

儿童高原肺水肿的研究进展

王超^{1,3} 须民欣¹ 谢清梦³ 李丹³ 李凤¹ 余思芸¹ 卢遵¹ 曾健¹ 吴镜¹ 谢江²

(1. 西南交通大学附属医院 成都市第三人民医院老年医学国际医疗中心, 四川 成都 610031; 2. 西南交通大学附属医院 成都市第三人民医院儿科, 四川 成都 610031; 3. 理塘县人民医院 康南急救中心, 四川 甘孜藏族自治州 624300)

【摘要】 虽然进入高海拔地区儿童高原肺水肿的患病率在逐年增加, 但仍未引起广泛的重视。儿童的心血管系统在高海拔环境下会经历一系列生理变化以适应低氧和低气压环境, 这些变化可能会导致高原肺水肿的发生。现总结儿童在高海拔地区活动时高原肺水肿的流行病学、发病机制、高危因素、临床表现、预防措施和治疗方法, 以期减轻高原肺水肿对进入高海拔地区儿童的影响, 并引起对儿童高原肺水肿的重视及预防。

【关键词】 儿童; 高原肺水肿; 急性高原病; 高海拔

【DOI】 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.10.011

High Altitude Pulmonary Edema in Children

WANG Chao^{1,3}, XU Minxin¹, XIE Qingmeng³, LI Dan³, LI Feng¹, YU Siyun¹, LU Zun¹, ZENG Jian¹, WU Jing¹, XIE Jiang²

(1. Department of Geriatrics and International Medical Center, The Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University, The Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610031, Sichuan, China; 2. Department of Pediatrics, The Affiliated Hospital of Southwest Jiaotong University, The Third People's Hospital of Chengdu, Chengdu 610031, Sichuan, China; 3. Litang County People's Hospital, Kangnan Emergency Center, Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture 624300, Sichuan, China)

【Abstract】 Although the prevalence of high altitude pulmonary edema (HAPE) in children entering high altitude is increasing yearly, it has not received widespread attention. The cardiovascular system of children undergoes a series of physiological changes to adapt to the hypoxic and hypobaric environment at high altitude, but these changes may contribute to the development of HAPE. The article summarises the epidemiology, pathogenesis, risk factors, clinical manifestations, preventive measures and treatment of HAPE in children when they are active at high altitude. In order to mitigate the effects of HAPE on children who are coming to high altitude, and to draw attention to and prevent HAPE in children.

【Keywords】 Children; High altitude pulmonary edema; Acute mountain sickness; High altitude

在过去的几十年中, 随着旅游业的发展和人们对户外活动兴趣的增加, 越来越多的儿童和青少年参与到高海拔地区的探险和徒步旅行中。然而, 高海拔地区的特殊环境, 尤其是低氧和低气压, 可能会导致急性高原病 (acute mountain sickness, AMS) 的发生^[1-2]。AMS 是一种快速进入海拔 2 500 m 以上地区出现的综合征。随着病情的进展加重会发生高原脑水肿和高原肺水肿 (high altitude pulmonary edema, HAPE)。HAPE 是一种由高海拔引起的非心源性、非感染性肺水肿, 严重时可致命。临床表现包括呼吸困难、干咳、活动耐量下降和胸部啰音^[1,3-4], 需要及时识别和治疗^[3-4]。研究儿童 HAPE 至关重要, 因为 HAPE 可能危

及生命, 而且在儿童群体中具有独特的特征。研究儿童 HAPE 对了解其病理生理学、高危因素、诊断方法和治疗模式至关重要。此外, 通过研究儿童 HAPE, 可以提高医护人员对儿童 HAPE 治疗效果的评估并制定有针对性的干预措施, 以减轻 HAPE 对进入高海拔地区儿童的影响。

1 儿童 HAPE 的流行病学

研究^[5-13]表明, 儿童在高海拔地区的 AMS 发生率与成人相似, 甚至可能更高。在海拔 3 500 m 时, 儿童 AMS 发病率为 92%, 而他们父母的发病率为 25%^[9]。一项在中国台湾玉山的徒步旅行研究^[10]显示 11 ~ 12 岁儿童 AMS 的发生率为 59%, 而在瑞士阿尔卑斯

山的研究^[5]表明在青少年中 AMS 的发生率为 25%。这些研究结果提示,儿童可能对高海拔环境更为敏感。根据现有的研究和文献,儿童 HAPE 的发病率与成人相比存在一些差异,但具体数据可能会因地区、人群和研究方法的不同而有所变化。多数文献^[13]报道儿童 HAPE 发病率为 0.5% ~ 15.0%,未来需要更多的研究进一步证实。

2 高海拔环境对儿童心血管系统的影响及 HAPE 的发病机制

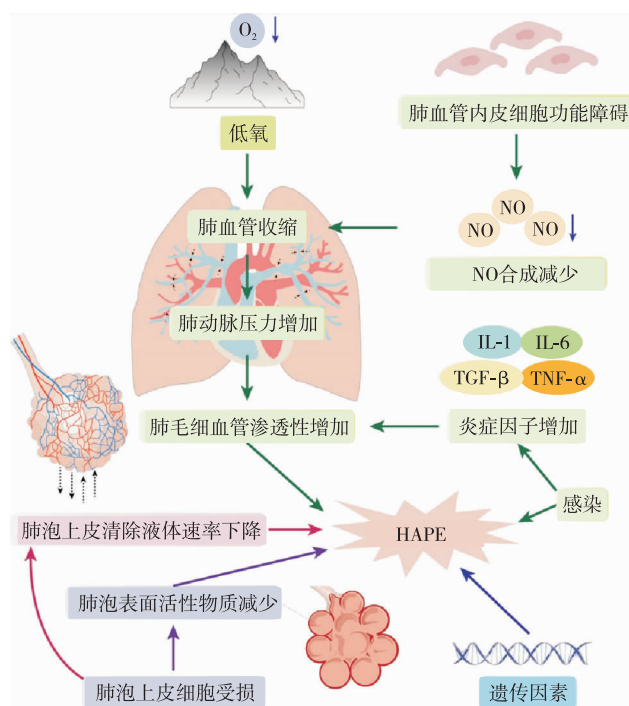
在高海拔地区,由于大气压低、氧气稀薄,儿童的心血管系统适应性变化异于成人。儿童的身体会发生一系列生理变化,以适应这种低压低氧环境^[4]。这些变化对心血管系统有较大的影响,当身体无法适应时,就可能发生 HAPE^[4,14]。

当儿童暴露于高海拔环境时,由于代谢率高于成人,在高海拔环境中对氧气的需求和消耗更高,所以与成人相比,心率和呼吸频率显著性增加以适应氧气稀薄的环境。平静状态下身体会通过增加心率和心输出量来应对氧气含量的降低,以维持组织的氧气供应。这种生理反应是短暂的,几天后心输出量可能恢复到正常水平,但心率可能仍然会升高,导致每搏输出量减少。此外,肺血管收缩和肺动脉压增加,但肺动脉楔压保持不变,表明心脏舒张末压未增加^[4]。冠状动脉血流量增加以维持氧气输送,而长期居住在高海拔地区可能会影响冠状动脉血流,但冠状动脉血流储备得以保持^[15]。由于缺氧对交感神经系统的激活,血压可能略有增加^[15]。

在高海拔环境中进行运动时,儿童的最大摄氧量会减少,这与大气压降低和血液中氧气含量减少有关^[16]。尽管最大心输出量和心率减少,但通过提高心脏的工作效率,心血管系统仍能维持机体的运动能力。儿童在高海拔环境中运动能力的下降幅度与成人相似,表明儿童对高海拔环境的适应性与成人相当^[17-18]。长期暴露于高海拔地区者的心脏结构和功能发生适应性变化,这些变化可能与肺动脉压的增加、交感神经系统的激活以及右心室对后负荷的适应性变化有关^[19]。然而,研究^[18,20]发现高海拔的适应性改变中存在遗传因素的影响,这表明个体对高海拔环境的适应性可能部分是由遗传因素决定的。

儿童 HAPE 的发病机制虽然尚未完全明确,但目前认为涉及多个因素和生理改变的相互作用。在高海拔地区,肺泡内的氧分压下降导致肺血管收缩,肺动脉压升高,这可能导致肺毛细血管的渗透性增加,使得液体从血管漏到肺泡中,肺泡上皮清除液体的速

率下降,形成肺水肿^[4]。肺泡上皮细胞损伤和肺血管内皮细胞功能障碍,影响肺泡表面活性物质的产生和分泌,降低肺泡的稳定性,增加肺水肿的风险。炎症因子、电压门控钾通道和钙通道的功能障碍、NO 合成减少等因素也可能与 HAPE 的发生有关^[21-23]。遗传因素同样可能影响个体对高海拔环境的适应能力,包括对低氧的生理反应和肺水肿的易感性^[13]。此外,上呼吸道感染可能会增加 HAPE 的风险,因为感染可能增加肺血管的通透性^[13]。儿童 HAPE 的发生机制见图 1。



注:IL-1,白细胞介素-1;IL-6,白细胞介素-6;TGF- β ,转化生长因子 β ;TNF- α ,肿瘤坏死因子- α 。

图1 儿童 HAPE 的发生机制

综上所述,儿童在高海拔环境中的生理变化反映了身体为适应环境所做出的努力,但这些变化也可能使儿童更容易出现健康问题,特别是发生 HAPE,年龄越小的儿童受到的影响越大^[17]。了解这些病理生理机制对于预防和治疗高海拔相关的疾病至关重要。

3 儿童 HAPE 的高危因素

多个因素被认为与 AMS 的发生风险有关,包括海拔上升速度^[6]、达到的海拔高度^[8]、在高原暴露的时间、个体的适应性、性别、体重指数、先前是否有过高海拔经历等^[2]。研究^[13]表明,6 ~ 10 岁的儿童 HAPE 的发病率较高。这可能与儿童在这个年龄段的生长发育和活动水平有关。在另一研究^[21]中显示男孩比女孩更容易患上 HAPE,这可能与性激素水平和活动行为的差异有关。此外,具有某些基础健康问题的儿

童,如唐氏综合征、先天性心脏病、阻塞性睡眠呼吸暂停等,可能更容易发展为 HAPE^[24]。快速上升到较高海拔地区,尤其是在没有适当的适应期情况下,可能增加 HAPE 的发生风险^[11]。通常认为,海拔 2 500 m 是 HAPE 风险增加的阈值,但在较低海拔地区也有报告发生 HAPE 的病例。不同地区的儿童 HAPE 发病率可能不同。研究^[13]表明在安第斯山脉地区,由于当地居民和儿童经常在高海拔地区活动,可能存在一定程度的适应性,但同时也可能因为海拔高度频繁变化而增加 HAPE 的风险。高海拔环境对儿童和青少年的睡眠质量^[16]、认知功能和情绪状态有显著影响^[25-26]。短期内,高海拔地区暴露会导致睡眠质量、认知功能下降和负面情绪增加,这些因素也会增加肺水肿的发生概率^[7,27]。

4 儿童 HAPE 的临床表现

儿童 HAPE 的发病在春季最为常见,其次是冬季、夏季和秋季。这种季节性变化可能与假期时间以及呼吸道感染季节有关^[28]。HAPE 有典型的临床表现及体征,包括呼吸困难、干咳、活动耐量下降、心率增快、肺部湿啰音等^[14,29]。但在儿童 HAPE 中,还可能会出现呕吐,而头痛的出现率为 20%。儿童 HAPE 的症状与 AMS 也有更多重叠^[28]。尽管如此,部分儿童可能无法准确描述他们的症状,特别是非常年幼的儿童。HAPE 的类型包括经典 HAPE、再入型 HAPE 和高海拔居民肺水肿。经典 HAPE 发生在低海拔地区居民进入高海拔地区时,而再入型 HAPE 则发生在高海拔地区居民从低海拔地区重新返回至高海拔地区时^[13]。最近的研究和病例报告表明,再入型 HAPE 在儿童中可能比成人更常见,可能因为存在一定遗传因素^[30],且通常与先前的呼吸道感染有关^[13]。儿童的免疫系统仍在发育中,且高海拔地区昼夜温差较大,使儿童对感染的抵抗力下降,感染往往以病毒感染为主,更容易诱发 HAPE^[28]。

儿童 HAPE 的诊断依赖于临床表现、胸部 X 线检查、脉搏血氧饱和度监测及心电图等辅助检查,HAPE 受累主要见于肺尖和右肺。根据病理生理学相关研究,这些区域的缺氧血管收缩较少,因此比血管收缩较明显的区域更容易渗出。出现这一现象可能的原因为右肺面积 > 左肺面积,血流量更大;在肺上叶占优势的情况下,通气血流比例更大,因此肺血管相对收缩更少^[31]。胸部 X 线检查可见片状或弥漫性的模糊影,肺门区域出现浸润性改变。水肿多发生于肺上叶,尤其是右肺,表现为小的、散在的或融合的浸润影,可能涉及肺泡和肺间质,肺外缘可能出现线状或

带状的浸润影。与心源性肺水肿不同,HAPE 患者的心脏轮廓通常保持清晰,没有心脏增大的迹象^[31]。但 HAPE 常被误诊为肺炎或哮喘。脉搏血氧饱和度监测可以无创检测血氧饱和度,儿童接受程度高,如果血氧饱和度与所处地区的海拔高度不成比例的降低,则可快速确认存在低氧血症^[4]。心电图是一种简单无创的检查,HAPE 的心电图有自身特异性表现。由于低氧环境,身体为了补偿氧气供应不足,可能会导致心率增加。肺血管在缺氧的情况下收缩,肺动脉压增加,右心室负荷增大,从而使电轴右偏。右胸导联 QRS 波群的振幅增加,T 波倒置或低平,甚至由于心肌缺血或应激出现多个导联 ST 段抬高或压低。在某些特殊情况下,会出现 P 波振幅的增加,这与右心房负荷增加有关。在严重的情况下,心电图可能会出现心律失常,如室性期前收缩、房性期前收缩,甚至心房颤动等^[32-33]。由于儿童可能无法准确描述自己的症状,家长和监护人应密切观察儿童在高海拔环境中的行为和健康状况。如果怀疑儿童出现 HAPE 的症状,应立即降低海拔高度并寻求医疗帮助。早期识别和治疗对于预防病情恶化至关重要。此外,在儿童 HAPE 患者中有新发现的结构性心脏病,如卵圆孔未闭和房间隔缺损,这在成人中是不常见的^[28]。遗憾的是目前针对儿童尚没有 HAPE 的诊断标准,故目前只能采用成人的标准。

5 儿童 HAPE 的治疗

儿童 HAPE 的治疗原则与成人 HAPE 的治疗相似,但需要考虑到儿童的特殊生理特点和药物剂量的调整。针对儿童 HAPE 的治疗,应尽快将儿童带到较低海拔地区,海拔高度至少下降 1 000 m 或直到症状缓解,这是最关键和最有效的治疗方法。在下降过程中,应给予儿童足够的氧气以维持血氧饱和度在 90% 以上。在药物治疗方面,可以选择尼非地平,它是一种钙通道阻滞剂,可以降低肺动脉压,减轻肺水肿。儿童的剂量通常是成人剂量的 1/2 ~ 2/3。在无法获取尼非地平或海拔高度无法下降的情况下,可以考虑磷酸二酯酶抑制剂(如他达拉非或西地那非),但这些药物在儿童中的使用目前需要更多的临床数据支持。在治疗过程中,应密切监测儿童的生命体征、血氧饱和度和症状变化。需要提供适量的水分和保持体内电解质的稳定,注意观察是否有脱水的迹象^[4]。目前不推荐使用呋塞米,因其可能进一步导致血流量下降,通气血流比例失调,加重低氧血症^[22,28]。儿童 HAPE 诊疗流程见图 2。

儿童 HAPE 死亡率相对较低,为 1.4%。如果早

期识别 HAPE 并使用氧气治疗,预后良好。在医疗资源充足的高海拔城市,没有必要下降海拔高度,在接受适当治疗后,24~48 h 内可以看到 HAPE 明显缓解。但是,如果患者没有得到适当的诊断和治疗,偏远地区的 HAPE 死亡人数可能会增加^[13]。

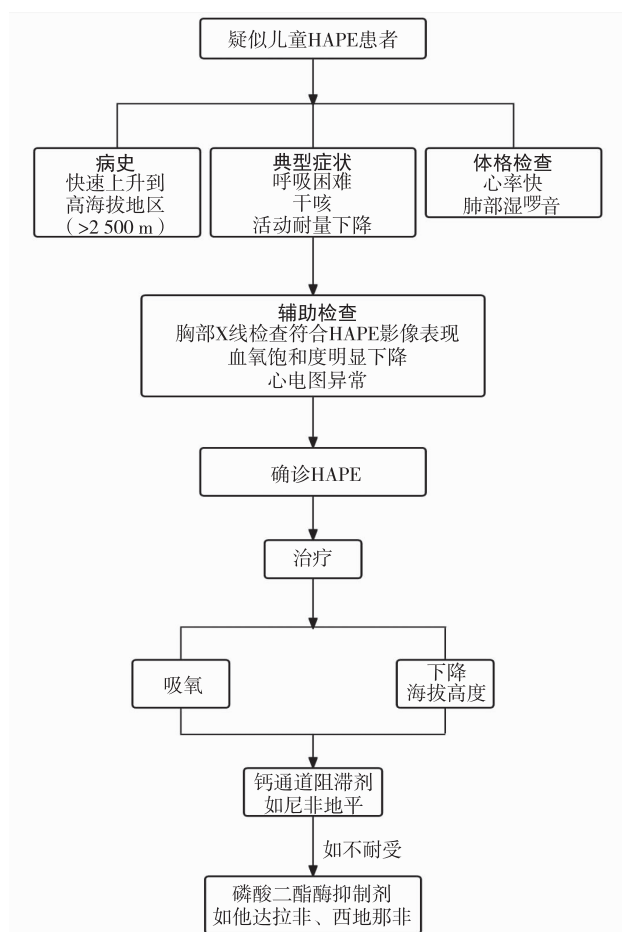


图2 儿童 HAPE 诊疗流程图

6 儿童 HAPE 的预防

儿童 HAPE 的预防需要特别注意,因为儿童可能无法清晰地表达自己的感受,且他们的生理反应可能与成人不同^[27]。应该遵循逐步上升的原则,每天海拔高度上升不超过 300~500 m。在上升到新的海拔高度之前,确保儿童有足够的时间进行海拔适应。在海拔 3 000 m 以上,特别要注意适应期的时长。在高海拔地区,应限制儿童的体力活动,避免剧烈的运动,以减少身体对氧气的需求。并且确保儿童有足够的水分摄入,因为脱水可能会加剧 AMS 的症状,鼓励儿童经常饮水,尤其是在活动后^[14]。由于儿童代谢率较高,与成人相比需要更多的能量,饮食上要提供营养丰富、易于消化的食物,以维持儿童的能量水平和整体健康。保持儿童体温适宜,避免过冷或过热,因为极端温度可能会影响身体的适应能力。限制或避免儿童摄入酒精和咖啡因,因为这些物质可能会干扰正

常的睡眠模式和呼吸^[21,23]。对于有 HAPE 风险的儿童,医生可能会建议使用预防性药物,如乙酰唑胺等^[2-3,22,24]。由于儿童可能无法准确描述自己的感受,成人应密切观察儿童的行为和活动水平,寻找 HAPE 的早期迹象,如呼吸困难、干咳等。有必要向儿童解释高海拔环境可能带来的身体变化,教他们识别 HAPE 的症状,并鼓励他们在感觉不适时及时告知成人^[19,29]。如果儿童出现 HAPE 症状,应立即准备下降到较低海拔并寻求医疗帮助。在计划前往高海拔地区旅行前,应咨询医生,特别是当儿童有既往病史或特殊健康需求时。

7 结论

总而言之,儿童在高海拔地区活动时,由于生理和解剖特点,他们可能比成人更容易受到 AMS 的影响,进而发展为 HAPE。儿童的心血管系统对高海拔环境的适应性变化是复杂的,这些变化虽然有助于维持氧气供应,但也可能使儿童更容易受到 HAPE 的威胁。HAPE 的发病机制涉及多个因素,这些因素的相互作用增加了儿童在高海拔地区发生 HAPE 的风险。

针对这些风险,需要采取一系列预防措施,包括合理规划上升速度和海拔高度、确保充分的海拔适应期、限制儿童在高海拔地区的体力活动、保证充足的水分和营养摄入、维持适宜的体温、避免摄入酒精和咖啡因等。此外,成人的监督和及时识别 AMS 的早期症状对于预防 HAPE 至关重要。

最后,对于有特殊健康需求或既往病史的儿童,在计划进行高海拔活动前应咨询医生,必要时采取预防性药物治疗。通过这些综合性的预防和干预措施,可以最大限度地降低儿童在高海拔地区发生 HAPE 的风险,保障他们的健康和安全。未来的研究应进一步探索儿童 HAPE 的发病机制和预防策略,以便为高海拔地区的儿童活动提供更有力的科学支持。

参考文献

- [1] Santos-Martínez LE, Gómez-Tejada RA, Murillo-Jauregui CX, et al. [Chronic exposure to altitude. Clinical characteristics and diagnosis][J]. *Arch Cardiol Mex*, 2021, 91(4):500-507.
- [2] Luo Y, Yang X, Gao Y. Strategies for the prevention of acute mountain sickness and treatment for large groups making a rapid ascent in China[J]. *Int J Cardiol*, 2013, 169(2):97-100.
- [3] Gudbjartsson T, Sigurdsson E, Gottfredsson M, et al. [High altitude illness and related diseases—A review][J]. *Laeknabladid*, 2019, 105(11):499-507.
- [4] Luks AM, Beidleman BA, Freer L, et al. Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for the Prevention, Diagnosis, and Treatment of Acute Altitude Illness: 2024 Update [J]. *Wilderness Environ Med*, 2024, 35(1-suppl):2S-19S.
- [5] Yaron M, Niermeyer S, Lindgren KN, et al. Evaluation of diagnostic criteria and incidence of acute mountain sickness in preverbal children [J]. *Wilderness*

- Environ Med, 2002, 13(1): 21-26.
- [6] Pradhan S, Yadav S, Neupane P, et al. Acute mountain sickness in children at 4380 meters in the Himalayas [J]. Wilderness Environ Med, 2009, 20(4): 359-363.
- [7] Theis MK, Honigman B, Yip R, et al. Acute mountain sickness in children at 2835 meters [J]. Am J Dis Child, 1993, 147(2): 143-145.
- [8] Dallimore J, Rowbotham EC. Incidence of acute mountain sickness in adolescents [J]. Wilderness Environ Med, 2009, 20(3): 221-224.
- [9] Moraga FA, Pedreros CP, Rodríguez CE. Acute mountain sickness in children and their parents after rapid ascent to 3500 m (Putre, Chile) [J]. Wilderness Environ Med, 2008, 19(4): 287-292.
- [10] Chan CW, Lin YC, Chiu YH, et al. Incidence and risk factors associated with acute mountain sickness in children trekking on Jade Mountain, Taiwan [J]. J Travel Med, 2016, 23(1): tav008.
- [11] Bloch J, Duplain H, Rimoldi SF, et al. Prevalence and time course of acute mountain sickness in older children and adolescents after rapid ascent to 3450 meters [J]. Pediatrics, 2009, 123(1): 1-5.
- [12] Rexhaj E, Garcin S, Rimoldi SF, et al. Reproducibility of acute mountain sickness in children and adults: a prospective study [J]. Pediatrics, 2011, 127(6): e1445-e1448.
- [13] Ucrós S, Aparicio C, Castro-Rodriguez JA, et al. High altitude pulmonary edema in children: a systematic review [J]. Pediatr Pulmonol, 2023, 58(4): 1059-1067.
- [14] Rieger M, Algaze I, Rodriguez-Vasquez A, et al. Kids with altitude: acute mountain sickness and changes in body mass and total body water in children travelling to 3800 m [J]. Wilderness Environ Med, 2022, 33(1): 33-42.
- [15] Hurtado A, Escudero E, Pando J, et al. Cardiovascular and renal effects of chronic exposure to high altitude [J]. Nephrol Dial Transplant, 2012, 27(suppl 4): iv11-iv16.
- [16] Ostadal B, Kolar F. Cardiac adaptation to chronic high-altitude hypoxia: beneficial and adverse effects [J]. Respir Physiol Neurobiol, 2007, 158(2-3): 224-236.
- [17] Kriemler S, Radtke T, Bürgi F, et al. Short-term cardiorespiratory adaptation to high altitude in children compared with adults [J]. Scand J Med Sci Sports, 2016, 26(2): 147-155.
- [18] Lang M, Vizcaíno-Muñoz G, Jopia P, et al. Physiological responses at rest and exercise to high altitude in lowland children and adolescents [J]. Life (Basel), 2021, 11(10): 1009.
- [19] Naeije R. Physiological adaptation of the cardiovascular system to high altitude [J]. Prog Cardiovasc Dis, 2010, 52(6): 456-466.
- [20] Yaron M, Niermeyer S, Lindgren KN, et al. Physiologic response to moderate altitude exposure among infants and young children [J]. High Alt Med Biol, 2003, 4(1): 53-59.
- [21] Garlick V, O'Connor A, Shubkin CD. High-altitude illness in the pediatric population: a review of the literature on prevention and treatment [J]. Curr Opin Pediatr, 2017, 29(4): 503-509.
- [22] Basnyat B, Gertsch JH, Holck PS, et al. Acetazolamide 125 mg BD is not significantly different from 375 mg BD in the prevention of acute mountain sickness: the prophylactic acetazolamide dosage comparison for efficacy (PACE) trial [J]. High Alt Med Biol, 2006, 7(1): 17-27.
- [23] Scherrer U, Rexhaj E, Jayet PY, et al. New insights in the pathogenesis of high-altitude pulmonary edema [J]. Prog Cardiovasc Dis, 2010, 52(6): 485-492.
- [24] Asseri AA, Asiri IA, Alwabel HH, et al. Severe acute reentry high altitude pulmonary edema in pediatric patients: report of three cases and literature review [J]. Turk J Pediatr, 2022, 64(2): 400-407.
- [25] Rimoldi SF, Rexhaj E, Duplain H, et al. Acute and chronic altitude-induced cognitive dysfunction in children and adolescents [J]. J Pediatr, 2016, 169: 238-243.
- [26] Chao CC, Chen LH, Lin YC, et al. Impact of a 3-day high-altitude trek on Xue Mountain (3886 m), Taiwan, on the emotional states of children: a prospective observational study [J]. High Alt Med Biol, 2019, 20(1): 28-34.
- [27] Cheng FY, Jeng MJ, Lin YC, et al. Incidence and severity of acute mountain sickness and associated symptoms in children trekking on Xue Mountain, Taiwan [J]. PLoS One, 2017, 12(8): e0183207.
- [28] Giesenhausen AM, Ivy DD, Brinton JT, et al. High altitude pulmonary edema in children: a single referral center evaluation [J]. J Pediatr, 2019, 210: 106-111.
- [29] Southard A, Niermeyer S, Yaron M. Language used in Lake Louise Scoring System underestimates symptoms of acute mountain sickness in 4- to 11-year-old children [J]. High Alt Med Biol, 2007, 8(2): 124-130.
- [30] Eichstaedt CA, Mairbäurl H, Song J, et al. Genetic predisposition to high-altitude pulmonary edema [J]. High Alt Med Biol, 2020, 21(1): 28-36.
- [31] Kelly TD, Meier M, Weinman JP, et al. High-altitude pulmonary edema in Colorado children: a cross-sectional survey and retrospective review [J]. High Alt Med Biol, 2022, 23(2): 119-124.
- [32] Coustet B, Lhuissier FJ, Vincent R, et al. Electrocardiographic changes during exercise in acute hypoxia and susceptibility to severe high-altitude illnesses [J]. Circulation, 2015, 131(9): 786-794.
- [33] Ramchandani R, Zhou Z, Parodi JB, et al. A systematic review of electrocardiographic changes in populations temporarily ascending to high altitudes [J]. Curr Probl Cardiol, 2023, 48(5): 101630.

收稿日期: 2024-03-31