26(1): 50–55.
- [25] Barmherzig R, Kingston W. Occipital neuralgia and cervicogenic headache: diagnosis and management [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2019, 19(5): 20.
- [26] Madan M, Madan K, Mohan A, et al. Personal protective equipment and particulate filter use during the COVID-19 pandemic: “acidotic times”[J]. *Arch Bronconeumol*, 2021, 57: 83.
- [27] Atangana E, Atangana A. Facemasks simple but powerful weapons to protect against COVID-19 spread: can they have sides effects? [J]. *Results Phys*, 2020, 19: 103425.
- [28] Bharatendu C, Ong JJY, Goh Y, et al. Powered air purifying respirator (PAPR) restores the N95 face mask induced cerebral hemodynamic alterations among healthcare workers during COVID-19 outbreak[J]. *J Neurol Sci*, 2020, 417: 117078.
- [29] Rebmann T, Carrico R, Wang J. Physiologic and other effects and compliance with long-term respirator use among medical intensive care unit nurses[J]. *Am J Infect Control*, 2013, 41(12): 1218–1223.
- [30] Smith CL, Whitelaw JL, Davies B. Carbon dioxide rebreathing in respiratory protective devices: influence of speech and work rate in full-face masks[J]. *Ergonomics*, 2013, 56(5): 781–790.
- [31] Hajjij A, Aasfara J, Khalis M, et al. Personal protective equipment and headaches: cross-sectional study among Moroccan healthcare workers during COVID-19 pandemic[J]. *Cureus*, 2020, 12(12): e12047.
- [32] Xia W, Fu L, Liao HH, et al. The physical and psychological effects of personal protective equipment on health care workers in Wuhan, China: a cross-sectional survey study[J]. *J Emerg Nurs*, 2020, 46(6): 791–801. e7.
- [33] Lim ECH, Seet RCS, Lee KH, et al. Headaches and the N95 face-mask amongst healthcare providers [J]. *Acta Neurol Scand*, 2006, 113(3): 199–202.
- [34] Brooks JT, Butler JC, Redfield RR. Universal masking to prevent SARS-CoV-2 transmission – the time is now[J]. *JAMA*, 2020, 324(7): 635–637.
- [35] Roberge RJ, Coca A, Williams WJ, et al. Physiological impact of the N95 filtering facepiece respirator on healthcare workers [J]. *Respir Care*, 2010, 55(5): 569–577.
- [36] Marmura MJ. Triggers, protectors, and predictors in episodic migraine[J]. *Curr Pain Headache Rep*, 2018, 22(12): 81.
- [37] Zhou NY, Yang L, Dong LY, et al. Prevention and treatment of skin damage caused by personal protective equipment: experience of the first-line clinicians treating SARS-CoV-2 infection

- [J]. *Int J Dermatol Venereol*, 2020, 3(2): 70–75.
- [38] Jose S, Cyriac MC, Dhandapani M. Health problems and skin damages caused by personal protective equipment: experience of frontline nurses caring for critical COVID-19 patients in intensive care units[J]. *Indian J Crit Care Med*, 2021, 25(2): 134–139.
- [39] Jiang QX, Song SP, Zhou JH, et al. The prevalence, characteristics, and prevention status of skin injury caused by personal protective equipment among medical staff in fighting COVID-19: a multicenter, cross-sectional study[J]. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2020, 9(7): 357–364.
- [40] Loibner M, Hagauer S, Schwantzer G, et al. Limiting factors for wearing personal protective equipment (PPE) in a health care environment evaluated in a randomised study[J]. *PLoS One*, 2019, 14(1): e0210775.
- [41] Saran S, Gurjar M, Baronia AK, et al. Personal protective equipment during COVID-19 pandemic: a narrative review on technical aspects[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2020, 17(12): 1265–1276.
- [42] Goadsby PJ, Holland PR, Martins-Oliveira M, et al. Pathophysiology of migraine: a disorder of sensory processing[J]. *Physiol Rev*, 2017, 97(2): 553–622.
- [43] Chew NWS, Lee GKH, Tan BYQ, et al. A multinational, multicentre study on the psychological outcomes and associated physical symptoms amongst healthcare workers during COVID-19 outbreak[J]. *Brain Behav Immun*, 2020, 88: 559–565.
- [44] Swaminathan R, Mukundadura BP, Prasad S. Impact of enhanced personal protective equipment on the physical and mental well-being of healthcare workers during COVID-19[J]. *Postgrad Med J*, 2020, 98(1157): 231–233.

(本文编辑:文细毛)

本文引用格式:杨鹏喬, 骆丁, 程鹏飞, 等. 个人防护用品相关性头痛发病机制及影响因素研究进展[J]. *中国感染控制杂志*, 2022, 21(8): 823–828. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20222095.

Cite this article as: YANG Peng-yu, LUO Ding, CHENG Peng-fei, et al. Research progress on pathogenesis and influencing factors of headache associated with personal protective equipment [J]. *Chin J Infect Control*, 2022, 21(8): 823–828. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222095.