

应用超声分析高原居住时间对急进高海拔人群 视神经鞘直径的影响

张芸芸 杨 登 李新顺 马小婷 张建波

摘要 目的 应用超声测量急进高海拔人群视神经鞘直径(ONSD),并与高原原住居民 ONSD 进行对比分析,探讨急进高海拔人群 ONSD 随高原居住时间的变化规律及其影响因素。**方法** 选取从海拔 1100 m 急进至海拔 3500 m 处高原且居住时间不少于 6 个月的健康志愿者 53 例(试验组)及高原原住居民健康志愿者 137 例(对照组),应用超声测量试验组初到高原时及高原居住 3、6 个月时左、右眼 ONSD,以及对照组左、右眼 ONSD。比较两组男、女性 ONSD,以及试验组不同高原居住时间男、女性 ONSD 的差异。采用简单线性回归分析两组 ONSD 与性别、体质量指数(BMI)、吸烟、体质量、年龄、身高、收缩压、舒张压及脉搏的关系;多元线性回归分析筛选两组 ONSD 的独立影响因素。**结果** 对照组和试验组初到高原时男性左、右眼 ONSD 均大于女性,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);且试验组男性和女性左、右眼 ONSD 均小于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)。随着高原居住时间的延长,试验组男性和女性左、右眼 ONSD 均增大,但女性高原居住 3、6 个月时左、右眼 ONSD 与初到高原时比较差异均无统计学意义;男性高原居住 6 个月时左、右眼 ONSD 与初到高原时比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。对照组和试验组初到高原时男性双眼平均 ONSD 均大于女性,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。简单线性回归分析显示,对照组 ONSD 与性别、BMI、吸烟及体质量均相关(均 $P < 0.01$);试验组 ONSD 与性别、吸烟均相关(均 $P < 0.01$);多元线性回归分析显示,性别为试验组和对照组 ONSD 的共同独立影响因素(均 $P < 0.05$),而 BMI 为对照组 ONSD 的独立影响因素($P = 0.017$)。**结论** 超声可用于评估急进高海拔人群 ONSD;急进高海拔人群 ONSD 较高原原住居民低,其大小随高原居住时间的延长缓慢增加,且高原居住时间对男性 ONSD 的影响较女性大。

关键词 超声检查;视神经鞘;视神经鞘直径;急进高海拔人群

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Effect of residence time in high altitude on the optic nerve sheath diameter in rapid ascent to high altitude people: an ultrasonic analysis

ZHANG Yunyun, YANG Deng, LI Xinshun, MA Xiaoting, ZHANG Jianbo

Department of Ultrasound Diagnosis, the 925th Hospital of PLA, Guiyang 550009, China

ABSTRACT Objective To measure the optic nerve sheath diameter(ONSD) in rapid ascent to high altitude people by ultrasound, and compare with that of native high-altitude residents, to explore the changes and influencing factors of ONSD in rapid ascent to high altitude people with residence time.**Methods** Fifty-three healthy volunteers who rapid ascend from an altitude of 1100 m to an altitude of 3500 meters and stayed for at least 6 months were selected as the experimental group, and 137 native healthy high-altitude residents as the control group. Ultrasound measurements of ONSD in both eyes were taken in the experimental group upon initial arrival, after 3, 6 months of residence at high altitude. Measurements were also taken in both eyes in the control group. ONSD of males and females in both groups were compared, as well as across different high-altitude residence time in the experimental group. Simple linear regression was used to analyze the relationship between ONSD and gender, body mass index (BMI), smoking, weight, age, height, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and pulse in two

基金项目:基础加强计划重点基础研究项目(2019-JCJQ-ZD-141-02-06)

作者单位:550009 贵阳市,中国人民解放军第九二五医院超声诊断科(张芸芸),预防控制科(杨登),院办(李新顺),检验病理科(马小婷);

中国人民解放军南部战区总医院神经外科(张建波)

通讯作者:张建波,Email:ppbo2004@163.com

groups. Multiple linear regression was used to identify the independent influencing factors for ONSD in two groups. **Results** Upon initial arrival, ONSD of males in the control and experimental groups were larger than those of females (all $P < 0.05$), and the ONSD in both eyes of males and females in the experimental group were significantly smaller than those of the control group (all $P < 0.01$). With prolonged high-altitude residence, the ONSD in both eyes increased in males and females in the experimental group. However, for females, there were no significant difference in ONSD at 3, 6 months compared with initial arrival. For males, there were significant differences in ONSD in both eyes at 6 months compared with initial arrival (all $P < 0.05$). Both the control group and newly arrived males in the experimental group had a higher average ONSD than females (both $P < 0.05$). Simple linear regression analysis showed that ONSD in the control group was correlated with gender, BMI, smoking and weight (all $P < 0.01$), while ONSD in the experimental group was correlated with gender and smoking (both $P < 0.01$). Multiple linear regression showed that gender was common independent influencing factor for ONSD in the experimental group and control group, while BMI was an independent influencing factor for ONSD in the control group. **Conclusion** Ultrasound can effectively assess ONSD in rapid ascent to high altitude people. ONSD in these individuals is smaller than that of native high-altitude residents, and it gradually increases with prolonged high-altitude residence. The effect of prolonged high-altitude residence time on ONSD is more pronounced in males than that in females.

KEY WORDS Ultrasonography; Optic nerve sheath; Optic nerve sheath diameter; Rapid ascent to high altitude people

高原脑水肿是一种严重的中枢神经系统疾病,主因从低海拔急进高海拔人群不能适应海拔升高氧含量下降而导致的缺氧事件。临床常表现为头痛、头晕、呕吐、共济失调及意识障碍等症状,若发现不及时或治疗不当可危及生命。高原地形复杂,交通落后,医疗机构设施设备差,县级医院多数尚未开设神经外科,对于神经外科常见病、多发病诊治困难。近年来赴西藏旅游人数超过 5500 万,发生急性高原脑水肿甚至因脑水肿导致死亡等恶性事件常见报道^[1-2];且因维护边境安全,部队驻训、演训次数明显增加,有可能发生高原脑水肿事件,故高原脑水肿防治研究迫在眉睫。脑水肿致颅内压增高,从而发生神经功能障碍。因此,诊断及治疗脑水肿的前提是早期确诊颅内压增高。目前,腰椎穿刺术及颅内压监测是诊断颅内压增高的金标准,但对机体有一定损伤,且颅内压监测仅用于颅内压增高所致的中至重度昏迷患者。超声具有无创、简便、廉价、快速等优点,在诊断脑水肿方面有较高的临床价值。研究^[3-4]显示,超声测量视神经鞘直径(optic nerve sheath diameter, ONSD)增大可早期提示颅内压增高。超声监测视神经鞘技术学习周期短,且设备便携,适合高原条件下使用。本研究应用超声测量 ONSD,并与高原原住民 ONSD 进行对比分析,探讨急进高海拔人群 ONSD 随高原居住时间的变化规律及其影响因素。

资料与方法

一、研究对象

选取 2023 年 7 月至 2024 年 3 月从海拔 1100 m 急

进至海拔 3500 m 高原,且居住时间不少于 6 个月的健康志愿者 53 例(试验组),男 40 例,其中汉族 36 例,土家族、水族、侗族、苗族各 1 例,平均年龄(33.30±8.27)岁,平均身高(172.60±4.81)cm,平均体质量(70.58±7.99)kg,平均体质量指数[BMI,(23.66±2.21)kg/m²],高血压 5 例,近视 16 例,高脂血症 3 例,吸烟 20 例;女 13 例,其中汉族 10 例,苗族、穿青族、彝族各 1 例,平均年龄(31.10±4.37)岁,平均身高(162.3±3.66)cm,平均体质量(54.92±6.22)kg,平均 BMI(20.80±1.84)kg/m²,近视 12 例。另选高原原住居民健康志愿者 137 例(对照组),均为藏族,男 53 例,平均年龄(39.25±14.73)岁,平均身高(171.26±6.71)cm,平均体质量(67.28±9.81)kg,平均体质量指数(22.95±3.29)kg/m²,高血压 8 例,近视 5 例,糖尿病 1 例,吸烟 24 例;女 84 例,平均年龄(46.05±13.25)岁,平均身高(162.08±5.82)cm,平均体质量(57.81±7.99)kg,平均 BMI(21.98±2.57)kg/m²,高血压 26 例,近视 12 例。纳入标准:①年龄 18~70 岁;②无眼部疾病史(如青光眼、白内障等)及外伤史;③能配合完成超声检查。排除标准:使用影响颅内压的药物,以及患眼疾病(如外伤、肿瘤、青光眼、视神经病变及佩戴义眼等)。本研究经我院医学伦理委员会批准(批准号:LB925YY2024-006),所有研究对象均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. ONSD 测量:使用深圳开立生物医疗科技股份有限公司生产的便携式 S7 彩色多普勒超声诊断仪, L742 探头,频率 5.0~14.0 MHz。受检者取仰卧位并闭眼,将探头平行眼睑方向轻置于上眼睑上外侧,于

眼球后方可见一条线性低回声结构即视神经,并可见视神经血流,沿垂直于头骨的轴线于双眼横切面距离高回声的筛板后方 3 mm 处测量 ONSD^[5]。试验组获取初到高原及高原居住 3、6 个月时左、右眼 ONSD,对照组仅测量 1 次左、右眼 ONSD,并计算双眼平均 ONSD。以上操作均由同一具有 18 年工作经验的超声主治医师完成。

2. 一般资料收集:收集所有研究对象性别、身高、体质量、BMI、民族、吸烟史、基础疾病(高血压、高脂血症、糖尿病)、是否近视等,试验组还需收集舒张压、收缩压和脉搏。

三、统计学处理

应用 SPSS 26.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组比较采用非配对 *t* 检验。采用简单线性回归分析两组 ONSD 与性别、BMI、吸烟、体质量、年龄、身高、收缩压、舒张压及脉搏的关系;多元线性回归分析筛选两组 ONSD 的独立影响因素。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组 ONSD 比较

对照组和试验组初到高原时男性左、右眼 ONSD 及双眼平均 ONSD 均大于女性,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05);且试验组男性和女性左、右眼 ONSD 及双眼平均 ONSD 均小于对照组,差异均有统计学意义(均 *P*<0.01)。随着高原居住时间的延长,试验组女性和男性左、右眼 ONSD 均增大,但女性高原居住 3、6 个月时左、右眼 ONSD 与初到高原时比较差异均无统计学意义;男性高原居住 6 个月时左、右眼 ONSD 与初到高原时比较差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。见表 1 和图 1~4。

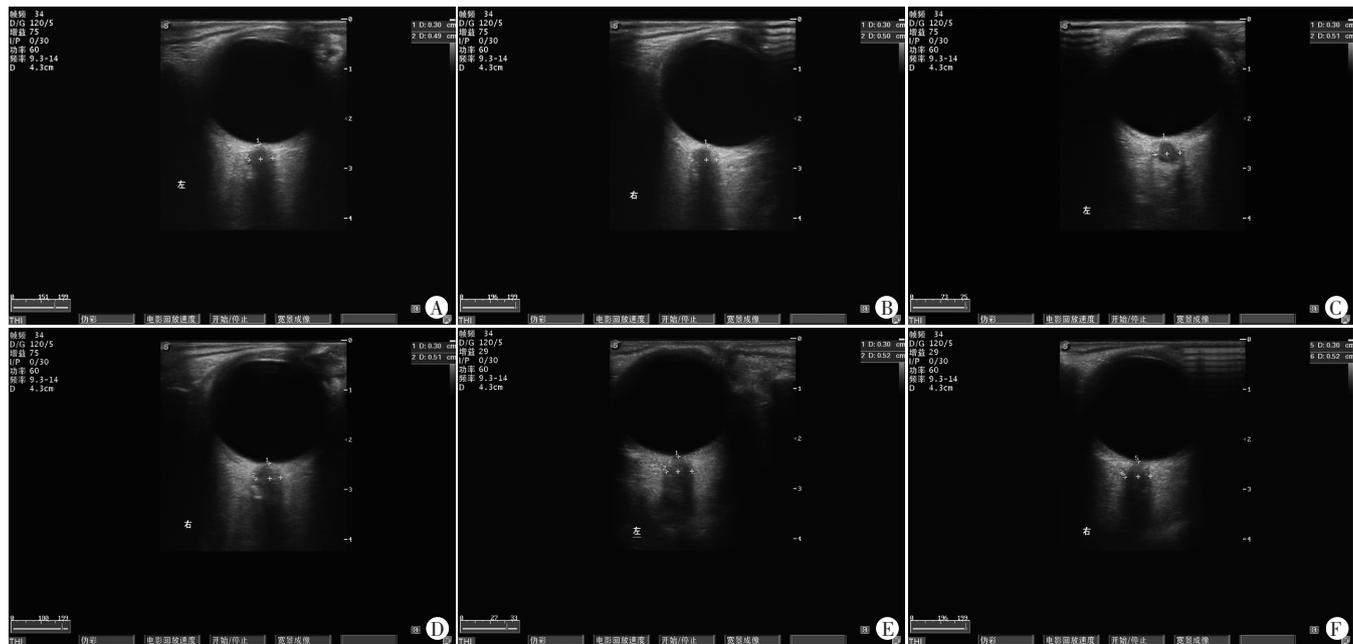
二、ONSD 影响因素分析

简单线性回归分析显示,对照组 ONSD 与性别、BMI、吸烟及体质量均相关(均 *P*<0.01);试验组 ONSD 与性别、吸烟均相关(均 *P*<0.01)。采用多元线性回归

表 1 两组 ONSD 比较

组别	男性			女性		
	左眼	右眼	平均	左眼	右眼	平均
对照组	5.326±0.270 [△]	5.360±0.334 [△]	5.343±0.302 [△]	5.144±0.287	5.183±0.262	5.164±0.275 [△]
试验组						
初到高原	5.038±0.239* [△]	5.045±0.240* [△]	5.041±0.238* [△]	4.846±0.263*	4.838±0.243*	4.842±0.253* [△]
高原居住 3 个月	5.080±0.230* [△]	5.068±0.264* [△]	5.074±0.221* [△]	4.869±0.239*	4.869±0.193*	4.869±0.216*
高原居住 6 个月	5.180±0.264* ^{#△}	5.250±0.284* ^{#△}	5.215±0.274* ^{#△}	4.954±0.207*	4.977±0.262*	4.965±0.235*

与对照组比较,**P*<0.05;与初到高原时比较,#*P*<0.05;与同组或同一时间女性比较,△*P*<0.05



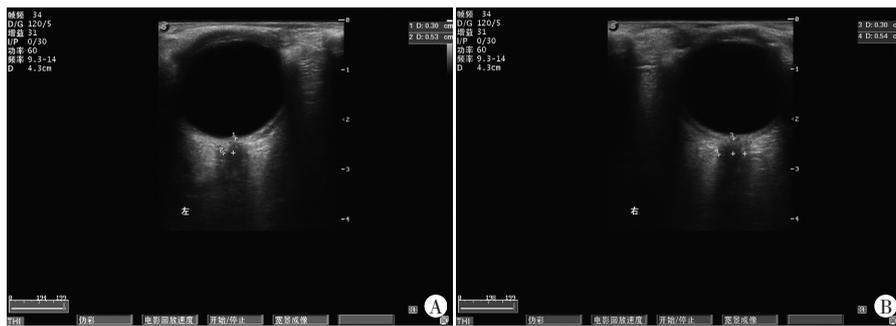
A、B:初到高原时左、右眼 ONSD 分别为 4.9 mm、5.0 mm;C、D:高原居住 3 个月时左、右眼 ONSD 分别为 5.1 mm、5.1 mm;E、F:高原居住 6 个月时左、右眼 ONSD 分别为 5.2 mm、5.2 mm

图 1 试验组一男性健康志愿者(31 岁)初到高原及高原居住 3、6 个月时左、右眼超声图像



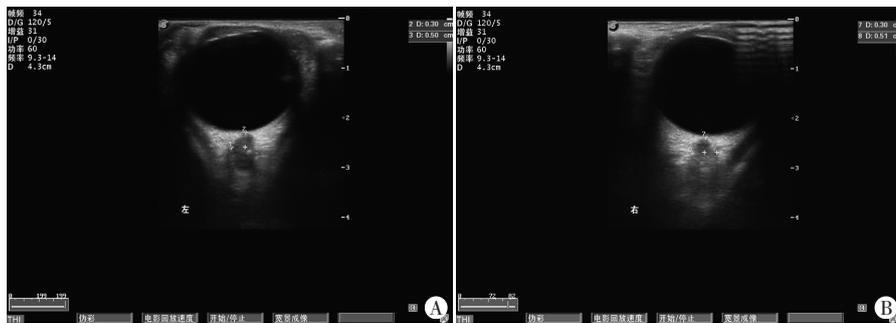
A、B:初到高原时左、右眼 ONSD 分别为 4.6 mm、4.6 mm;C、D:高原居住 3 个月时左、右眼 ONSD 分别为 4.5 mm、4.6 mm;E、F:高原居住 6 个月时左、右眼 ONSD 分别为 4.5 mm、4.5 mm

图 2 试验组一女性健康志愿者(30岁)初到高原及高原居住 3、6 个月时左、右眼超声图像



A:左眼 ONSD 为 5.3 mm;B:右眼 ONSD 为 5.4 mm

图 3 对照组一男性健康志愿者(58岁)左、右眼超声图像



A:左眼 ONSD 为 5.0 mm;B:右眼 ONSD 为 5.1 mm

图 4 对照组一女性健康志愿者(39岁)左、右眼超声图像

分析显示,性别为对照组和试验组 ONSD 的共同独立影响因素,而 BMI 为对照组 ONSD 的独立影响因素。见表 2,3。

讨 论

高原脑水肿是一种严重的地域性中枢神经系统

疾病,可致颅内压增高,发生神经功能障碍,若不及时诊治常导致患者病情急剧恶化甚至死亡。因此,诊治脑水肿的前提是早期确诊颅内压增高。但受限于高原地区医疗条件,高原脑水肿所致颅内压增高的早期诊断极为困难。既往诊断颅内压增高的金标准是腰椎穿刺术及颅内压监测,但对机体有一定损伤,且颅内压监测仅用于颅内压增高所致的中至重度昏迷患者。研究^[3-4]显示超声监测 ONSD 增大可早期提示颅内压增高。ONSD 监测可早期发现创伤性颅脑损伤^[5]、脑出血^[6]、脑梗死^[7]等中枢神经系统疾病所致颅内压增高,指导脑水肿救治。MRI、CT 既往被认为是测量 ONSD 的金标准,但 CT 受限于设备限制,对于神经成像分辨率明显低于 MRI,不能有效区分视神经鞘与视神经的组织差异,且测量 ONSD 需依赖后期 CT 三维重建,精准测量存在困难;MRI 对组织具有高分辨率,尤其是 T2 序列可有效区分视神经、视神经鞘及脑脊液,使得测量 ONSD 极为准确,但扫描时间较长、操作复杂。近期 Meta 分析^[2]显示超声所测 ONSD 与

表 2 对照组 ONSD 影响因素分析结果

因素	简单线性回归			多元线性回归		
	偏回归系数	标准误	P 值	偏回归系数	标准误	P 值
性别	0.180	0.048	<0.001	0.161	0.048	0.001
BMI	0.024	0.008	0.004	0.019	0.008	0.017
吸烟	0.025	0.005	<0.001			
体质量	0.008	0.002	0.001			
年龄	0.003	0.002	0.097			
身高	0.005	0.003	0.104			

表 3 试验组 ONSD 影响因素分析结果

因素	简单线性回归			多元线性回归		
	偏回归系数	标准误	P 值	偏回归系数	标准误	P 值
性别	0.199	0.075	0.011	0.199	0.075	0.011
BMI	0.007	0.014	0.637			
吸烟	0.010	0.005	0.045			
体质量	0.006	0.003	0.087			
年龄	-0.002	0.005	0.640			
身高	0.005	0.003	0.104			
收缩压	-0.002	0.003	0.455			
舒张压	-0.005	0.004	0.225			
脉搏	0.003	0.003	0.371			

MRI 所测结果一致性高,且灵敏度更佳(0.92 vs. 0.70, $P<0.01$)。MRI 设备造价高昂且体积巨大无法搬动,而超声设备造价相对低、体积小,因此超声测量 ONSD 更容易在基层地区普及。本研究应用超声测量急进高海拔人群初到高原及高原居住 3、6 个月时 ONSD,分析急进高海拔人群 ONSD 随高原居住时间的变化规律,比较急进高海拔人群与高原原住居民 ONSD 差异,并进一步分析了急进高海拔人群及高原原住居民 ONSD 的独立影响因素。

本研究结果显示,急进高海拔人群及高原原住居民男性 ONSD 均大于女性 ONSD,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$),表明 ONSD 具有明显的性别差异。ONSD 的性别差异在国内外研究^[8-11]中均有报道。Shirodkar 等^[3]研究显示印度健康成年女性 ONSD 为 (4.627 ± 0.090) mm,男性 ONSD 为 (4.80 ± 0.10) mm。Cardim 等^[8]对英国 122 例健康成人视神经鞘进行研究,结果显示男性 ONSD 中位数为 4.2(3.9, 4.6)mm,女性 ONSD 中位数为 4.1(3.6~4.2)mm,男性 ONSD 大于女性,差异有统计学意义($P=0.01$)。Goeres 等^[9]对美国 120 例健康成人视神经鞘进行研究,结果显示男性 ONSD 为 3.78 mm(95%可信区间:3.23~4.48 mm),女性为 3.60 mm(95%可信区间:2.83~4.11 mm),男性 ONSD 大于女性,差异有统计学意义($P=0.001$)。刘畅等^[10]对我国 413 例健康成人视神经鞘进行研究,结果也显示男性 ONSD

$[(4.86\pm 0.42)$ mm]明显大于女性 $[(4.63\pm 0.40)$ mm],差异有统计学意义($P<0.001$)。Wang 等^[11]对我国 230 例健康成人视神经鞘研究也显示出了明显的性别差异 $[(3.58\pm 0.22)$ mm vs. (3.41 ± 0.16) mm, $P<0.001$],但是该数据较刘畅等^[10]研究测值小。本研究结论与之一致。本研究中急进高海拔人群初到高原时 ONSD 与黄宇等^[12]研究结果相似,但大于 Goeres 等^[9]、刘畅等^[10]及 Wang 等^[11]研究结果,而高原原住居民 ONSD 与吴雅婷^[13]报道接近。对于 ONSD 大小的差异性国外文献亦有报道。Rike 等^[14]研究显示德国健康成人 ONSD 为 3.5~5.8 mm,而 Bäuerle 等^[15]研究显示美国 36 例健康成人 ONSD 为 4.3~7.6 mm。Geeraerts 等^[16]研究显示 36 例英国健康成人 ONSD 大小为 (5.08 ± 0.48) mm。国内

不同地区研究^[6,13]结果也不尽相同,健康成人 ONSD 为 (3.25 ± 0.23) mm~ (5.20 ± 0.40) mm。ONSD 的差异性与超声医师测量定位及技术水平^[15,17]、研究纳入的群体、人群居住地域^[11,18]相关。不同区域人群 ONSD 正常参考值的建立对于指导颅内压增高相关疾病的治疗具有重要意义,待今后扩大样本量进行深入探讨。

本研究对低海拔居住人群暴露于高海拔环境时 ONSD 的变化规律进行研究,结果显示急进高海拔人群初到高原时男、女性双眼平均 ONSD 均小于高原原住居民,差异均有统计学意义(均 $P<0.01$),提示海拔因素会影响 ONSD,且急进高海拔人群 ONSD 随着高原居住时间的延长缓慢增大。本研究中急进高海拔人群初到高原时 ONSD 较国内多数研究^[10-11,19]测值更大,提示海拔可能是导致产生这种差异的原因。本研究中急进高海拔人群原居住地海拔约 1100 m,而刘畅等^[10]、Wang 等^[11]、李臻等^[19]研究对象分别为居住在海拔 20~40 m、264 m 左右、43 m 左右的国内健康成人。海拔对 ONSD 的影响在其他急进高海拔人群研究中也得到印证,Kanaan 等^[20]应用超声监测急进高海拔人群 2 d 内从海拔 1240 m 处至 3810 m 处时 ONSD 变化,结果显示急进高海拔人群 ONSD 随海拔升高而增大,但差异无统计学意义 $[(5.58\pm 0.79)$ mm vs. (6.13 ± 0.73) mm, $P=0.09$]。Sutherland 等^[21]应用超声测量急进高海拔人群 72 h 内从海拔 1000 m 处至 6000 m 处 ONSD,结

果显示海拔每升高 1000 m, 其 ONSD 增加 0.10 mm (95% 可信区间: 0.05~0.14 mm), 且海拔超过 5200 m 处 ONSD 与初始海拔 1000 m 处 ONSD 比较差异有统计学意义 (5.18 mm vs. 4.67 mm, $P < 0.001$)。分析海拔对 ONSD 的影响原因为高海拔地区气候寒冷、氧分压低, 长期慢性缺氧刺激导致 ONSD 增大。本研究中女性急进高海拔人群在高原居住 6 个月时 ONSD 与初到高原时比较差异无统计学意义, 推测可能是由于研究人群中女性数量少导致的, 后期需开展大样本研究进一步探讨。本研究进一步通过线性回归分析高原原住居民及急进高海拔人群 ONSD 的独立影响因素, 结果显示性别为二者 ONSD 的共同独立影响因素, 与 Shirodkar 等^[3]、刘畅等^[10]及 Wang 等^[11]研究结论一致。此外, 本研究结果显示 BMI 仅为高原原住居民 ONSD 的独立影响因素, 而对急进高海拔人群 ONSD 无影响; 王卉等^[22]研究显示 BMI 对中国健康成人 ONSD 亦无影响; BMI 是否会影响 ONSD 仍需今后开展大样本、多中心的研究深入探讨。

本研究的局限性: ①受条件限制, 急进高海拔人群中女性占比小, 可能导致选择性偏倚; ②样本量小, 尚需行多中心、大样本研究进一步验证。

综上所述, 本研究初步探讨了低海拔人群急进至高海拔地区并长期居住于高海拔地区时对 ONSD 的影响, 证实: ①ONSD 存在明显的性别差异; ②高原原住居民 ONSD 大于急进高海拔人群; ③急进高海拔人群 ONSD 随高原居住时间的延长缓慢增加, 且对男性影响大; ④性别为急进高海拔人群及高原原住居民 ONSD 的共同独立影响因素, 而 BMI 为高原原住居民 ONSD 的独立影响因素。

参考文献

- [1] 周其全, 杨景义, 高钰琪. 高海拔地区急性高原脑水肿 72 例就地治疗结果分析[J]. 中国危重病急救医学, 2006, 18 (5): 311-314.
- [2] Xu N, Zhu Q. Optic nerve sheath diameter measured by ultrasonography versus magnetic resonance imaging for diagnosing increased intracranial pressure: a systematic review and Meta-analysis[J]. Med Ultrason, 2023, 25 (3): 270-278.
- [3] Shirodkar CG, Rao SM, Mutkule DP, et al. Optic nerve sheath diameter as a marker for evaluation and prognostication of intracranial pressure in Indian patients: an observational study[J]. Indian J Crit Care Med, 2014, 18 (11): 728-734.
- [4] 尹万红, 王小亭, 刘大为, 等. 重症超声临床应用技术规范[J]. 中华内科杂志, 2018, 57 (6): 397-417.
- [5] 姜辉, 杨柳, 谢志惠, 等. 动态超声测量视神经鞘直径指导院前创伤性脑外伤应用甘露醇的价值[J]. 临床急诊杂志, 2024, 25 (4): 164-169.
- [6] 吴国柱, 王亮亮, 钱贝丽, 等. 视神经鞘直径与脑出血患者颅内压变化的关系[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2023, 26 (7): 819-823.
- [7] Lee SJ, Choi MH, Lee SE, et al. Optic nerve sheath diameter change in prediction of malignant cerebral edema in ischemic stroke: an observational study[J]. BMC Neurol, 2020, 20 (1): 354.
- [8] Cardim D, Czosnyka M, Chandrapatham K, et al. Effects of age and sex on optic nerve sheath diameter in healthy volunteers and patients with traumatic brain injury[J]. Front Neurol, 2020, 11: 764.
- [9] Goeres P, Zeiler FA, Unger B, et al. Ultrasound assessment of optic nerve sheath diameter in healthy volunteers[J]. J Crit Care, 2016, 31 (1): 168-171.
- [10] 刘畅, 计海霞, 田仰华, 等. MRI 测量中国健康成年人球后视神经鞘直径与其相关因素的研究[J]. 磁共振成像, 2022, 13 (10): 103-107.
- [11] Wang L, Feng L, Yao Y, et al. Ultrasonographic evaluation of optic nerve sheath diameter among healthy Chinese adults[J]. Ultrasound Med Biol, 2016, 42 (3): 683-688.
- [12] 黄宇, 陈绚, 黄鑫波. 脑血流超声联合 ONSD 评估心肺复苏患者神经功能预后的临床研究[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18 (8): 981-984.
- [13] 吴雅婷. 视神经鞘直径与脑静脉血栓形成患者颅内压及预后的相关性研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2021.
- [14] Rike K, Stefan G, Robert F, et al. Normative body mass-adjusted reference ranges of magnetic resonance imaging signs commonly used in diagnosing idiopathic intracranial hypertension in a healthy standard population[J]. Sci Rep, 2024, 14 (1): 4492.
- [15] Bäuerle J, Lochner P, Kaps M, et al. Intra- and interobserver reliability of sonographic assessment of the optic nerve sheath diameter in healthy adults[J]. J Neuroimaging, 2012, 22 (1): 42-45.
- [16] Geeraerts T, Newcombe VF, Coles JP, et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure[J]. Crit Care, 2008, 12 (5): R114.
- [17] Stevens RRF, Gommer ED, Aries MJH, et al. Optic nerve sheath diameter assessment by neurosonology: a review of methodologic discrepancies[J]. J Neuroimaging, 2021, 31 (5): 814-825.
- [18] 吴海涛, 侯明, 鲍海咏, 等. 西宁地区不同民族成年人视神经鞘直径比较[J]. 安徽医学, 2021, 42 (4): 407-409.
- [19] 李臻, 刘大川, 杨惠青, 等. 中国健康成人球后视神经鞘直径的超声测量[J]. 临床超声医学杂志, 2012, 14 (3): 160-162.
- [20] Kanaan NC, Lipman GS, Constance BB, et al. Optic nerve sheath diameter increase on ascent to high altitude: correlation with acute mountain sickness[J]. J Ultrasound Med, 2015, 34 (9): 1677-1682.
- [21] Sutherland AI, Morris DS, Owen CG, et al. Optic nerve sheath diameter, intracranial pressure and acute mountain sickness on Mount Everest: a longitudinal cohort study[J]. Br J Sports Med, 2008, 42 (3): 183-188.
- [22] 王卉, 邢海英, 刘文宏, 等. 超声测量视神经鞘直径影响因素的研究[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2018, 20 (10): 1066-1068.

(收稿日期: 2024-04-03)