·临床报告·

西藏自治区不同海拔藏族人群的眼压及眼前节生物学参数差异

陈小蓉[1,2*],韩天颐[2,3*],刘泽熙[3],宋远航[3],小达娃[1],范 翔[1,2]

引用:陈小蓉,韩天颐,刘泽熙,等. 西藏自治区不同海拔藏族人群的眼压及眼前节生物学参数差异. 国际眼科杂志, 2026, 26(10):1851-1854.

基金项目:西藏自治区自然科学基金组团式援藏医学项目[No. XZ2023ZR-ZY23(Z)]

作者单位:[1](850000)中国西藏自治区拉萨市,西藏自治区人民医院眼科;[2](100191)中国北京市,北京大学第三医院眼科;[3](100083)中国北京市,北京大学医学部
*:陈小蓉和韩天颐对本文贡献一致。
作者简介:陈小蓉,学士,主治医师,研究方向:青光眼;韩天颐,在读临床医学八年制医学生,研究方向:眼科学。
通讯作者:范翔,博士,主任医师,副教授,硕士研究生导师,研究方向:青光眼. fanxiang@126.com;小达娃,学士,副主任医师,研究方向:青光眼. da1528@qq.com

收稿日期: 2026-05-20 修回日期: 2026-08-17

摘要

目的:比较长期居住于西藏自治区不同海拔藏族人群的眼压及眼前节生物学参数差异,探讨高海拔环境对眼部特征的影响。

方法:回顾性横断面研究。收集2019年9月至2021年10月于西藏自治区人民医院就诊的藏族患者资料。根据长居地海拔分为较高海拔组(2 500-3 750 m)和超高海拔组(>3 750 m)。选取最佳矫正视力较好眼,记录两组的眼压、屈光度及眼前节生物测量参数[角膜横径(WTW)、中央角膜厚度(CCT)、前房深度(ACD)、晶状体厚度(LT)、眼轴长度(AL)],并进行比较。

结果:共纳入藏族患者43例43眼,其中男23例,女20例,年龄57.88±13.90岁。超高海拔组19例19眼,较高海拔组24例24眼。超高海拔组眼压为11.79±1.72 mmHg,显著低于较高海拔组(13.44±2.43 mmHg)(P=0.019)。超高海拔组CCT为482.70±23.76 μm,显著薄于较高海拔组(503.00±31.09 μm)(P=0.012);超高海拔组AL为22.96±0.96 mm,显著短于较高海拔组(23.64±1.10 mm)(P=0.020)。两组间WTW、ACD、LT及屈光度无差异(均P>0.05)。

结论:在西藏自治区藏族人群中,随着居住地海拔的升高,眼压测量值显著降低,CCT变薄,AL缩短。这种形态学改变提示眼球在超高海拔环境下可能存在适应性重塑,较薄的角膜可能是导致眼压测量值偏低的重要因素。

关键词:高海拔;眼压;眼前节;生物学参数;中央角膜厚度
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.10.27

Differences in intraocular pressure and anterior segment biometric parameters among Tibetan populations at different altitudes in Xizang autonomous region

Chen Xiaorong[1,2*], Han Tianyi[2,3*], Liu Zexi[3], Song Yuanhang[3], Xiao Dawa[1], Fan Xiang[1,2]

Foundation item: Xizang Natural Science Foundation, Group Medical Aid to Xizang Medical Project Funding [No. XZ2023ZR-ZY23(Z)]

[1]Department of Ophthalmology, People's Hospital of Xizang Autonomous Region, Lhasa 850000, Xizang Autonomous Region, China; [2]Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; [3]Peking University Health Science Centre, Beijing 100083, China
*Co-first authors: Chen Xiaorong and Han Tianyi
Correspondence to: Fan Xiang. Department of Ophthalmology, People's Hospital of Xizang Autonomous Region, Lhasa 850000, Xizang Autonomous Region, China; Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China. fanxiang@126.com; Xiao Dawa. Department of Ophthalmology, People's Hospital of Xizang Autonomous Region, Lhasa 850000, Xizang Autonomous Region, China. da1528@qq.com

Received:2026-05-20 Accepted:2026-08-17

Abstract

• AIM: To compare the differences in intraocular pressure and anterior segment biometric parameters among Tibetan populations permanent residing at different altitudes in Xizang autonomous region, and to explore the impact of high-altitude environments on ocular characteristics.

• METHODS: This was a retrospective cross-sectional study. Data were collected from Tibetan patients who visited the People's Hospital of Xizang Autonomous Region from September 2019 to October 2021. Participants were divided into two groups based on their permanent residence altitude: a higher altitude group (2 500-3 750 m) and a very high-altitude group (>3 750 m). The eye with better best corrected visual acuity was selected for each participant. Intraocular pressure, refractive error, and anterior segment biometric measurements [white-to-white corneal diameter (WTW), central corneal thickness (CCT), anterior chamber depth (ACD), lens thickness (LT), axial length (AL)] were recorded and compared between the two groups.

• RESULTS: A total of 43 Tibetan patients (43 eyes) were enrolled in this study, comprising 23 males and 20 females, with a mean age of 57.88±13.90 y. There were 19 patients (19 eyes) in the very high-altitude group and 24 patients (24 eyes) in the higher altitude group. The mean intraocular pressure in the very high-altitude group was 11.79±1.72 mmHg, which was significantly lower than 13.44±2.43 mmHg in the higher altitude group (P=0.019). CCT in the very high-altitude group was 482.70±23.76 μm, significantly thinner than 503.00±31.09 μm in the higher altitude group (P=0.012). AL in the very high-altitude group was 22.96±0.96 mm, significantly shorter than 23.64±1.10 mm in the higher altitude group (P=0.020). No statistically significant differences were found between the two groups in WTW, ACD, LT, or refractive error (all P>0.05).

• CONCLUSION: Among the Tibetan population in Xizang autonomous region, as the altitude of residence increases, intraocular pressure significantly decreases, CCT becomes thinner and AL shortens. These morphological changes suggest possible adaptive remodelling of the eye in very high-altitude environments, and a thinner cornea may be an important factor contributing to the lower measured intraocular pressure values.

• KEYWORDS: high altitude; intraocular pressure; anterior segment; biometric parameters; central corneal thickness

Citation: Chen XR, Han TY, Liu ZX, et al. Differences in intraocular pressure and anterior segment biometric parameters among Tibetan populations at different altitudes in Xizang autonomous region. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(10):1851-1854.

0 引言

高海拔地区具有低压、低氧、低温及强紫外线辐射等独特的环境特征。眼球及其附属器作为对氧合状态及环境压力高度敏感的器官,其生理参数可能随环境改变发生适应性变化。既往关于高原眼病的研究多聚焦于低海拔人群急性短期暴露于高原环境后的生理改变,主要发现涉及眼压波动、角膜厚度变化及视网膜微循环改变等[1-4]。然而,关于世居高原人群长期暴露于不同海拔梯度下的眼部结构与功能适应性研究相对匮乏。此外,现有研究多未有效控制遗传背景这一关键混杂因素[5-6]。藏族人群长期定居于青藏高原,具有独特的遗传适应性。以该人群为研究对象,比较其内部不同海拔居住者的眼部特征,可最大程度排除种族差异干扰,更清晰地揭示环境压力(剂量效应)与眼部表型之间的关联。本研究通过横断面调查,对比西藏地区长期居住于较高海拔与超高海拔地区藏族成年人的眼压及眼前节生物学参数,旨在初步探索长期高海拔环境暴露对眼球结构及眼压稳态的影响。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为回顾性横断面研究。选取 2019 年 9 月至 2021 年 10 月在西藏自治区人民医院眼科门诊或体检中心就诊的人群。纳入标准:(1)年龄≥18 周岁;(2)三代以内均为藏族血统;(3)在当前海拔地区连续居住时间≥10 a;(4)角膜透明,房角开放。排除标准:(1)既往有眼部手术史(如白内障、屈光手术、抗青光眼手术等);(2)患有影响眼压测量的眼部疾病(如角膜炎、青光眼、高眼压症、葡萄膜炎等);(3)患有影响眼部参数的全身性疾病(如糖尿病、甲状腺相关眼病等);(4)长期使用可能影响眼压的药物(如糖皮质激素、碳酸酐酶抑制剂等);(5)高度近视(屈光度<-6.00 D)与高度远视(屈光度>+5.00 D)。医学上对高原的起点并无绝对共识,通常认为 2 500 m 是可能发生高原病症状的界值;国际山地医学会定义高海拔 1 500-3 500 m、超高海拔 3 500-5 500 m,而中华医学会根据人体生理反应划分为高海拔 2 500-4 500 m、超高海拔 4 500-5 500 m,结合西藏自治区主要行政居住地拉萨、日喀则、昌都、山南、那曲、阿里地区的平均海拔,最高海拔行政乡 5 300 m,本研究根据受检者长期居住地海拔高度,将其分为较高海拔组(2 500-3 750 m)和超高海拔组(>3 750 m)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,并经西藏自治区人民医院医学伦理委员会审批,本研究取得医学伦理委员会审查批准(批准号:QZYY2019-IRBPJ-21),所有参与者因回顾性研究均免除签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 临床资料采集 记录受检者姓名、性别、年龄、民族、长期居住地及其平均海拔高度。

1.2.2 眼部检查 选取最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)较好眼纳入分析(若双眼 BCVA 相同则随机选取一眼)[7],屈光度(refractive error, D)通过综合验光仪获得。所有受检者均进行裂隙灯显微镜检查。眼压测量采用回弹式眼压计(iCare, Finland)以避免气动眼压在高原环境中可能因大气压力导致的误差。眼前节生物学参数测量采用扫频光学生物测量仪(IOL Master 700),记录参数包括:角膜横径(white-to-white corneal diameter, WTW)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、前房深度(anterior chamber depth, ACD)、晶状体厚度(lens thickness, LT)及眼轴长度(axial length, AL)。

统计学分析:采用 SPSS 22.0 统计学软件进行数据分析。连续变量经正态性检验符合正态分布者,以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布者采用 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。分类变量以比值比表示,组间比较采用卡方检验。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料 本研究共纳入符合标准的藏族参与者 43 例43 眼,其中男 23 例,女 20 例;右眼 17 眼,左眼 26 眼;年龄 28-81(平均 57.88±13.90)岁。长居地分布见图 1,海拔范围为 3 200-5 000 m。超高海拔组纳入 19 例 19 眼,长居地海拔 3 836-5 000[平均海拔 4450(3840, 4450)] m;较高海拔组纳入 24 例 24 眼,长居地海拔 3 200-3 657[平均海拔 3650(3650,3650)] m。两组间年龄、性别构成、眼别分布、BCVA 及屈光度比较,差异无统计学意义(均 P>0.05,表 1)。

2.2 眼压及眼前节生物学参数比较

2.2.1 眼压 超高海拔组平均眼压显著低于较高海拔组,差异有统计学意义(P=0.019),见表 2。

2.2.2 眼前节参数 超高海拔组 CCT 较较高海拔组显著变薄(P=0.012)。超高海拔组 AL 较较高海拔组显著缩短

(P=0.020)。尽管超高海拔组的 ACD 小于较高海拔组，但差异无统计学意义(P>0.05)。两组间 WTW、LT 差异亦无统计学意义(均 P>0.05)，见表 2。

3 讨论

本研究以世居藏族人群为对象，控制了种族遗传背景的差异，在年龄、性别构成、视力及屈光度相似的人群中，发现随着居住地海拔的升高(从 2 500-3 750 m 升至>3 750 m)，人群的眼压显著降低，同时伴有 CCT 变薄和 AL 缩短。这一结果提示，在慢性高海拔低氧及强辐射环境下，眼球可能发生了适应性的形态学重塑。

关于高海拔环境对眼压的影响，既往研究结论不一。Yang 等[8]的 Meta 分析显示，在 3 000-5 500 m 范围内，眼压随海拔升高而降低，这与本研究结果一致。高海拔地区眼压降低的机制可能涉及多方面：(1)慢性缺氧可能导致碳酸酐酶活性受抑，进而减少房水生成[9]；(2)为了适应低氧环境，机体可能出现全身性血流动力学改变，加之低温刺激引起的微小血管收缩，可能导致表层巩膜静脉压降低，从而增加房水流出设施的易度[10-11]，长期低氧环境可能影响小梁网细胞的代谢和细胞外基质重塑，亦可能改变房水流出易度。本研究中 CCT 随海拔升高而显著变薄，与短期暴露研究的结果截然相反。短期进入高原通常引起角膜缺氧水肿导致 CCT 增加[2,12]，而本研究针对的是长期居住者。Patyal 等[13]研究发现高原居民角膜较平原居民薄，推测这是对慢性缺氧的长期适应结果，薄角膜可能更有利于氧气透过角膜基质层扩散进入前房。此外，高原强烈的紫外线辐射可能促进角膜胶原交联，类似于“角膜交联术”效应，导致角膜基质紧缩、厚度变薄[14]。值得注意的是，CCT 是影响压平眼压测量的关键因素，本研究中超高海拔组眼压偏低，很大程度上可能归因于 CCT 变薄导致的测量假性偏低，而非单纯的眼内压真实下降，诚然也不能排除角膜生物力学特性产生相应变化而影响眼压测量，需要重视并进一步深入研究。

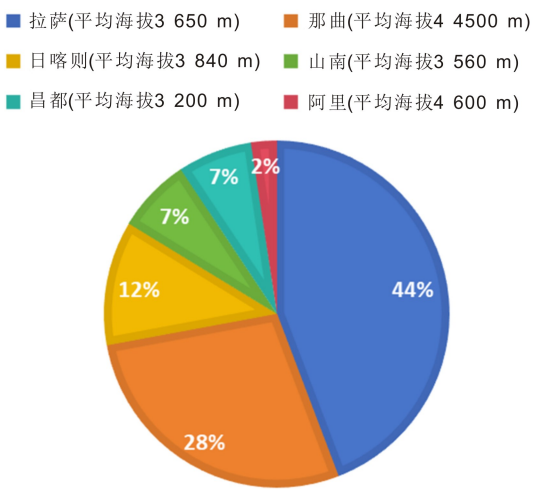


图 1 研究对象长居地分布图。

本研究中 AL 随海拔升高而缩短可能是一种代偿性生理反应，通过增加脉络膜血流灌注来维持视网膜的氧气供应[15]，但这一现象也可能与高原强紫外线暴露有关。研究表明，增加的环境光照强度可促进视网膜多巴胺释放，抑制巩膜成纤维细胞生长，从而延缓 AL 增长[16]；同时，紫外线照射可能增强巩膜胶原交联，提高巩膜生物力学硬度，限制 AL 延伸[17]。本研究观察到超高海拔组存在“CCT 变薄、AL 缩短”的特征，而 WTW 虽无统计学显著差异但呈现略微增大趋势，这种组合提示在极端高海拔环境下，眼球可能呈现一种“眼前节相对扩张、眼后节相对压缩”的形态改变，类似于球体在特定压力环境下的适应性形变，以维持眼内代谢和光学功能的稳态。

本研究中 ACD、LT 并未体现加深、变厚趋势，或许因为样本量过小尚不能反映海拔越高前节扩张、晶状体因为缺氧老化变厚的特点，不排除通过扩大样本量出现显著差异结果的可能性，需要进一步深入研究。

本研究尽管于国内首次分析了>2 500 m 高海拔地区长住居民眼压与眼前节生物特征参数的关系，揭示长期高海拔环境暴露对眼球结构及眼压稳态的影响，但尚存在局限性：样本量相对较小，且为单中心回顾性研究；缺乏前节 OCT、UBM 及角膜生物力学(如 Corvis ST)等更详尽的检查数据，无法深入分析房角结构及角膜生物力学特性对测量结果的影响。回顾病例的资料中，亦缺乏参与者日常紫外线暴露时长、吸烟史、血氧饱和度、肺动脉压力、日常劳作强度等指标的记录，上述因素均可能会影响眼压及前节生物参数，进一步的研究将详细记录混杂因素、扩大样本量行多因素分析来得到更加准确的统计学结果。未来拟纳入平原地区藏族人群作为对照，开展多中心大样本研究，并结合动物实验进一步阐明高海拔环境重塑眼部结构的病理生理机制。

表 1 不同海拔高度藏族人群一般资料及视力、屈光度比较

分组	n	年龄($\bar{x}\pm s$，岁)	性别(男/女，例)	眼别(右/左，眼)	BCVA[$M(P_{25}, P_{75})$，LogMAR)]	屈光度[$M(P_{25}, P_{75})$，D]	长居地海拔[$M(P_{25}, P_{75})$，m]
超高海拔组	19	59.05±12.63	9/10	8/11	-0.69(-0.22,-1.00)	-0.50(-3.13,0.00)	4450(3840,4450)
较高海拔组	24	57.04±15.17	14/10	9/15	-0.40(-0.30,-1.00)	0.00(-0.63,0.00)	3650(3650,3650)
P		0.323	0.243	0.383	0.440	0.302	<0.001

注：较高海拔组为 2 500-3 750 m；超高海拔组为>3 750 m。

表 2 不同海拔高度藏族人群眼压及眼前节生物学参数比较

分组	n	眼压($\bar{x}\pm s$，mmHg)	CCT($\bar{x}\pm s$，μm)	WTW[$M(P_{25}, P_{75})$，mm]	ACD[$M(P_{25}, P_{75})$，mm]	LT[$M(P_{25}, P_{75})$，mm]	AL($\bar{x}\pm s$，mm)
超高海拔组	19	11.79±1.72	482.70±23.76	11.60(11.30,12.00)	2.84(2.46,3.09)	4.00(3.43,4.48)	22.96±0.96
较高海拔组	24	13.44±2.43	503.00±31.09	11.60(11.40,12.00)	2.94(2.27,3.21)	4.05(3.92,4.52)	23.64±1.10
P		0.019	0.012	0.167	0.234	0.236	0.020

注：较高海拔组为 2 500-3 750 m；超高海拔组为>3 750 m。

综上所述,在西藏自治区长居藏族人群中,随着居住地海拔的升高,眼压显著降低,CCT 变薄且 AL 缩短。这种形态学改变提示眼球在超高海拔环境下可能存在适应性重塑,较薄的角膜可能是导致眼压测量值偏低的重要因素。因此在对高原人群进行青光眼筛查或屈光手术规划时,应充分考虑海拔因素对以 CCT 为代表的角膜生物力学特性及眼压测量的影响。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。
作者贡献声明:陈小蓉、小达娃论文选题,研究设计和实施;陈小蓉、韩天颐、刘泽熙、宋远航文献检索、数据收集和分析;陈小蓉、韩天颐、小达娃论文撰写;范翔论文选题,研究设计和指导,论文修改和定稿。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Richalet JP, Hermand E, Lhuissier FJ. Cardiovascular physiology and pathophysiology at high altitude. Nat Rev Cardiol, 2024,21(2):75-88.
[2] Wu Y, Qiong-Da CR, Liu J, et al. Intraocular pressure and axial length changes during altitude acclimatization from Beijing to Lhasa. PLoS One, 2020,15(1):e0228267.
[3] Willmann G, Schommer K, Schultheiss M, et al. Effect of high altitude exposure on intraocular pressure using goldmann applanation tonometry. High Alt Med Biol, 2017,18(2):114-120.
[4] Mishra T, Goswami S, Deval H, et al. Recent public health concerns of the high-altitude tribal population of Lahaul and Spiti, Himachal Pradesh. J Family Med Prim Care, 2023,12(4):660-665.
[5] Xie Y, Sun YX, Han Y, et al. Longitudinal observation of intraocular pressure variations with acute altitude changes. World J Clin Cases, 2019,7(20):3226-3236.
[6] Xie Y, Yang YQ, Han Y, et al. Association between arterial blood gas variation and intraocular pressure in healthy subjects exposed to acute short-term hypobaric hypoxia. Transl Vis Sci Technol, 2019,8(6):22.
[7] Salabati M, Huang C, Kamalipour A, et al. Magnitude of visual acuity change with ETDRS versus snellen testing in clinical trials: Implications for Clinic-Based Outcomes. Ophthalmol Sci, 2024,4(2):100372.
[8] Yang YQ, Xie Y, Sun YX, et al. Intraocular pressure changes of healthy lowlanders at different altitude levels: a systematic review and meta-analysis. Front Physiol, 2019,10:1366.
[9] 杨一佺, 王宁利. 特殊自然环境对眼压的影响及其机制的研究进展. 中华眼科杂志, 2022,58(11):949-953.
[10] Yeak Dieu Siang J, Mohamed MNAB, Mohd Ramli NB, et al. Effects of regular exercise on intraocular pressure. Eur J Ophthalmol, 2022,32(4):2265-2273.
[11] Zhu MM, Lai JSM, Choy BNK, et al. Physical exercise and glaucoma: a review on the roles of physical exercise on intraocular pressure control, ocular blood flow regulation, neuroprotection and glaucoma-related mental health. Acta Ophthalmol, 2018,96(6):e676-e691.
[12] De Abreu J, Paillisser A, Berquet F, et al. Changes in retinal vasculature phenotype and choroidal blood flow at high altitude in healthy lowlanders. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2025,66(6):50.
[13] Patyal S, Arora A, Yadav A, et al. Corneal thickness in highlanders. High Alt Med Biol, 2017,18(1):56-60.
[14] Asharlous A, Hashemi H, Yekta A, et al. Topographic properties of the Cornea in welders. Eur J Ophthalmol, 2022,32(1):165-169.
[15] Fischer MD, Schatz A, Seitz IP, et al. Reversible increase of central choroidal thickness during high-altitude exposure. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2015,56(8):4499-4503.
[16] Brown DM, Mazade R, Clarkson-Townsend D, et al. Candidate pathways for retina to scleral signaling in refractive eye growth. Exp Eye Res, 2022,219:109071.
[17] Xu YS, Lai LB, Chen Z, et al. Scleral remolding-related gene expression after scleral collagen cross-linking using ultraviolet a and riboflavin in myopic guinea pig model. Curr Eye Res, 2023,48(4):392-401.