

玉树高原地区小学生视力筛查结果分析 以及轴率比对近视的诊断试验评价

白雪晴 张诚玥 兰天琪 谈晖珍 巨晓芳 全晓杰 韩雪 李莉

摘要 目的 分析玉树高原地区小学生视力和眼球生物学参数的特点, 并进行轴率比 (AL/CR) 对于近视的诊断试验评价, 为我国高原地区儿童近视防控提供依据。方法 采用横断面研究设计及整群随机抽样方法, 2024 年 9 月从青海省玉树藏族自治州学校中直接抽取 3 所, 将 1~6 年级全体学生作为研究对象。测量裸眼视力、眼轴长度 (AL)、角膜屈光度 (K)、AL/CR 和散瞳后等效球镜 (SE) 等参数。结果 共纳入儿童 955 例, 年龄 7~12 岁 (10.00 ± 1.08 岁), 其中男孩 467 例 (934 眼, 48.9%), 女孩 488 例 (976 眼, 51.1%)。视力正常占比为 58.28%, 其中视力正常占比最高出现在 8 岁 (72.8%); 在 9~12 岁儿童中, 视力正常占比随年龄增长呈现下降趋势 (从 67.97% 下降至 42.24%)。AL、K 和 AL/CR 在总体中的均值分别为: 22.93 ± 0.98 mm、 43.58 ± 2.17 D 和 2.96 ± 0.11 。AL/CR ≥ 3 对于近视的诊断灵敏度为 84.3%, 特异度为 90.4%, Youden 指数为 0.59, ROC 曲线下面积为 0.863, 其对于 9~12 岁儿童近视诊断效能较高 (ROC 曲线下面积为 0.867~0.87); 对于 7 岁儿童的近视诊断效能较小 (ROC 曲线下面积为 0.625)。结论 玉树高原地区小学生的视力正常率较高, 然而, 这一比例随着年龄增长逐渐降低。AL/CR ≥ 3 对于近视诊断的性能较好。

关键词 近视 轴率比 高原 小学生

Analysis of vision screening results and evaluation of the diagnostic test for myopia based on axial length/corneal radius ratio in primary school students in the yushu plateau area. Bai Xue-qing, Zhang Cheng-yue, Lan Tian-qi, et al. Department of Ophthalmology, Beijing Children's Hospital, Key Laboratory of Major Diseases in Children, Ministry of Education, Capital Medical University National Children's Medical Centre, Beijing 100045, China

ABSTRACT Objective To analyze the characteristics of visual acuity and ocular biometric parameters among primary school students in the Yushu plateau area, and to evaluate the diagnostic efficacy of the axial length/corneal radius ratio (AL/CR) for myopia. This study aims to provide evidence for myopia prevention and control among children in high-altitude regions of China. **Methods** A cross-sectional study was conducted in September 2024 among randomly selected students in grades 1 through 6 from three schools in the Yushu Tibetan Autonomous Prefecture, Qinghai Province, using a direct sampling approach. Parameters such as uncorrected visual acuity, axial length (AL), mean keratometry (K), AL/CR, and spherical equivalent (SE) after pupil dilation were measured. **Results** This study included 955 children aged 7~12 years (10.00 ± 1.08 years), with boys accounting for 467 (934 eyes, 48.9%) and girls accounting for 488 (976 eyes, 51.1%). The proportion of normal vision was 58.28%, with the highest proportion of normal vision observed at age 8 (72.8%). Among children aged 9~12 years, the proportion of normal vision showed a decreasing trend with increasing age (from 67.97% to 42.24%). The mean values of AL, K, and AL/CR in the overall population were: 22.93 ± 0.98 mm, 43.58 ± 2.17 D, and 2.96 ± 0.11 , respectively. AL/CR ≥ 3 had a sensitivity of 84.3% and specificity of 90.4% for diagnosing myopia, with a Youden index of 0.59 and an area under the ROC curve of 0.863. Its diagnostic efficacy for myopia was relatively high in children aged 9~12 years (area under the ROC curve

基金项目: 国家自然科学基金 (82371093)

作者单位: 100045 首都医科大学附属北京儿童医院眼科 儿科重大疾病研究教育部重点实验室 国家儿童医学中心 (白雪晴, 张诚玥, 全晓杰, 李莉); 北京儿童医院新疆医院 新疆维吾尔自治区儿童医院 (白雪晴, 兰天琪); 青海省妇女儿童医院 (谈晖珍, 巨晓芳, 韩雪)

通讯作者: 李莉, Email: liliyk1@163.com

of 0.867~0.87), but lower in children aged 7 years (area under the ROC curve of 0.625). **Conclusion** The proportion of normal vision among primary school students in the Yushu plateau area is relatively high, but it shows a decreasing trend with increasing age. The diagnostic performance of $AL/CR \geq 3$ is effective for detecting myopia.

Key words Myopia Axial-to-Coronal Ratio (AL/CR) Plateau Primary school students

流行病学调查显示,受地理环境的影响,儿童近视发病在不同地区之间具有一定差异^[1]。研究表明,长期处于特殊高海拔环境中的居民,眼睛和全身生理结构会发生一系列适应性变化^[2]。玉树藏族自治州儿童长期生活在海拔 4000~4300 米的低压低氧、紫外线辐射较多的特殊环境中,而针对该地区儿童眼生物学参数和近视屈光状态的研究较少。本研究分析了玉树地区小学生视力筛查结果、眼生物学参数特点及其与近视的相关性等情况,拟为我国高原地区儿童青少年近视防控提供重要依据。

对象与方法

1. 对象

采用横断面研究设计。2024 年 9 月,首都医科大学附属北京儿童医院眼科在青海省玉树藏族自治州采用整群随机抽样方法,从当地学校中直接抽取 3 所,纳入其 1 至 6 年级全体学生作为研究对象,共计 1037 例学龄儿童,最终纳入有效样本 955 例。纳入标准为 7~12 岁且能够配合完成所有检查。排除标准:眼部手术史;配戴接触镜;裂隙灯显微镜、眼底照相等检查发现眼部器质性病变。本研究遵守《赫尔辛基宣言》,经过首都医科大学附属北京儿童医院伦理委员会批准(编号:2019-k-31),研究对象监护人均签署知情同意书。

2. 方法

采用《国际标准视力表》(GB11533-2011)检测裸眼远视力(5 米)。使用眼科光学生物测量仪(中国,万灵帮桥,StarEyes900)测量眼球生物学参数,包括眼轴长度(axial length, AL)、角膜屈光度(mean keratometry, K)和轴率比(axial length/corneal radius ratio, AL/CR)等。每项指标至少连续测量 3 次并取平均值。使用电脑验光仪(中国,雄博,RMK-800)小瞳孔下检查屈光度,重复测量 3 次取平均值。对裸眼视力 < 1.0 或小瞳孔下等效球镜(spherical equivalent, SE) < -0.50D 者散瞳验光。使用复方托吡卡胺滴眼液麻痹睫状肌,10 分钟 1 次滴双眼,滴 4 次后电脑验光,重复测量 3 次取平均值。SE=球镜度数+1/2 柱镜度数。将裸眼视力分为:正常(≥ 5.0);轻度不良(4.9);中度不良(4.6~4.8);重度不良(≤ 4.5)。散瞳后 SE $\leq$ -0.50D 作为近视诊断。所有测量人员均按统一方法和

标准培训操作流程。

采用高速文档扫描仪(富士康,fi-6130Z)将纸质资料扫描至电脑设备 OCR(Optical Character Recognition)图像识别工具识别并提取图像中的字符和文字,Apache POI 库(Java 8.0.4310.10)读取和录入 Excel 文件,双人录入资料进行一致性检验,发现异常值或缺失值,立即查阅原始资料核对,确保录入准确性。

3. 统计方法

所有数据采用 SPSS version29.0.2.0 软件分析。计量资料采用均值 $\pm$ 标准差描述,并进行两组独立样本 *t* 检验分析。本研究均纳入双眼数据分析。通过 ROC 曲线分析,计算 AL/CR 比值用于诊断近视的曲线下面积以及灵敏度(Sensitivity, Se)、特异度(Specificity, Sp)和 Youden 指数(Youden index, YI),分析 AL/CR 的诊断效能和最佳诊断界值。双侧检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

结 果

1. 一般情况

本研究共纳入玉树藏族自治州 3 所小学的 955 名小学生作为调查对象,年龄 7~12 岁(10.00 ± 1.08 岁)。其中男孩 467 例(934 眼,48.9%),女孩 488 例(976 眼,51.1%)。

2. 视力分布情况

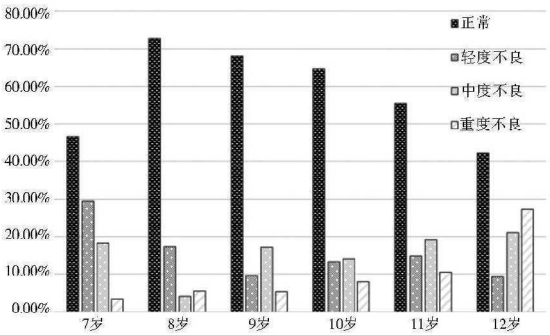


图 1 玉树地区小学生视力分布情况

955 名儿童(1910 眼)的视力正常占比为 58.28%,其中视力正常占比最高出现在 8 岁(72.8%);在 9~12 岁儿童中,视力正常占比随年龄增

长呈现下降趋势（从 67.97% 下降至 42.24%）。视力轻度不良占比为 15.67%，其中 7 岁儿童视力轻度不良占比最高（29.55%），视力正常占比为 46.59%。视力重度不良占比为 10.02%；12 岁儿童视力重度不良占比最高（27.33%），视力正常占比最低（42.24%）。（图 1）

3. 眼生物学参数的特点

AL、K 和 AL/CR 在玉树地区儿童中的均值分别

为：22.93 ± 0.98mm、43.58 ± 2.17D 和 2.96 ± 0.11。AL、K 和 AL/CR 的均值在 7 岁儿童中分别为 22.70 ± 0.67mm、43.45 ± 1.14D 和 2.93 ± 0.08；而 12 岁儿童中分别为 23.38 ± 0.68mm、43.77 ± 1.42D 和 3.03 ± 0.15。AL、K 和 AL/CR 在玉树地区 7~12 岁儿童中均随年龄增长均呈现增加趋势。（表 1）

表 1 玉树小学生眼生物测量参数

	7 岁	8 岁	9 岁	10 岁	11 岁	12 岁	平均值
AL (mm)	22.70±0.67	22.75±0.76	22.8±0.71	22.79±0.94	23.15±1	23.38±0.68	22.93±0.98
P		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
K (D)	43.45±1.14	43.49±2.4	43.51±1.4	43.51±2.78	43.77±3.78	43.77±1.42	43.58±2.17
P		<0.01	0.17	0.01	<0.01	0.57	
AL/CR	2.93±0.08	2.94±0.11	2.94±0.2	2.96±0.12	2.99±0.13	3.03±0.15	2.96±0.11
P		0.01	0.06	0.55	<0.01	<0.01	

4. AL/CR 对于近视的诊断试验评价

本研究中 AL/CR ≥ 3 者共 611 眼，占比 31.99%（611/1910），对 339 名儿童（678 眼）进行散瞳验光，其中 AL/CR ≥ 3 者共 246 眼，占比 36.28%（246/678），散瞳后 SE ≤ -0.50D 为 204 眼（204/246，82.93%）。

根据散瞳验光结果，计算 AL/CR 比值可能的近视诊断分界点（2.85 ~ 3.15）中的灵敏度、特异度和 Youden 指数，其中分界点为 AL/CR ≥ 3 的 Youden 指数最大（0.59）。（表 2）。AL/CR ≥ 3 对于全部受检儿童的近视诊断灵敏度为 84.3%，特异度为 90.4%，ROC 曲线下面积为 0.863。其中 AL/CR ≥ 3 对于 9~12 岁儿童的近视诊断效能较高（ROC 曲线下面积为 0.867 ~ 0.87）；对于 7 岁儿童的近视诊断效能较小（ROC 曲线下面积为 0.625）。（表 3）

表 2 AL/CR 对于散瞳后近视的诊断界值比较

诊断界值	灵敏度 (%)	特异度 (%)	Youden 指数
AL/CR ≥ 2.85	99.10	8.90	0.08
AL/CR ≥ 2.9	93.70	21.20	0.15
AL/CR ≥ 2.95	91.10	49.40	0.41
AL/CR ≥ 3	80.80	78.20	0.59
AL/CR ≥ 3.05	59.30	93.00	0.52
AL/CR ≥ 3.1	41.60	99.30	0.41
AL/CR ≥ 3.15	30.40	100.00	0.30

表 3 AL/CR ≥ 3 对于散瞳后近视的诊断试验评价

	7 岁	8 岁	9 岁	10 岁	11 岁	12 岁	平均值
敏感度 (%)	85.70	70.40	83.00	97.00	72.00	88.40	84.30
特异度 (%)	90.90	90.90	88.40	81.40	90.60	93.10	90.40
ROC 曲线下面积	0.625	0.815	0.869	0.868	0.87	0.867	0.863

讨论

儿童近视在多个地区高发问题成为近年来全球范围的研究热点，然而大部分的研究集中在平原地区^[3]。与平原相比，当人体上升至海拔 2400 米以上，

各系统包括眼部会发生一系列变化，甚至出现急性视力下降^[4]。我国大约有 1000 万人口居住在海拔 3000 米以上高原，高原居民通过千百年来生理和基因的适应机制，能够很好的适应低压、缺氧、寒冷和紫外线暴露等特殊的环境^[5]。玉树藏族自治州平均海拔在

4200 米以上,是全国藏族居民占比最高的自治州(藏族比例超过 97%),其大部分从事牧业且世居此地,研究当地小学生的眼生物学参数分布与近视的特点,有助于探究高海拔环境对于近视的影响,并为高原地区儿童近视防控提供参考和依据。

儿童近视患病率和视力不良检出率具有明显地域特点,全国范围中小学生视力不良检出率南方地区(55.60%)高于北方地区(49.95%)^[6]。然而近年来北方地区儿童视力情况并不乐观,新疆地区儿童青少年视力筛查显示,2019~2021 年近视率和视力不良检出率逐年上升,其中汉族占比较高(约 80%)的乌鲁木齐市视力不良检出率达到 61.07%,相比之下,汉族占比较少(约 3%)的和田地区视力不良检出率只有 26.13%^[7]。2021 年青海湟中高海拔地区(海拔 2545m,汉族占比 71%),8 岁(2 年级)和 12 岁(6 年级)视力合格率低于同年龄的玉树儿童(63.7% vs 72.8%和 37.04% vs 42.24%)^[8]。2023 年我们在新疆石河子地区(海拔 450m,汉族占比 90%)筛查结果显示,玉树儿童的视力正常占比高于石河子儿童(两地区 8~12 岁儿童视力正常占比分别为 72.8% vs 61.46%、67.97% vs 48.47%、64.52% vs 46.8%、55.56% vs 34.85%和 42.24% vs 31.24%)^[9]。以上结果表明,玉树高原地区较平原地区小学生视力正常占比相对较高,但随着年龄增加视力正常占比呈现逐年下降趋势。

高海拔地区本土居民的胸径、肺活量、血细胞比容等身体参数与平原地区相比存在明显差异,然而对于眼生物学参数的对比研究较少。2005 年 Bali 等^[10]调查发现高海拔居民的鼻梁宽度、内眦间距、外眦间距和瞳孔间距等明显增大,并认为眼部结构的变化有助于更好的适应高原环境。在我们的研究中,玉树儿童 AL 和 AL/CR 较其他地区偏低,这一结果与该地区较低的近视患病率和视力不良率相符^[9]。2022 年中国学龄儿童眼球角膜曲率专家共识中表明,学龄期间 K 值已经基本稳定^[11]。然而在我们研究中,玉树小学生的 K 值随年龄呈现增加趋势,并且相同年龄儿童的平均 K 值大于平原地区儿童,其中 7 岁平均 K 值(43.45D vs 42.71D),12 岁平均 K 值(43.77D vs 42.6D)。由于高海拔地区儿童眼生物学参数的相关研究较少,本研究中玉树儿童较低的 AL 和 AL/CR 以及较高的 K 值推测一方面与高原特殊的环境甚至种族差异有关^[12];另一方面由于高海拔地区儿童的骨龄发育和青春期时间延迟的检出率较高^[13],而眼球作为身体的器官与身体发育同步进行,导致玉树小学生眼生物学参数的分布与其他地区存在差异性^[9,14]。

睫状肌麻痹验光是诊断儿童近视的金标准,但是在近视防控的工作中难以进行大规模、定期实施。目前中小学近视筛查最常用的测量指标是裸眼视力和小瞳孔电脑验光。小瞳孔电脑验光筛查近视的误差很大^[15]。研究显示儿童 AL/CR 比值与屈光高度相关,在 AL/CR 比值诊断和评估近视的多项研究中,其 ROC 曲线均达到 0.9 以上,显示 AL/CR 对于近视的诊断准确性较高,但 AL/CR 随着学龄儿童的年龄、性别和角膜曲率等的不同,其界值在 2.89~3.16 之间发生一定的变化^[11,16]。我们计算 AL/CR 在上述范围中可能的诊断分界点下的 Youden 指数,在分界点 AL/CR ≥ 3 的 Youden 指数最大,尤其对于 9~12 岁儿童的近视诊断效能较高(ROC 曲线下面积为 0.867~0.87)。

综上所述,本研究对玉树地区 955 名学龄儿童的研究分析表明,视力正常占比最高出现在 8 岁;在 9~12 岁儿童中,视力正常占比随年龄增长呈现下降趋势;AL、K 和 AL/CR 在 7~12 岁儿童中均随年龄增长均呈现增加趋势。AL/CR ≥ 3 对于学龄儿童近视诊断的性能较好。本研究存在一定的局限性,首先,未对所有儿童进行散瞳验光,而只针对视力或屈光检查不合格的儿童进行散瞳验光,因此无法全面评估视力正常儿童散瞳前后的屈光状态;另外,本研究的样本量较少;最后,由于本研究使用的是横断面设计,所得到的结论并不能建立因果关系。在今后的研究中有必要扩大样本量和延长随访时间,以更准确的验证本研究的结论。

参 考 文 献

- [1] Morris TT, Guggenheim JA, Northstone K, et al. Geographical variation in likely myopia and environmental risk factors: a multilevel cross classified analysis of a UK Cohort[J]. *Ophthalmic Epidemiol*, 2020, 27(1): 1-9.
- [2] Sharma S, Koshy R, Kumar R, et al. Hypobaric hypoxia drives selection of altitude-associated adaptive alleles in the Himalayan population[J]. *Sci Total Environ*, 2024, 913: 169605.
- [3] 崔淇,徐奕爽,顾竞赛,等. 地理环境相关的儿童近视眼内外暴露因素及分析方法的研究进展[J]. *中华眼科杂志*, 2024, 60(4): 378-383.
- [4] Jha KN. High altitude and the eye[J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2012, 1(3): 166-169.
- [5] Getu A. Ethiopian native highlander's adaptation to chronic high-altitude hypoxia[J]. *Biomed Res Int*, 2022, 2022: 5749382.

(下转第 17 页)

参 考 文 献

- [1] Zhao G, Fu J, Qi Y, et al. Six-month binocular stereopsis recovery and its influencing factors in children with intermittent exotropia [J]. BMC Ophthalmol, 2024, 24(1): 139.
- [2] Xi S, Zhou Y, Yao J, et al. Cortical deficits are correlated with impaired stereopsis in patients with strabismus [J]. Neurosci Bull, 2023, 39(7): 1039–1049.
- [3] 孟昭君, 付晶, 赵博文, 等. 训练方式对共同性斜视术后患者眼位控制及立体视觉功能重建的影响 [J]. 眼科, 2020, 29(6): 421–425.
- [4] Lv XF, Zhong H, Yang HJ, et al. Study on the post-operative visual function recovery of children with concomitant exotropia based on an augmented reality plasticity model [J]. Frontiers in Psychology, 2023, 14: 1025577.
- [5] Li X, Yang C, Zhang G, et al. Intermittent exotropia treatment with dichoptic visual training using a unique virtual reality platform [J]. Cyberpsychology, Behavior and Social Networking, 2019, 22(1): 22–30.
- [6] Godinez A, Martín-González S, Ibarrondo O, et al. Scaffolding depth cues and perceptual learning in VR to train stereovision: a proof of concept pilot study [J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 10129.
- [7] 张艺, 翟子苏, 王聪尧, 等. 间歇性外斜视矫正术后患者立体视觉恢复影响因素的 Meta 分析 [J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2021, 29(4): 26–28, 30.
- (本文编辑: 张永强)
- (上接第 21 页)
- [6] 胡钦瑞, 王依, 王海燕, 等. 2019~2021 年中小学生眼健康筛查数据分析报告 [J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41(1): 69–77.
- [7] 魏碧霞, 秦泰莉, 刘玉秀, 等. 新疆地区 2019~2021 年儿童青少年近视筛查情况分析 [J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2023, 31(3): 25–29, 后插 8.
- [8] 蔺琪, 杨恩团, 李莉, 等. 青海省西宁市湟中区小学生屈光状态前瞻性队列研究 [J]. 中华预防医学杂志, 2022, 56(9): 1251–1256.
- [9] 白雪晴, 张诚玥, 杜然, 等. 新疆石河子地区学龄儿童近视增长与体格发育参数的相关性研究 [J]. 中华预防医学杂志, 2024, 58(12): 1961–1966.
- [10] Bali J, Chaudhary KP, Thakur R. High altitude and the eye: a case controlled study in clinical ocular anthropometry of changes in the eye [J]. High Alt Med Biol, 2005, 6(4): 327–338.
- [11] 中华预防医学会公共卫生眼科分会. 中国学龄儿童眼球远视储备, 眼轴长度, 角膜曲率参考区间及相关遗传因素专家共识 (2022 年) [J]. 中华眼科杂志, 2022, 58(2): 7.
- [12] Kleinstein RN, Jones LA, Hullett S, et al. Collaborative longitudinal evaluation of ethnicity and refractive error study group. refractive error and ethnicity in children [J]. Arch Ophthalmol, 2003, 121(8): 1141–1147.
- [13] 次旦旺久, 土旦阿旺, 杨美杰, 等. 海拔高度对儿童及青少年骨龄发育的影响 [J]. 基础医学与临床, 2023, 43(4): 636–640.
- [14] Goss DA, Cox VD, Herrin-Lawson GA, et al. Refractive error, axial length, and height as a function of age in young myopes [J]. Optom Vis Sci, 1990, 67(5): 332–338.
- [15] Zhao E, Wang X, Zhang H, et al. Ocular biometrics and uncorrected visual acuity for detecting myopia in Chinese school students [J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 18644.
- [16] 杨丽, 沙晶晶, 哈玲芳. 眼轴长度/角膜曲率半径比值与近视的相关性研究进展 [J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2024, 32(2): 45–48.
- (本文编辑: 张永强)