

· 调查研究 ·

青海西宁高原眼健康筛查人群眼压分布及参考区间

杨一俭¹ 包云兰² 孙云晓¹ 谢媛¹ 汪夏玲² 刘优² 谢延玲³ 郝洁¹ 彭晓霞⁴ 范肃洁⁵
吴世政² 王宁利¹

¹首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁眼科中心 北京市眼科学与视觉科学重点实验室, 北京 100730; ²青海省人民医院神经内科, 西宁 810007; ³青海省人民医院内分泌科, 西宁 810007; ⁴首都医科大学附属北京儿童医院 临床流行病学研究中心, 北京 100045; ⁵邯郸市眼科医院(邯郸市第三医院)青光眼科, 邯郸 056006

通信作者: 王宁利, Email: wningli@vip. 163. com

【摘要】 目的 探讨青海省西宁市高原地区 18 岁及以上人群眼压分布特征, 建立青海西宁高原人群眼压值参考区间。方法 采用横断面研究方法, 于 2019 年 9 月至 2020 年 5 月在青海省西宁市(海拔 2. 271 km)对青海省人民医院体检中心接受健康体检的受检者进行眼科检查及眼压测定。受检者均常居西宁市且近 3 个月未离开西宁市。眼科检查包括视力检查、眼压测定、裂隙灯显微镜检查、眼底照相及眼前后节光学相干断层扫描检查。眼压测定采用 Goldmann 压平眼压计在眼表局部麻醉下进行。排除有可引起眼压显著改变因素、有影响眼压测量准确性因素及无法行眼压测量者。依据性别、年龄和不同民族对受检者进行分组, 比较各组眼压值分布及参考区间。结果 纳入体检者 6 120 人 6 120 眼, 其中男 2 850 人, 女 3 270 人; 年龄 18~90 岁, 平均(45. 54±13. 85)岁。青海西宁高原地区人群眼压平均值为(14. 32±1. 93) mmHg (1 mmHg=0. 133 kPa), 参考区间为 10. 54~18. 10 mmHg; 男性眼压平均值为(14. 42±1. 98) mmHg, 参考区间为 10. 54~18. 30 mmHg; 女性眼压平均值为(14. 23±1. 88) mmHg, 参考区间为 10. 55~17. 91 mmHg, 男性眼压值高于女性, 差异有统计学意义($t=3. 71, P<0. 001$)。汉族、藏族、回族和其他民族人群眼压分别为(14. 38±1. 91)、(13. 93±2. 06)、(14. 21±1. 87)和(13. 94±1. 95) mmHg, 总体比较差异有统计学意义($F=6. 73, P<0. 001$), 其中汉族受检者眼压值明显高于藏族、回族及其他少数民族, 差异均有统计学意义(均 $P<0. 05$)。结论 青海西宁高原地区人群与正常海拔地区相比眼压参考区间偏低。

【关键词】 眼压; 参考区间; 高原人群; 中央角膜厚度

基金项目: 北京同仁医院青年人才培养计划项目(2020-YJJ-ZZL-023)

临床试验注册: 中国临床试验注册中心, ChiCTR1800015457

DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20221004-00467

Intraocular pressure distribution and reference interval of high-altitude eye health screening population from Xining, Qinghai

Yang Yiquan¹, Bao Yunlan², Sun Yunxiao¹, Xie Yuan¹, Wang Xialing², Liu You², Xie Yanling³, Hao Jie¹, Peng Xiaoxia⁴, Fan Sujie⁵, Wu Shizheng², Wang Ningli¹

¹Beijing Tongren Eye Center, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing Institute of Ophthalmology, Beijing Key Laboratory of Ophthalmology & Visual Sciences, Beijing 100730, China; ²Department of Neurology, Qinghai Provincial People's Hospital, Xining 810007, China; ³Department of Endocrinology, Qinghai Provincial People's Hospital, Xining 810007, China; ⁴Clinical Epidemiology Research Center, Beijing Children's Hospital, Capital Medical University, Beijing 100045, China; ⁵Department of Glaucoma, Handan City Eye Hospital (The Third Hospital of Handan), Handan 056006, China

Corresponding author: Wang Ningli, Email: wningli@vip. 163. com

【Abstract】 **Objective** To investigate the distribution of intraocular pressure (IOP) in high-altitude population aged 18 years and over in Xining, Qinghai and establish the reference interval (RI) of IOP. **Methods** A cross-sectional study was conducted in Xining, Qinghai Province at 2. 271 km above sea level from September 2019 to May 2020. Ophthalmic examinations and IOP measurement were conducted among subjects from Physical Examination Center of Qinghai Provincial People's Hospital. The subjects who had been living in Xining without leaving for three months were enrolled. Ophthalmic examinations included vision examination, IOP measurement, slit-lamp microscopy, fundus photography, anterior and posterior segment optical coherence tomography. IOP was measured using Goldmann applanation tonometry under local anesthesia. Subjects with factors that could cause significant changes in IOP and

affect the accuracy of IOP measurement, and those who were unable to receive IOP measurement were excluded. Subjects were grouped according to sex, age and ethnicity, and the distribution and RI of IOP were compared among all groups. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University (No. TRECKY2017-024). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** A total of 6 120 subjects (6 120 eyes) aged 18–90 years old were enrolled, including 2 850 males and 3 270 females with average age of (45.54 ± 13.85) years. The average IOP of high-altitude population in Xining, Qinghai Province was (14.32 ± 1.93) mmHg ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$), with the RI of 10.54–18.10 mmHg. The average IOP was (14.42 ± 1.98) mmHg in male with the RI of 10.54–18.30 mmHg, (14.23 ± 1.88) mmHg in female with the RI of 10.55–17.91 mmHg. The IOP of male was higher than that of female ($t = 3.71, P < 0.001$). The IOP of Han, Tibetan, Hui and other nationalities were (14.38 ± 1.91) , (13.93 ± 2.06) , (14.21 ± 1.87) , (13.94 ± 1.95) mmHg, respectively, with a statistically significant overall difference ($F = 6.73, P < 0.001$). The IOP of Han nationality was significantly higher than that of Tibetan, Hui and other nationalities, and the differences were statistically significant (all at $P < 0.05$). **Conclusions** RI of IOP in high-altitude population from Xining, Qinghai is lower compared with normal altitude area.

[Key words] Intraocular pressure; Reference interval; Population, high-altitude; Central corneal thickness

Fund program: Young Talents Training Program of Beijing Tongren Hospital (2020-YJJ-ZZL-023)

Trial registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR1800015457

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20221004-00467

眼压,即眼球内容物对眼球壁的压力,对维持正常眼结构和视觉功能至关重要,直接或间接地参与眼部生理和病理过程^[1]。由于不同人的视神经对眼压的耐受程度不尽相同,眼压的个体差异性也较大,因此不能以某一数值而是用某一参考区间来定义正常眼压。参考区间又称参考范围、正常范围等,是用来表示健康人群人体结构、脏器功能和代谢水平的解剖、生理、生物化学指标的总体均数区间估计^[2],因种族、性别、年龄、生长发育等因素有所不同,还受所处区域、经济水平、生活习惯、饮食结构等多因素影响^[3]。我国是高原人口大国,有超过 6 000 万人长期生活在不同海拔的高原和高山上,高原人口居世界首位^[4]。但是目前尚缺乏对高原人群眼压分布及参考区间的报道。我国青海省西宁市海拔高度为 2.271 km,可反映我国高原地区的人群分布特征。本研究对青海省西宁市开展以眼健康筛查人群为基础的眼病调查,确定高原人群眼压分布特征及参考区间。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究方法,于 2019 年 9 月至 2020 年 5 月对青海省人民医院体检中心接受健康体检的受检者进行眼科检查及眼压测定,共测定 6 579 名受检者。纳入标准:(1)青海省西宁市世居居民,近 3 个月内未曾离开西宁市;(2)具有眼科检查完整记录者;(3)体检结果证实为健康者;(4)年龄 18~90 岁。排除标准:(1)有可引起眼压显著改变因素者,如青光眼或可疑青光眼;(2)有白内障手术史或其他眼科手术史者;

(3)有影响眼压测量准确性的因素者,如角膜混浊、翼状胬肉等;(4)中重度斜视、虹膜炎、葡萄膜炎、外伤或眼部先天异常者;(5)眼压为扩瞳后测量者;(6)无法行眼压测量者,如各种原因不配合或眼部急性感染。本研究经首都医科大学附属北京同仁医院伦理委员会批准(批文号:TRECKY2017-024),并在中国临床试验注册中心注册(注册号:ChiCTR1800015457),所有体检者均知晓检查目的及方法,并自愿签署依据《赫尔辛基宣言》拟定的研究知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 筛查项目及流程设计 筛查小组由北京同仁医院和青海省人民医院眼科共同组建,包括 1 名眼科医师和 3 名眼科专业检查医师。受试者登记后领取标准化调查问卷,获取一般情况、既往全身和眼科疾病史、家族史与生活习惯等信息,完成全身检查项目,了解全身疾病情况并获取身高、体质量、血压、脉搏和血氧饱和度等指标,然后进行眼部检查。采用标准对数视力表(XK100,温州星康医学科技有限公司)检查视力;采用裂隙灯显微镜(YZ5G,苏州六六视觉科技有限公司)检查眼前节情况,评估周边前房深度和晶状体混浊度;采用光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)(3D-2000,日本 Topcon 公司)在非药物扩瞳状态下拍摄体检者眼前、后节 OCT,获取中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)及眼底情况。如果体检者有白内障、可疑糖尿病视网膜病变、青光眼等眼部病变,建议至眼科门诊就诊。

1.2.2 眼压测定及分组情况 采用 Goldmann 压平眼压计(瑞士 Haag-Streit AG 公司)测量眼压,所有受试

者眼压均于上午 8:00~11:00 由同一专业检查医师进行测定。采用盐酸丙美卡因滴眼液(美国 Alcon 公司)点眼行表面麻醉,采用荧光素钠检测试纸(天津晶明新技术开发公司)轻触下眼睑内,嘱受试者端坐平视,受检者双眼各测定 3 次,取平均值,若双眼眼压差异明显,受检者休息 5 min 后再次测定。

按照年龄不同将受检者分为 18~29 岁组、30~39 岁组、40~49 岁组、50~59 岁组、60~69 岁组、≥70 岁组;按照性别不同将受检者分为男性组和女性组;按照民族不同将受检者分为汉族、藏族、回族和其他民族组,评估不同组间受检者眼压分布特征。

1.2.3 眼压值参考区间的建立与验证 遵循美国临床实验室标准委员会指南 C28-A3 和我国行业标准《临床实验室检验项目参考区间的制定》(WS/T 402-2012)^[5-6],受检者为高原健康人群,采用 Goldmann 压平眼压计测量人群眼压值。建立参考区间的基本过程为:(1)选择参考人群,制定高原人群眼压参考区间,根据本次研究目的将“健康者”定义为参考人群中不存在影响眼压值的病理因素者。(2)筛选参考个体;(3)形成参考样本组;(4)获得参考值;(5)得到参考分布、参考限和参考区间;(6)验证参考区间(图 1)。

筛查小组于 2020 年 8 月再次选取青海省人民医院体检中心 300 名健康体检者进行眼压参考区间的验证,若超出参考区间的个体≤10%,说明参考区间通过验证,可以直接使用;反之,若超出参考区间的个体>10%,说明参考区间未通过验证,则需要重新验证。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计学软件(美国 IBM 公司)进行统计分析。采用 Dixon 方法检验并剔除离群眼压测定值,然后分别用 Kolmogorov-Smirnov 检验和偏度峰度检验对计量资料进行正态分布验证,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 进行表达,以 $\bar{x} \pm 1.96s$ 计算参考区间。2 个组间计量资料差异比较采用独立样本 *t* 检验;多组间总体差异比较采用单因素方差分析,多重比较采用 LSD-*t* 检验。采用双侧检验, *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

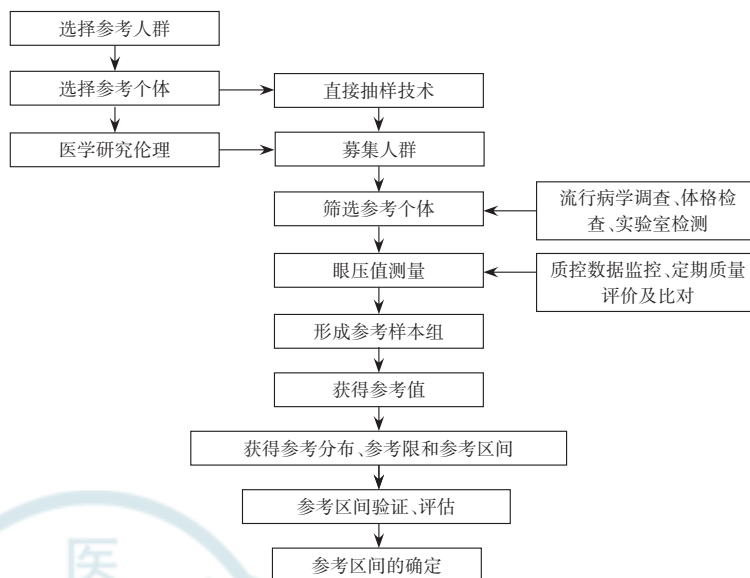


图 1 青海省西宁市高原眼健康筛查人群眼压值参考区间建立流程图

Figure 1 Flow chart of establishing intraocular pressure reference interval of high-altitude eye health screening population in Xining, Qinghai Province

2 结果

2.1 筛查一般情况

所有受检者中,明确诊断为青光眼者 48 例、角膜混浊者 10 例、Ⅲ°翼状胬肉者 54 例、有眼前段手术史者 142 例、中重度斜视 3 例、不配合测量眼压者 202 例被排除。最终纳入分析 6 120 人,平均(45.54±13.85)岁,其中男 2 850 人,女 3 270 人;汉族 4 915 人,藏族 569 人,回族 484 人,其他少数民族 152 人(表 1)。受试者任意选取一眼眼压值纳入分析。

表 1 受检者人群基本信息($\bar{x} \pm s$)
Table 1 Demographic characteristics of subjects ($\bar{x} \pm s$)

项目	男性(n=2 850)	女性(n=3 270)	总体人群(N=6 120)	<i>t</i> 值*	<i>P</i> 值*
年龄(岁)	45.05±14.35	45.97±13.39	45.54±13.85	-2.54	0.011
BMI	24.57± 3.32	22.85± 3.20	23.65± 3.38	20.47	<0.001
收缩压(mmHg)	124.82±16.58	118.83±18.04	121.70±17.61	13.10	<0.001
舒张压(mmHg)	82.68±10.58	76.23±10.32	79.31±10.93	23.31	<0.001
脉搏(次/min)	74.85±11.74	75.60±11.81	75.25±11.78	-2.51	0.012
血氧饱和度(%)	93.11± 1.60	93.30± 2.00	93.23± 1.81	-4.69	<0.001
眼压(mmHg)	14.42± 1.98	14.23± 1.88	14.32± 1.93	3.71	<0.001
CCT(μm)	510.35±33.15	505.59±32.54	507.78±32.90	5.47	<0.001

注:(* :不同性别间比较,独立样本 *t* 检验) BMI:体质量指数;CCT:中央角膜厚度 1 mmHg=0.133 kPa

Note:(* :Comparison between different genders, independent samples *t*-test) BMI:body mass index; CCT:centeral corneal thickness 1 mmHg=0.133 kPa

2.2 不同性别受检者眼压值分布及比较

青海省西宁市高原地区人群眼压平均值为 (14.32±1.93) mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa), 参考区间为 10.54~18.10 mmHg, 呈正偏态(稍右偏态)分布 (Z=0.170, P<0.001), 但样本量大, 故采用参数检验进行统计学分析。男性人群眼压平均值为 (14.42±1.98) mmHg, 参考区间为 10.54~18.30 mmHg; 女性人群眼压平均值为 (14.23±1.88) mmHg, 参考区间为 10.55~17.91 mmHg (图 2)。高原地区人群男性眼压值高于女性, 差异有统计学意义 (t = 3.71, P<0.001)。

2.3 不同年龄受检者眼压值分布及比较

30~39 岁年龄组男性眼压值明显高于女性, 差异有统计学意义 (t = 4.73, P<0.001)。不同年龄男性、女性和总体人群受检者眼压值总体比较差异均有统计学意义 (F = 7.09, 10.40, 14.16, 均 P<0.001)。眼压最高值为 18~29 岁年龄组 (14.76±2.06) mmHg, 最低值为

≥70 岁年龄组 (13.96±1.91) mmHg, 差异有统计学意义 (P<0.01) (表 2)。

2.4 不同民族受检者眼压值分布及比较

不同民族间眼压值总体比较差异有统计学意义 (F = 6.73, P<0.001), 汉族受检者眼压值明显高于藏族、回族及其他少数民族, 差异均有统计学意义 (均 P<0.05) (表 3)。

2.5 不同年龄段受检者 CCT 分布及比较

高原地区人群 CCT 平均值为 (507.78 ± 32.90) μm, 参考区间为 443.30~572.26 μm, 其中男性 CCT 平均值为 (510.35 ± 33.15) μm, 参考区间为 445.38~575.32 μm, 女性 CCT 平均值为 (505.59 ± 32.54) μm, 参考区间为 441.81~569.37 μm (表 4)。

2.6 高原地区人群眼压分布验证

再次纳入的 300 名健康体检者眼压平均值为 (14.48±1.54) mmHg, 281 名受检者眼压值在 10.54~18.10 mmHg 参考区间, 占 93.67%。

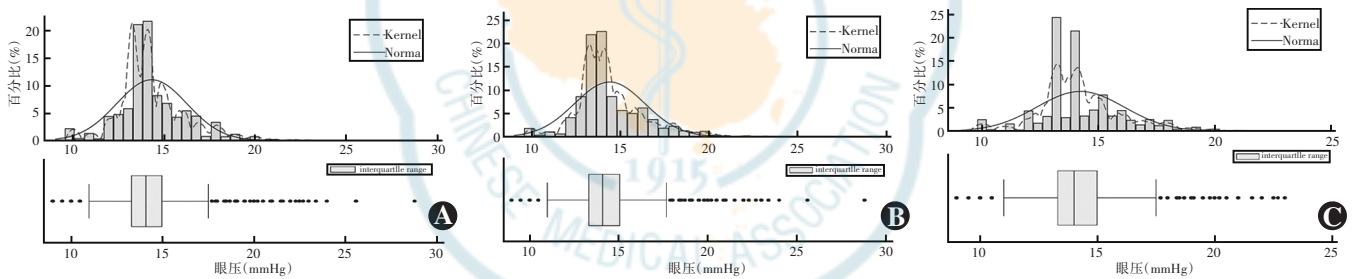


图 2 青海省西宁市高原眼健康筛查人群眼压分布图 A: 总体人群 B: 男性人群 C: 女性人群 1 mmHg = 0.133 kPa

Figure 2 Intraocular pressure distribution of high-altitude eye health screening population in Xining, Qinghai Province A: Overall population B: Male C: Female 1 mmHg = 0.133 kPa

表 2 不同年龄段和不同性别受检者眼压比较 (mmHg)
Table 2 Comparison of intraocular pressure by different ages and genders (mmHg)

年龄(岁)	男性			女性			总体			t 值*	P 值*
	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$		
18-29	538	14.79±2.06 ^a	10.75±18.83	451	14.73±2.07 ^a	10.67±18.79	989	14.76±2.06 ^a	10.72±18.80	0.47	0.638
30-39	464	14.52±2.01 ^{ab}	10.58±18.46	591	13.97±1.65 ^{ab}	10.74±17.20	1 055	14.21±1.83 ^{ab}	10.62±17.80	4.73	<0.001
40-49	641	14.36±1.88 ^{ab}	10.68±18.04	795	14.17±1.79 ^{ab}	10.66±17.68	1 436	14.25±1.83 ^{ab}	10.66±17.84	1.96	0.050
50-59	787	14.22±1.81 ^{ab}	10.67±17.77	961	14.30±1.95 ^{ab}	10.48±18.12	1 748	14.27±1.89 ^{ab}	10.57±17.97	-0.86	0.388
60-69	302	14.36±2.33 ^{ab}	9.79±18.93	335	14.06±1.86 ^{ab}	10.41±17.71	637	14.21±2.10 ^{ab}	10.09±18.33	1.88	0.061
≥70	118	13.96±1.97 ^b	10.10±17.82	137	13.97±1.86 ^b	10.32±17.62	255	13.96±1.91 ^b	10.22±17.70	-0.01	0.993
F 值#	7.09			10.40			14.16				
P 值#	<0.001			<0.001			<0.001				

注:与 ≥70 岁组比较, ^aP<0.05; 与 18-29 岁组比较, ^bP<0.05 (*:不同性别间比较, 独立样本 t 检验; #:单因素方差分析, LSD-t 检验) 1 mmHg = 0.133 kPa

Note: Compared with respective ≥70 years group, ^aP<0.05; compared with respective 18-29 years group, ^bP<0.05 (*: Comparison between different sexes, independent samples t test; #: One-way ANOVA, LSD-t test) 1 mmHg = 0.133 kPa

表 3 不同民族受检者眼压值比较 (mmHg)
Table 3 Comparison of intraocular pressure among different ethnic groups (mmHg)

民族	眼数	$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值	$\bar{x} \pm 1.96 s$
汉族	4 915	14.38±1.91	9.00	28.80	10.64±18.12
藏族	569	13.93±2.06 ^a	9.00	23.00	9.89±17.97
回族	484	14.21±1.87 ^a	10.00	22.50	10.54±17.88
其他民族	152	13.94±1.95 ^a	9.50	19.50	10.12±17.76

注: $F=6.73, P<0.001$ 。与汉族比较, ^a $P<0.05$ (单因素方差分析, LSD-*t* 检验) 1 mmHg=0.133 kPa

Note: $F=6.73, P<0.001$ 。Compared with Han ethnic group, ^a $P<0.05$ (One-way ANOVA, LSD-*t* test) 1 mmHg=0.133 kPa

3 讨论

青光眼是全球首位不可逆性致盲眼病^[7], 而高眼压被广泛认为是青光眼重要的危险因素, 降眼压是有效的治疗方法^[8-9]。了解眼压的分布情况对青光眼等疾病的诊断、治疗和预后判断具有重要意义。但是, 由于眼压值的个体差异较大, 正常眼压不能以某一特定数值来定义, 而是用参考区间来描述。WS/T 402-2012《临床实验室检验项目参考区间的制定》中对参考区间所做出的描述是指从参考下限到参考上限的区间, 通常是中间 95% 区间, 如 $\bar{x} \pm 1.96 s$ 或第 3 百分位数 (P_3)~第 97 百分位数 (P_{97})^[10]。在某些情况下只有一个参考限具有临床意义, 通常是参考上限, 这时的参考区间是 0 到参考上限^[11]。参考区间是疾病诊断、预后判断、疗效评价及健康监测的重要依据。

临床上通常将 10~21 mmHg 作为眼压正常参考区间, 这是基于 Leydhecker 等^[12]以医院人群为基础的调查结果计算得到的。Hollows 等^[13]在社区人群中再次验证, 该研究使用了严格基于人群的抽样方法, 测量无青光眼体征和其他眼部症状的正常人群眼压, 眼压平均值为 15.9 mmHg, 标准差为 2.87 mmHg, 由此计算得到眼压参考区间。然而, 该研究对象只覆盖欧洲

白人, 并未考虑环境、经济、全身情况等因素。眼压参考区间还受到种族、性别、年龄、地域、经济水平、生活习惯、饮食结构等诸多因素的影响^[14]。

中国高原分布辽阔, 高原人口位居世界第一^[15]。高原缺氧环境下人体生理指标的参考区间与平原地区有所不同, 同样水平的生理指标, 对于平原人群可能是生理性的, 但对于高原人群则可能是病理性的, 或者反映了向病理性转变的过程^[16]。高原医务工作者和科学家对青藏高原世居居民和移居习服者进行了大量流行病学调查, 制定了许多高原地区人体生理指标的参考值标准。然而, 目前尚未建立高原人群眼压参考区间, 临床仍使用 10~21 mmHg 眼压参考区间对高原人群进行疾病诊断、疗效观察和预后判断, 有可能导致错误的医学判断或医学干预, 给患者造成心理和经济负担, 同时还会造成医疗卫生资源的浪费。

既往大量研究报道低海拔地区人群眼压分布情况。北京眼病研究人群眼压平均值为 (14.7 ± 2.8) mmHg, 广州荔湾眼病研究为 (15.2 ± 3.1) mmHg, 邯郸眼病研究为 (15.0 ± 2.8) mmHg, 以上参考人群均为我国汉族人^[17-19]。东亚地区黄种人眼压平均值主要分布于 12.9~16.1 mmHg^[20-22], 而欧美地区白种人眼压均值主要分布于 14.6~17.2 mmHg^[23-25], 黑人眼压主要分布于 16.0~18.7 mmHg^[25-26]。

本研究结果显示, 青海西宁高原地区人群眼压参考区间为 10.54~18.10 mmHg, 其中男性为 10.54~18.30 mmHg, 女性为 10.55~17.91 mmHg, 参考上限较通常眼压参考区间 10~21 mmHg 偏低约 2.5~3.0 mmHg。国内外也有报道高原人群眼压分布情况 (表 5)。Pakravan 等^[27]对伊朗雅兹德省 (海拔 1.240 km) 40 岁以上人群使用 GAT 测量眼压, 平均值为 (14.2 ± 2.5) mmHg, 参考区间为 10~20 mmHg; Thapa 等^[28]对尼泊尔加德满都 (海拔 1.350 km) 2 330 名

表 4 不同年龄段受检者 CCT 分布及比较 (μm)
Table 4 Distribution and comparison of CCT among different age groups (μm)

年龄 (岁)	男性			女性			总体			<i>t</i> 值*	<i>P</i> 值*
	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$	眼数	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm 1.96 s$		
18-29	467	510.00±33.06	445.20±574.80	399	508.80±33.08	443.96±573.64	866	509.45±33.05	444.67±574.23	0.59	0.470
30-39	429	511.26±31.55	449.42±573.10	565	502.09±32.85	437.70±566.48	994	506.05±32.60	442.15±569.95	4.44	<0.001
40-49	604	510.97±34.33	443.68±578.26	765	508.45±32.93	443.91±572.99	1 369	509.56±33.57	443.76±575.36	1.38	0.168
50-59	728	509.71±32.53	445.95±573.47	903	506.16±32.01	443.42±568.90	1 631	507.74±32.28	444.47±571.01	2.21	0.027
60-69	284	511.76±34.26	444.61±578.91	313	501.64±31.37	440.15±563.13	597	506.45±33.14	441.50±571.40	3.77	<0.001
≥70	115	505.77±34.22	438.70±572.84	132	499.74±30.98	439.02±560.46	247	502.55±32.60	438.65±566.45	1.45	0.148

注: (*: 不同性别间比较, 独立样本 *t* 检验) CCT: 中央角膜厚度

Note: (*: Comparison between different sexes, independent samples *t* test) CCT: central corneal thickness

表 5 低海拔和高海拔地区人群眼压值分布
Table 5 Intraocular pressure distribution between low-altitude and high-altitude population

项目	低海拔地区		高海拔地区					
	广东荔湾 ^[18]	河北邯郸 ^[19]	伊朗雅兹德 ^[27]	尼泊尔加德满都 ^[28]	蒙古国库苏古尔 ^[29]	云南大理 ^[30]	埃塞俄比亚 ^[31]	西藏拉萨 ^[32]
海拔(m)	11	44	1 240	1 350	1 710	2 133	2 400	3 568
时间(年)	2011	2012	2016	2012	1998	2012	2010	2014
种族	汉族	汉族	伊朗人	夏尔巴人	蒙古族	白族	埃塞俄比亚人	藏族
人群数量	1 348	6 101	1 159	2 330	942	2 060	300	1 115
年龄(岁)	≥50	≥30	≥40	≥40	≥40	≥50	≥18	≥40
眼压计	Tonopen	Perkins	Goldmann	Goldmann	Goldmann	Tonopen	Goldmann	非接触式
眼压(mmHg)	15.2±3.1	15.0±2.8	14.2±2.5	13.34±2.26	12.8±3.4	14.19±3.3	13.39±2.81	12.9±2.7
年龄段(岁)								
18-29	-	-	-	-	-	-	13.62±2.74	-
30-39	-	15.3±2.7	-	-	-	-	13.59±2.90(31-45岁)	-
40-49	-	15.1±2.8	14.0±2.0	13.49±2.18	12.6±2.7	-	12.78±2.41(46-60岁)	12.9±2.7
50-59		15.1±2.8	14.0±3.0	13.34±2.30	13.3±3.9	-		12.8±2.5
60-69	15.4±2.9	14.6±2.9	14.0±2.0	13.05±2.31	12.3±3.2	-	13.53±3.33(≥60)	13.0±2.8
70-79	15.3±3.4	14.1±2.8(≥70)	14.0±3.0	12.78±2.5(≥70)	12.7±4.1(≥70)	-		13.0±2.6(≥70)
≥80	15.0±3.0	-	-	-	-	-	-	-

注: - : 未提及 1 mmHg=0.133 kPa
Note: - : not mentioned 1 mmHg=0.133 kPa

40 岁以上夏尔巴人使用 GAT 测量眼压, 平均值为 (13.34±2.26) mmHg; Foster 等^[29]对蒙古国库苏古尔省(海拔 1.710 km)942 名 40 岁以上蒙古族人使用 GAT 测量眼压, 平均值为 (12.8±3.4) mmHg; Zhong 等^[30]对云南省大理市(海拔 2.133 km)2 060 名 50 岁以上白族人使用 Tonopen 眼压计测量眼压, 平均值为 (14.19±3.3) mmHg; Gelaw 等^[31]对埃塞俄比亚(海拔 2.400 km)300 名受试者使用 GAT 测量眼压, 平均值为 (13.39±2.81) mmHg; 王桂琴等^[32]对拉萨市曲水县(海拔约 3.568 km)1 115 名世居藏族人使用非接触眼压计测量眼压, 平均值为 (12.9±2.7) mmHg。尽管上述研究纳入的人群种族有所不同, 但结果表明人群居住地海拔越高, 眼压值水平越低, 即高原地区人群眼压水平较低海拔人群偏低。

本研究结果显示, 青海西宁高原人群眼压随年龄增加大致呈下降趋势, 眼压最高值为 18~29 岁年龄组 (14.76±2.06) mmHg, 最低值为 ≥70 岁年龄组 (13.96±1.91) mmHg, 其眼压水平降低超过 0.5 mmHg, 该结果与邯郸眼病研究、北京眼病研究、广州荔湾眼病研究及台湾石牌研究所报道的结果相近^[17-19,33]。眼压随年龄降低可能与房水产生量下降有关, 或与眼眶部软组织、眼部肌肉组织及角膜组织的结构退化相

关^[34]。部分研究则认为小梁网的年龄相关性结构改变可能导致房水排出减少, 进一步抵消房水生成减少的降压效应^[35]。

一直以来, GAT 因其设计精密、影响因素较少等优点成为目前公认的眼压测量的“金标准”。GAT 眼压测量基于 Imber-Fick 原理, 当 CCT 为 520 μm 时, 眼压测量值与眼压真实值并不一致^[36]。Ehlers 等^[37]最先提出 GAT 眼压测量校正公式, 矫正后眼压=矫正前眼压+(520-CCT)/70×5。本研究高原地区人群 CCT 平均值为 (507.78±32.90) μm, 眼压测量值与眼压真实值相差约 0.87 mmHg, 对研究结果影响较小。

本研究存在一定的局限性: 建立中国高原人群眼压值参考区间, 考虑到我国国情和新建参考区间的实际应用型, 应采取多中心、多系统、大样本的研究方式。本研究为单中心研究, 仅能反映西宁高原地区眼压分布水平, 眼压参考区间结果外推仍需谨慎, 有待在未来的工作中进一步完善多中心研究。总之, 逐步建立我国基于高原人群的正常眼压值参考区间对于提高高原地区医疗质量, 推进合理检查、合理治疗, 有效利用医疗卫生资源具有非常重要的意义, 已成为亟待解决的医学问题之一。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 杨一伦:参与研究设计、文章起草、文章审核及修改;包云兰、孙云晓、谢媛、汪夏玲、刘优、谢延玲:参与实施研究;郝洁:审核文章内容的准确性;彭晓霞:数据统计分析及解释;范肃洁、吴世政:参与研究设计;王宁利:参与研究选题及设计,审核文章内容的准确性、可靠性及完整性并对研究中的所有环节进行把关

参考文献

- Stein JD, Khawaja AP, Weizer JS. Glaucoma in adults-screening, diagnosis, and management: a review [J]. *JAMA*, 2021, 325 (2): 164-174. DOI: 10. 1001/jama. 2020. 21899.
- 何慧婧, 单广良. 人体生理参数参考区间的制定方法和应用[J]. *基础医学与临床*, 2022, 42(1): 154-158. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-6325. 2022. 01. 027.
- He HJ, Shan GL. Methodology and application of human physiological reference intervals estimation [J]. *Basic Clin Med*, 2022, 42(1): 154-158. DOI: 10. 3969/j. issn. 1001-6325. 2022. 01. 027.
- 尚红, 陈文祥, 潘柏申, 等. 建立基于中国人群的临床常用检验项目参考区间[J]. *中国卫生标准管理*, 2013, 4(1): 17-21.
- 格日力. 高原医学[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2015: 2.
- Clinical Laboratory Standards Institute. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory [S]. CLSI document C28-A3. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2008: 1-13.
- 中华人民共和国卫生部. 临床实验室检验项目参考区间的制定: WS/T 402-2012[S]. 2012: 1-5.
- Jonas JB, Aung T, Bourne RR, et al. Glaucoma [J]. *Lancet*, 2017, 390(10108): 2183-2193. DOI: 10. 1016/S0140-6736(17)31469-1.
- Jin J. Screening for primary open-angle glaucoma [J/OL]. *JAMA*, 2022, 327(20): 2030 [2022-12-29]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35608579/>. DOI: 10. 1001/jama. 2022. 7531.
- Razeghinejad MR, Lee Daniel. Managing normal tension glaucoma by lowering the intraocular pressure [J]. *Surv Ophthalmol*, 2019, 64: 111-116. DOI: 10. 1016/j. survophthal. 2018. 07. 003.
- 彭晓霞. 参考区间与临床决定值的制定、解读与临床应用[J]. *中华健康管理学杂志*, 2022, 16(9): 659-664. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115624-20220415-00268.
- Peng XX. Establishment, interpretation and clinical application of reference interval and clinical decision limit [J]. *Chin J Health Manage*, 2022, 16(9): 659-664. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115624-20220415-00268.
- Daly CH, Higgins V, Adeli K, et al. Reference interval estimation: methodological comparison using extensive simulations and empirical data [J]. *Clin Biochem*, 2017, 50(18): 1145-1158. DOI: 10. 1016/j. clinbiochem. 2017. 07. 005.
- Leydhecker W, Akiyama K, Neumann HG. Intraocular pressure in normal human eyes [J]. *Klin Monbl Augenheilkd Augenarztl Fortbild*, 1958, 133(5): 662-670.
- Hollows FC, Graham PA. Intra-ocular pressure, glaucoma, and glaucoma suspects in a defined population [J]. *Br J Ophthalmol*, 1966, 50(10): 570-586. DOI: 10. 1136/bjo. 50. 10. 570.
- Ozarda Y, Sikaris K, Streichert T, et al. Distinguishing reference intervals and clinical decision limits-a review by the IFCC Committee on Reference Intervals and Decision Limits [J]. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 2018, 55(6): 420-431. DOI: 10. 1080/10408363. 2018. 1482256.
- 吴天一. 吴天一-高原医学[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2020: 5.
- 伊比然根, 巴桑卓玛, 仓决, 等. 拉萨市城关区居民健康体检结果分析[J]. *临床和实验医学杂志*, 2015(2): 154-158. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-4695. 2015. 02. 028.
- Yi B, Ba S, Cang J, et al. Survey on health situation in residents of Chengguan District in Lhasa [J]. *J Clin Exp Med*, 2015(2): 154-158. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-4695. 2015. 02. 028.
- Wang YX, Xu L, Wei WB, et al. Intraocular pressure and its normal range adjusted for ocular and systemic parameters. The Beijing Eye Study 2011 [J/OL]. *PLoS One*, 2018, 13(5): e0196926 [2022-09-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29771944/>. DOI: 10. 1371/journal. pone. 0196926.
- Wang D, Huang W, Li Y, et al. Intraocular pressure, central corneal thickness, and glaucoma in Chinese adults: the liwan eye study [J]. *Am J Ophthalmol*, 2011, 152(3): 454-462. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2011. 03. 005.
- Zhou Q, Liang YB, Wong TY, et al. Intraocular pressure and its relationship to ocular and systemic factors in a healthy Chinese rural population: the Handan Eye Study [J]. *Ophthalmic Epidemiol*, 2012, 19(5): 278-284. DOI: 10. 3109/09286586. 2012. 708084.
- Tomoyose E, Higa A, Sakai H, et al. Intraocular pressure and related systemic and ocular biometric factors in a population-based study in Japan: the Kumejima study [J]. *Am J Ophthalmol*, 2010, 150(2): 279-286. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2010. 03. 009.
- Kawase K, Tomidokoro A, Araie M, et al. Ocular and systemic factors related to intraocular pressure in Japanese adults: the Tajimi study [J]. *Br J Ophthalmol*, 2008, 92(9): 1175-1179. DOI: 10. 1136/bjo. 2007. 128819.
- Lee JS, Lee SH, Oum BS, et al. Relationship between intraocular pressure and systemic health parameters in a Korean population [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2002, 30(4): 237-241. DOI: 10. 1046/j. 1442-9071. 2002. 00527. x.
- Bonomi L, Marchini G, Marraffa M, et al. Prevalence of glaucoma and intraocular pressure distribution in a defined population. The Egna-Neumarkt Study [J]. *Ophthalmology*, 1998, 105(2): 209-215. DOI: 10. 1016/s0161-6420(98)92665-3.
- Chandrasekaran S, Rochtchina E, Mitchell P. Effects of caffeine on intraocular pressure: the Blue Mountains Eye Study [J]. *J Glaucoma*, 2005, 14(6): 504-507. DOI: 10. 1097/01. ijg. 0000184832. 08783. be.
- Sommer A, Tielsch JM, Katz J, et al. Relationship between intraocular pressure and primary open angle glaucoma among white and black Americans. The Baltimore Eye Survey [J]. *Arch Ophthalmol*, 1991, 109(8): 1090-1095. DOI: 10. 1001/archoph. 1991. 01080080050026.
- Wu SY, Leske MC. Associations with intraocular pressure in the Barbados Eye Study [J]. *Arch Ophthalmol*, 1997, 115(12): 1572-1576. DOI: 10. 1001/archoph. 1997. 01100160742012.
- Pakravan M, Javadi MA, Yazdani S, et al. Distribution of intraocular pressure, central corneal thickness and vertical cup-to-disc ratio in a healthy Iranian population: the Yazd Eye Study [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2017, 95(2): e144-e151 [2022-09-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27778447/>. DOI: 10. 1111/aos. 13231.
- Thapa SS, Paudyal I, Khanal S, et al. Central corneal thickness and intraocular pressure in a Nepalese population: the Bhaktapur Glaucoma Study [J]. *J Glaucoma*, 2012, 21(7): 481-485. DOI: 10. 1097/IJG. 0b013e3182182e0f.
- Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH, et al. Central corneal thickness and intraocular pressure in a Mongolian population [J]. *Ophthalmology*, 1998, 105(6): 969-973. DOI: 10. 1016/S0161-6420(98)96021-3.
- Zhong H, Li J, Li C, et al. The prevalence of glaucoma in adult rural Chinese populations of the Bai nationality in Dali, the Yunnan Minority Eye Study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(6): 3221-3225. DOI: 10. 1167/iov. 11-9306.
- Gelaw Y, Kollmann M, Irungu NM, et al. The influence of central corneal thickness on intraocular pressure measured by goldmann applanation tonometry among selected Ethiopian communities [J]. *J Glaucoma*, 2010, 19(8): 514-518. DOI: 10. 1097/IJG. 0b013e3181ca7708.
- 王桂琴, 白宗禧, 洛桑, 等. 40岁及以上藏族人群眼压分布的研究 [J]. *国际眼科杂志*, 2014, 14(7): 1181-1185. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2014. 07. 01.
- Wang GQ, Bai ZX, Luo S, et al. Characteristic of intraocular pressure distribution in population of 1115 Tibetan aged 40 years old or more [J]. *Int Eye Sci*, 2014, 14(7): 1181-1185. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2014. 07. 01.
- Lin HY, Hsu WM, Chou P, et al. Intraocular pressure measured with a noncontact tonometer in an elderly Chinese population: the Shihpai Eye Study [J]. *Arch Ophthalmol*, 2005, 123(3): 381-386. DOI: 10. 1001/archoph. 123. 3. 381.
- Yücel YH, Cheng F, Cardinell K, et al. Age-related decline of lymphatic drainage from the eye: a noninvasive *in vivo* photoacoustic tomography study [J/OL]. *Exp Eye Res*, 2020, 194: 108029 [2022-09-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32251650/>. DOI: 10. 1016/j. exer. 2020. 108029.
- Åström S, Stenlund H, Lindén C. Intraocular pressure changes over 21 years-a longitudinal age-cohort study in northern Sweden [J]. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(5): 417-420. DOI: 10. 1111/aos. 12232.
- Tian L, Wang D, Wu Y, et al. Corneal biomechanical characteristics measured by the CorVis Scheimpflug technology in eyes with primary open-angle glaucoma and normal eyes [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94: e317-324 [2022-09-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25639340/>. DOI: 10. 1111/aos. 12672.
- Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness [J]. *Acta Ophthalmol (Copenh)*, 1975, 53: 34-43. DOI: 10. 1111/j. 1755-3768. 1975. th01135. x.

(收稿日期: 2022-10-04 修回日期: 2023-01-05)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

