

• 综 述 •

气象因素对脑血管疾病影响的研究进展

彭柳青¹综述,李才明^{2△}审校(1. 广东医科大学第一临床医学院,广东 湛江 524000;2. 广东医科大学
惠州市第一临床医学院,广东 惠州 516000)

[摘要] 脑血管疾病是导致人类残疾和死亡的主要原因之一,严重威胁着我国人民的生命和健康。除了常见的危险因素外,气象因素(气温、大气压力、湿度、风速)也是引起脑血管疾病的危险因素。气象因素通过复杂的病理、生理途径,以及外源和内生性机制增加对脑血管疾病的直接和间接风险。该文对各种气象因素与脑血管疾病之间的关系进行综述,并进一步阐述其发病机制,旨在为脑血管疾病高风险人群提供更多的预防措施,并为公共卫生政策的制定提供支持,最终减轻脑血管疾病带来的医疗和经济负担。

[关键词] 脑血管疾病; 温度; 大气压力; 湿度; 风速; 气象因素

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.01.026 **中图法分类号:**R743

文章编号:1009-5519(2024)01-0132-05 **文献标识码:**A

Research progress on influence of meteorological factors on cerebrovascular diseases

PENG Liuqing¹, LI Caiming^{2△}(1. First Clinical Medical College of Guangdong Medical University, Zhanjiang, Guangdong
524000, China; 2. Huizhou First Clinical Medical College, Guangdong
Medical University, Huizhou, Guangdong 516000, China)

[Abstract] Cerebrovascular diseases are one of the main causes of disability and death among the inhabitants in our country and seriously threaten their lives and health. In addition to common risk factors, the meteorological factors (air temperature, atmospheric pressure, humidity, wind speed) are also the risk factors causing cerebrovascular diseases. Meteorological factors increase the direct and indirect risk of cerebrovascular diseases through complex pathophysiological pathways, as well as exogenous and endogenous mechanisms. This article reviews the relationship between various meteorological factors and cerebrovascular diseases, and further elaborates their pathogenesis, aiming to provide more preventive measures for the high risk population, support for the formulation of public health policies, and ultimately reduce the medical and economic burden caused by cerebrovascular diseases.

[Key words] Cerebrovascular disease; Temperature; Atmospheric pressure; Humidity; Wind velocity; Meteorological factor

脑血管疾病是脑血管病变导致脑功能障碍一类疾病的总称,其具有致死率高、致残率高及预后差的特点^[1]。据《中国心血管健康与疾病报告 2021 概要》^[2]显示,我国居民脑血管疾病死亡率为 149.56/10 万,占总死亡人数的 22.17%,在所有死亡原因中,脑血管疾病位列恶性肿瘤(162.46/10 万)和心脏病(160.26/10 万)之后,为死因顺位的第 3 位,其中脑卒中为脑血管疾病的主要临床类型;自 2004 年以来,缺血性脑卒中和出血性脑卒中次均住院费用的年均增长速度分别为 1.29% 和 4.59%。由此可见脑血管疾病是危害我国人民健康的主要疾病之一,给社会和居民带来了沉重的经济负担。有研究表明,脑血管疾病除了与遗传因素等内在因素有关外,与自然因素、环境因素、疾病因素、社会因素及生活方式等外在因素

也显著相关,其中气象因素在脑血管疾病和事件发生的风险中发挥一定作用^[3-4]。因此,本文系统、全面地描述了各种气象因素(气温、大气压力、湿度、风速)对脑血管疾病的影响,以及探讨各种气象因素导致脑血管疾病的机制,有助于制订出具有指导性、针对性的预防策略与措施,从而降低各种气象因素在脑血管疾病中的诱发作用,减少脑血管疾病等不良事件的发生和医疗资源的使用。

1 各种气象因素对脑血管疾病的影响

1.1 气温对脑血管疾病的影响

1.1.1 高温对脑血管疾病的影响 有研究发现,热暴露被认为与脑血管疾病死亡风险增加有关^[5]。有研究总结了我国热、冷暴露对死亡率影响的证据,发现温度超过参考点每升高 1℃,脑血管疾病病死率增

加 2% [相对风险 (RR) = 1.02; 95% 可信区间 (95% CI): 1.02 ~ 1.03] [6]。一项以色列的全国性研究表明, 较高的环境温度可能与随后几天脑血管事件的风险增加有关 [7]。另外有一项研究考察了中国、日本和韩国的 22 个东亚城市高温和脑卒中死亡率的关联, 并进一步预测了各种气候变化情景下高温导致的死亡负担; 研究结果显示, 3 个东亚国家的暴露-反应曲线均为“J”形, 表明热暴露与脑卒中死亡风险之间存在显著相关, 并且预计会在 21 世纪导致不断增加的死亡率负担, 特别是在所有气候变化情景下, 中国将承受比日本和韩国更重的负担 [8]。

1.1.2 低温对脑血管疾病的影响 有研究显示, 低温与脑血管疾病之间存在显著关联, 其住院率和住院死亡率高峰在气温较低的冬季, 而夏季最低 [9]。一项荟萃分析结果显示, 温度超过参考点每降低 1℃, 脑血管疾病死亡率增加 3% (RR = 1.03; 95% CI 1.02 ~ 1.04) [6]。在日本岐阜县的一项研究中, 研究人员探讨了气温参数与死亡人数之间的关系, 结果显示, 1 月份 (日本最寒冷的冬季) 因脑血管疾病而死亡的人数最多, 简单的相关分析也表明, 气温参数与脑血管疾病呈显著负相关 (P < 0.05), 因此较低的气温可能与脑血管疾病死亡人数增加有关 [10]。一项巴西圣保罗市的研究结果表明, 日平均气温与脑卒中死亡率有关, 相对风险因年龄和性别而异, 该研究发现, 较低的温度 (低于 15℃) 时脑卒中死亡率高于较高的温度 (高于 22℃), 差异有统计学意义 (P < 0.05) [11]。在一项葡萄牙里斯本地区低温和高温效应对脑血管死亡率的时间差和影响的研究中, 研究人员发现了温度对脑血管疾病死亡率的非线性影响, 里斯本地区冬季死于脑血管疾病的概率比夏季高 7% [12]。

1.1.3 极端温度对脑血管疾病的影响 一项研究分析了 1996—2017 年巴西 5 个地区的 10 个微区域的脑血管疾病死亡率与极端气温之间的关系, 研究结果显示, 巴西 5 个地区的极端高温和极端低温均与脑血管疾病死亡风险增加有关, 其中相对极端低温风险最高的是玛瑙斯 (RR = 1.53; 95% CI 1.2 ~ 1.91) 和坎波格兰德 (RR = 1.52; 95% CI 1.18 ~ 1.94), 而相对极端高温风险最高的是玛瑙斯 (RR = 1.75; 95% CI 1.35 ~ 2.26) 和巴西利亚 (RR = 1.36; 95% CI 1.15 ~ 1.60) [13]。有研究发现, 浙江省台州市温度与脑血管疾病死亡率的关联曲线呈“U”形, 低温临界值为 12℃, 高温临界值分别为 25℃, 极端高温和低温均与台州市脑血管疾病死亡率增加有关 [14]。有研究显示, 就 22℃ 的最低死亡温度阈值而言, 累积暴露于 7.3℃ 的极端低温 30 d (第一百分位) 存在严重的死亡风险 (RR = 2.09, 95% CI 1.74 ~ 2.51); 同样, 暴露在 30℃ 极端高温下 30 d (第 99 百分位) 的累积效应比当天暴露高 52% (RR = 1.65, 95% CI 1.37 ~ 1.98) [12]。

1.1.4 气温变化对脑血管疾病的影响 许多研究使用不同的气象指标来检验气候与人类健康之间的关系, 如平均温度、温度日较差或环境温度 [15-17]。其中温度日较差是指日最高气温和最低气温之间的差值, 是与全球气候变化和天气变化有关的重要气象指标。有一项甘肃省的研究显示, 高温日较差 (19℃) 和低温日较差 (3℃) 均与脑血管疾病住院率显著相关 (P < 0.05) [18]。另外一项中国的研究发现, 温度日较差每升高 1℃, 在总日、热日和冷日的滞后 0 ~ 10 d 内, 脑卒中死亡率分别增加 0.66% (95% CI 0.28 ~ 1.05%)、0.12% (95% CI -0.26% ~ -0.51%) 和 0.67% (95% CI 0.26 ~ 1.07), 温度日较差对中国各城市脑卒中死亡风险有显著影响 [19]。

1.2 大气压力对脑血管疾病的影响 一项中国的研究发现, 天津城区缺血性卒中发病与气压 (均值、最小值) 呈显著正相关 (P < 0.05) [20]。有一项美国的研究揭示了天气参数与脑卒中入院之间的相关性, 结果表明, 低气压与缺血性脑卒中住院人数增加有关 [21]。有研究评估了韩国每日气象参数与急性脑卒中发病率之间的关系, 结果显示, 大气压力的日变化与缺血性脑卒中的发病率显著相关, 且在不同年龄组中相关性呈相反方向 (年龄 < 65 岁, RR = 1.051, 95% CI 1.011 ~ 1.092; 年龄 ≥ 65 岁, RR = 0.966, 95% CI 0.936 ~ 0.997) [22]。

1.3 湿度对脑血管疾病的影响 有研究人员观察到欧洲东南部地区脑卒中发病率与相对空气湿度呈负相关 (P < 0.05) [23]。一项针对巴黎地区气象因素与脑卒中之间关系的研究结果显示, 湿度每增加 10%, 脑卒中的额外相对风险 (ERR) 为 3.93% (95% CI 1.42 ~ 6.51, P < 0.002), 表明短期暴露在高湿度环境中与脑卒中的相对风险显著增加有关 [24]。

1.4 风速对脑血管疾病的影响 有一项研究旨在确定部分气象因素对立陶宛考纳斯中年人群急性脑血管事件发生的影响, 其研究结果显示, 在风速较高的日子里, 一组老年受试者急性脑血管事件发生的风险会增加 [25]。在一项分析风相关变量与急性脑血管意外发生之间关系的研究中, 相关性分析结果显示, 风速、日风速范围和风寒分别为 [比值比 (OR) = 1.18, 95% CI 1.06 ~ 1.31]、(OR = 1.08, 95% CI 1.02 ~ 1.14) 和 (OR = 1.22, 95% CI 1.07 ~ 1.39), 表明韩国济州岛发生急性脑血管意外事件的风险与风速、日风速范围和风寒有关 [26]。

2 各种气象因素对脑血管疾病影响的机制

2.1 气温因素对脑血管疾病影响的机制 以往的研究显示高血压为脑血管疾病的风险因素 [4]。低温可使血压升高, 一方面, 低温致使血管收缩相关分子上调, 包括肾上腺素、去甲肾上腺素和肾素, 这些分子会诱导外周血管收缩, 增加外周血管阻力, 并升高血压; 另一方面, 寒冷暴露可能通过激活 L 型钙通道、氧化

应激,从而升高血压;此外,低温会导致血管舒张分子的产生减少,包括一氧化氮,从而导致血压升高,继而导致脑血管疾病的风险增加^[27-28]。有研究表明,寒冷会引起脑血管危险因素(高血压、高血糖、高血脂症、心房颤动)的季节性波动,并且这些危险因素在冬季的控制率较低,是脑血管疾病发生的机制之一;此外,交感神经系统和肾素-血管紧张素系统的激活及其下游信号通路(促炎性血管紧张素Ⅱ、基质金属蛋白酶-9 及其抑制剂 TIMP-1 之间失衡、活化的血小板和功能失调的免疫细胞)也是导致脑血管疾病的主要原因^[29-30]。

当暴露于高温环境中时,身体需要通过出汗来增加热量扩散,可能会引起脱水,脱水可能导致血浆容量减少、血液黏稠度增加和血压下降,从而增加脑血管意外事件发生的风险^[31]。有研究表明,暴露于热浪中患者的凝血酶时间和活化部分凝血酶时间缩短,极高的温度会影响凝血系统并增加纤维蛋白溶解,即暴露于高温可能会缩短活化部分凝血酶时间,使机体处于高凝状态,进而诱发脑血管意外事件发生^[32]。表明高温会导致脱水和血液黏度增加,从而增加脑血管不良事件的风险。

当温度变化突然而剧烈时,人们可能会出现体温调节困难^[33]。温度变化可能引发动脉粥样硬化血栓事件,并可能导致血管收缩或痉挛,以及血小板黏稠度、血压、血胆固醇水平和血浆纤维蛋白原浓度的变化,这些因素可能导致脑内血栓形成,局部血液循环障碍,脑缺血、缺氧及脑血管破裂,最终导致脑血管意外事件的发生,此外,温度变化还会增加血液中儿茶酚胺和纤溶参数的水平,从而刺激交感神经系统并导致脑血管意外事件^[34]。

2.2 大气压力对脑血管疾病影响的机制 大气压力可能通过触发内源性炎症和改变内皮功能直接影响血管壁,也可能通过对动脉粥样硬化斑块施加压力而导致斑块破裂^[20-21],从而诱发急性脑血管意外的发生。也有研究认为其潜在的机制可能是由于大气压力的改变而导致血压升高,从而引起脑血管疾病的发生^[35]。

2.3 湿度对脑血管疾病影响的机制 极低相对湿度环境可能会导致脱水,而高湿度环境可能会打破人体的热平衡,导致体内热量不断累积,身体脱水和核心温度升高会对脑血管系统产生不利影响^[36]。湿度可能通过激活氧化应激和介导炎症指标的分泌而参与动脉粥样硬化的发展,同时,氧化应激诱导的血小板活化会刺激血栓形成,从而增加老年人的脑血管风险^[37]。

2.4 风速对脑血管疾病影响的机制 有研究表明,与风有关的变量可能是急性脑血管意外事件发生的风险因素,也可能作为修饰因子增强其他气象因素对脑血管疾病的影响;在大风地区,人们在日常活动中

可能会经常暴露在大气压力的剧烈变化中,而大气压力的变化可能会通过不稳定斑块的破裂导致急性脑血管意外事件的发生,此外,强风增强了低温的影响,进而增加急性脑血管意外事件的风险^[26]。

3 预防措施

改变生活方式是预防脑血管疾病的基石。有研究表明,增加健康行为的数量和坚持健康行为(均衡的饮食模式、适度的体育活动、禁烟和避免体重增加)可以显著降低脑血管疾病发生的风险^[38]。综合对高血糖、高血压和血脂异常的控制,对预防大血管(脑、心脏和外周血管)疾病最为有益^[39]。针对气象因素所采取的预防措施,有研究人员指出世界各地气象局和脑卒中中心可进行有效合作,并协助政府建立可信的天气预警系统,为脑血管疾病高风险人群提供及时有效的天气广播和相应的防护措施,以及持续优化和改善城市和农村居民的供暖、供冷系统,最终减少因寒冷和炎热天气增加的脑血管疾病负担^[20,40]。此外,与统一卫生系统有关的卫生单位、私人及补充系统必须做好准备,以便在因急性脑血管意外事件而出现医院紧急情况时立即提供援助,及时提供援助可以防止死亡或后遗症^[41]。

4 小结与展望

传统的脑血管危险因素有吸烟、饮酒、高血压、高血糖、血脂异常和肥胖等,这些传统的危险因素是解释脑血管疾病病因的基础。国内外研究人员发现环境温度、极端天气、大气压、相对湿度、风速等气象因素可以诱发脑血管疾病。气象因素对脑血管疾病发病率的影响是复杂且难以研究的,此外,使用地方和国家数据库对气象变量的测量不一定等同于个别患者所暴露的条件。空调和供暖系统等因素,以及天气对行为因素的直接影响,如酒精摄入和活动水平,本身就可能影响脑血管疾病的发病率,是关键的混杂因素,在回顾性分析中几乎不可能调整这些因素。因此,需要进行良好的前瞻性研究来阐明气象因素与脑血管疾病之间的关系。

到目前为止,气象和脑血管疾病之间病理生理联系暂不明确。因此,有必要进行进一步的研究,重点解释各种气象因素对脑血管疾病的具体机制,这可以提高研究人员对脑血管疾病风险因素和触发因素的认识,可以快速识别高风险状况和人群,提供有针对性的建议,制定预防或医疗护理策略,以降低脑血管疾病的发生率。

参考文献

[1] YAN F, YAN S, WANG J, et al. Association between triglyceride glucose index and risk of cerebrovascular disease: Systematic review and meta-analysis[J]. Cardiovasc Diabetol, 2022, 21 (1): 226.

- [2] 国家心血管病中心. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(6): 553-578.
- [3] 张楠, 侯斌, 乔丽, 等. 气象因素对心脑血管疾病影响的研究概况[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2018, 16(9): 1193-1196.
- [4] 牛君义. 心脑血管疾病流行概况及主要影响因素[J/CD]. 中西医结合心脑血管病电子杂志, 2019, 7(32): 15.
- [5] SONG X, WANG S, HU Y, et al. Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: An overview of reviews[J]. *Sci Total Environ*, 2017, 586: 241-254.
- [6] LUO Q, LI S, GUO Y, et al. A systematic review and meta-analysis of the association between daily mean temperature and mortality in China[J]. *Environ Res*, 2019, 173: 281-299.
- [7] VERED S, PAZ S, NEGEV M, et al. High ambient temperature in summer and risk of stroke or transient ischemic attack: A national study in Israel[J]. *Environ Res*, 2020, 187: 109678.
- [8] ZHOU L, HE C, KIM H, et al. The burden of heat-related stroke mortality under climate change scenarios in 22 East Asian cities[J]. *Environ Int*, 2022, 170: 107602.
- [9] POZNANSKA A, WOJTYNIAK B, CHWOJNICKI K, et al. Cerebrovascular diseases in Poland-inconsistent seasonal patterns of hospitalisation and mortality[J]. *Eur J Public Health*, 2018, 28(2): 376-381.
- [10] BANDO M, MIYATAKE N, KATAOKA H, et al. Relationship between air temperature parameters and the number of deaths stratified by cause in gifu prefecture, Japan[J]. *Healthcare*, 2020, 8(1): 35.
- [11] IKEFUTI P V, BARROZO L V, BRAGA A L F. Mean air temperature as a risk factor for stroke mortality in São Paulo, Brazil[J]. *Int J Biometeorol*, 2018, 62(8): 1535-1542.
- [12] RODRIGUES M, SANTANA P, ROCHA A. Effects of extreme temperatures on cerebrovascular mortality in Lisbon: A distributed lag non-linear model[J]. *Int J Biometeorol*, 2019, 63(4): 549-559.
- [13] MASCARENHAS M S, SILVA D D D, NOGUEIRA M C, et al. The effect of air temperature on mortality from cerebrovascular diseases in Brazil between 1996 and 2017 [J]. *Cien Saude Colet*, 2022, 27(8): 3295-3306.
- [14] 何贤省, 蒋峻. 浙江省台州市极端高温和低温对心脑血管疾病死亡的影响分析[J]. *疾病监测*, 2018, 33(7): 609-613.
- [15] IKEFUTI P V, BARROZO L V, BRAGA A. Mean air temperature as a risk factor for stroke mortality in Sao Paulo, Brazil[J]. *Int J Biometeorol*, 2018, 62(8): 1535-1542.
- [16] LIN Y, MAHARANI A T, CHANG F, et al. Mortality and morbidity associated with ambient temperatures in Taiwan[J]. *Sci Total Environ*, 2019, 651(Pt 1): 210-217.
- [17] PHOSRI A, SIHABUT T, JAIKANLAYA C. Short-term effects of diurnal temperature range on hospital admission in Bangkok, Thailand[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 717: 137202.
- [18] ZHAI G, ZHANG J, ZHANG K, et al. Impact of diurnal temperature range on hospital admissions for cerebrovascular disease among farmers in Northwest China[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 15368.
- [19] YANG J, ZHOU M, LI M, et al. Diurnal temperature range in relation to death from stroke in China[J]. *Environ Res*, 2018, 164: 669-675.
- [20] QI X, WANG Z, XIA X, et al. Potential impacts of meteorological variables on acute ischemic stroke onset[J]. *Risk Manag Healthc Policy*, 2020, 13: 615-621.
- [21] GUAN W, CLAY S J, SLOAN G J, et al. Effects of barometric pressure and temperature on acute ischemic stroke hospitalization in augusta, GA[J]. *Transl Stroke Res*, 2019, 10(3): 259-264.
- [22] LIM J, KWON H, KIM S, et al. Effects of temperature and pressure on acute stroke incidence assessed using a Korean nationwide insurance database[J]. *J Stroke*, 2017, 19(3): 295-303.
- [23] KNEZOVIC M, PINTARIC S, JELAVIC M M, et al. The role of weather conditions and normal level of air pollution in appearance of stroke in the region of Southeast Europe[J]. *Acta Neurologica Belgica*, 2018, 118(2): 267-275.
- [24] HIREL C, BERTON L, PREDA C, et al. Air pollution and humidity as triggering factors for stroke. Results of a 12-year analysis in the West Paris area[J]. *Revue Neurologique*, 2019, 175(10): 614-618.
- [25] TAMASAUSKIENE L, RASTENYTE D, RADISAUSKAS R, et al. Relationship of meteorological factors and stroke mortality in Lithuania[J]. *Environ Res*, 2020, 187: 109678.

logical factors and acute stroke events in Kaunas (Lithuania) in 2000–2010[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2017, 24(10): 9286-9293.

[26] KIM J, YOON K, CHOI J C, et al. The association between wind-related variables and stroke symptom onset: A case-crossover study on Jeju Island[J]. *Environ Res*, 2016, 150: 97-105.

[27] XU D, ZHANG Y, WANG B, et al. Acute effects of temperature exposure on blood pressure: An hourly level panel study[J]. *Environ Int*, 2019, 124: 493-500.

[28] CHEN X, SHANG W, HUANG X, et al. The effect of winter temperature on patients with ischemic stroke[J]. *Med Sci Monit*, 2019, 25: 3839-3845.

[29] SU Y Y, LI H M, YAN Z X, et al. Renin-angiotensin system activation and imbalance of matrix metalloproteinase-9/tissue inhibitor of matrix metalloproteinase-1 in cold-induced stroke[J]. *Life Sci*, 2019, 231: 116563.

[30] CHEN Z, LIU P, XIA X, et al. The underlying mechanisms of cold exposure-induced ischemic stroke [J]. *Sci Total Environ*, 2022, 834: 155514.

[31] MCARTHUR K, DAWSON J, WALTERS M. What is it with the weather and stroke? [J]. *Expert Expert Rev Neurother*, 2014, 10(2): 243-249.

[32] QI X, WANG Z, XIA X, et al. The effects of heatwaves and cold spells on patients admitted with acute ischemic stroke [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(4): 309.

[33] MARTINEZ-NICOLAS A, MEYER M, HUNKLER S, et al. Daytime variation in ambient temperature affects skin temperatures and blood pressure: Ambulatory winter/summer comparison in healthy young women[J]. *Physiol Behav*, 2015, 149: 203-211.

[34] LEI L, BAO J, GUO Y, et al. Effects of diurnal temperature range on first-ever strokes in different seasons: a time-series study in Shenzhen, China[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(11): e33571.

[35] ILLY E, GERSS J, FISCHER B R, et al. Influence of meteorological conditions on the incidence of chronic subdural haematoma, subarachnoid and intracerebral haemorrhages - the “bleeding weather hypothesis”[J]. *Turk Neurosurg*, 2020, 30(6): 892-898.

[36] MEI Y, LI A, ZHAO M, et al. Associations and burdens of relative humidity with cause-specific mortality in three Chinese cities [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2023, 30(2): 3512-3526.

[37] GUO M, ZHOU M, LI B, et al. Reducing indoor relative humidity can improve the circulation and cardiorespiratory health of older people in a cold environment: A field trial conducted in Chongqing, China[J]. *Sci Total Environ*, 2022, 817: 152695.

[38] ZYRIAX B C, WINDLER E. Lifestyle changes to prevent cardio- and cerebrovascular disease at midlife: A systematic review[J]. *Maturitas*, 2023, 167: 60-65.

[39] CAPRIO F Z, SOROND F A. Cerebrovascular disease: Primary and secondary stroke prevention[J]. *Med Clin North Am*, 2019, 103(2): 295-308.

[40] SALAM A, KAMRAN S, BIBI R, et al. Meteorological factors and seasonal stroke rates: A four-year comprehensive study[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28(8): 2324-2331.

[41] MORAES S L D, ALMENDRA R, BARROZO L V. Impact of heat waves and cold spells on cause-specific mortality in the city of São Paulo, Brazil[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2022, 239: 113861.

(收稿日期: 2023-05-12 修回日期: 2023-10-21)