

青少年屈光不正眼在不同调节状态下晶状体的变化特点

李菲¹, 许琼芳², 陈威¹, 陈志祺¹, 王军明¹, 向艳¹

引用: 李菲, 许琼芳, 陈威, 等. 青少年屈光不正眼在不同调节状态下晶状体的变化特点. 国际眼科杂志 2022; 22(6): 1032-1035

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 81700832); 湖北省卫生健康委员会科研项目(No. WJ2021M114)

作者单位: ¹(430030) 中国湖北省武汉市, 华中科技大学同济医学院附属同济医院眼科; ²(430064) 中国湖北省武汉市, 武汉科技大学附属天佑医院眼科

作者简介: 李菲, 毕业于中山大学中山眼科中心, 博士, 主治医师, 研究方向: 青光眼、眼视光学。

通讯作者: 向艳, 毕业于华中科技大学同济医学院, 博士, 副主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 斜弱视、眼视光学. xyz2000832@163.com

收稿日期: 2021-10-16 修回日期: 2022-05-16

摘要

目的: 观察青少年远视眼与近视眼在不同调节状态下晶状体参数的动态变化, 分析其差异并探讨晶状体变化的特点。

方法: 随机选取 2019-01/10 于我院门诊就诊的 7~15 岁青少年屈光不正患者 50 例 86 眼, 分为近视组 (29 例 46 眼, 平均等效球镜度 $-2.17 \pm 1.41D$) 和远视组 (21 例 40 眼, 平均等效球镜度 $1.92 \pm 1.49D$)。通过光学生物测量仪 (IOL Master) 测量眼轴长度 (AL), 通过眼前节光学相干断层扫描分析仪 (SS-OCT) 观察不同调节状态下 (0、-3、-6D) 晶状体厚度 (LT)、晶状体前表面曲率半径 (ALRC)、晶状体后表面曲率半径 (PLRC) 的动态变化。

结果: 调节放松状态下 (0D), 近视组 LT 显著小于远视组, ALRC 与 PLRC 大于远视组 (均 $P < 0.01$), 且远视组眼轴短于近视组 ($22.49 \pm 1.12mm$ vs $24.48 \pm 0.82mm$, $P < 0.01$)。随着调节刺激的增大 (-3、-6D), 两组 LT 均显著增厚, ALRC 与 PLRC 均显著减小 (均 $P < 0.01$)。-3、-6D 调节状态下, 两组 ALRC 变化率均高于 PLRC 变化率 ($P < 0.01$), 但两组间 LT 变化率及 PLRC 变化率均无显著差异 ($P > 0.05$), 而远视组完成 -6D 调节时 ALRC 变化率显著大于近视组 ($P < 0.05$)。

结论: 调节刺激下青少年屈光不正眼晶状体厚度增加, 形态变凸, 其前表面的变化程度显著大于后表面, 完成大幅度调节时, 远视眼晶状体前表面的形变程度显著大于近视眼。

关键词: 青少年; 近视; 远视; 调节; 晶状体

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.6.29

Characteristics of lens changes under different accommodation stimuli in adolescents with refractive error

Fei Li¹, Qiong - Fang Xu², Wei Chen¹, Zhi - Qi Chen¹, Jun - Ming Wang¹, Yan Xiang¹

Foundation items: National Natural Science Foundation of China

Project (No. 81700832); Scientific Research Project of Hubei Provincial Health Commission (No. WJ2021M114)

¹Department of Ophthalmology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, Hubei Province, China; ²Department of Ophthalmology, Tianyou Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430064, Hubei Province, China

Correspondence to: Yan Xiang. Department of Ophthalmology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, Hubei Province, China. xyz2000832@163.com

Received: 2021-10-16 Accepted: 2022-05-16

Abstract

• **AIM:** To observe the dynamic changes of lens parameters of adolescents with hyperopia and myopia, analyze the difference to investigate the characteristics of lens changes under different accommodation stimuli.

• **METHODS:** A random selection of 50 cases (86 eyes) of adolescents with refractive errors aged 7-15 years old who visited our clinic from January to October 2019 were divided into in myopia group (29 cases, 46 eyes, mean equivalent spherical lens was $-2.17 \pm 1.41D$) and hyperopia group (21 cases, 40 eyes, mean equivalent spherical lens was $1.92 \pm 1.49D$). The axial length (AL) was measured by optical biometer (IOL Master). By using anterior swept source optical coherence tomography (SS - OCT), the dynamic changes of lens parameters including lens thickness (LT), anterior crystalline lens radius of curvature (ALRC) and posterior crystalline lens radius of curvature (PLRC) were observed under different accommodation stimuli (0, -3, -6D).

• **RESULTS:** In the state of relaxed accommodation (0D), the LT of the myopia group was significantly lower than that of the hyperopia group, both ALRC and PLRC were greater than those of the hyperopia group (all $P < 0.01$). The AL of the hyperopia group was significantly shorter than that of the myopia group ($22.49 \pm 1.12mm$ vs $24.48 \pm 0.82mm$, $P < 0.01$). With the increase of the accommodation stimulus amplitudes (-3, -6D), the LT of the two groups increased significantly, the ALRC and PLRC both decreased significantly (all $P < 0.01$). Under the condition of -3D and -6D, the change rate of ALRC was higher than that of PLRC in both groups ($P < 0.01$). However, the change rate of LT and PLRC were not significantly different between the two groups ($P > 0.05$). Furthermore, the change rate of ALRC in the hyperopia group was significantly higher than that of the myopia group when the -6D accommodation was completed ($P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** During accommodation stimulation, the thickness of the lens in adolescents with refractive errors

increased, the shape of the lens became convex, and the degree of change of the anterior surface was significantly greater than that of the posterior surface.

• KEYWORDS: adolescent; myopia; hyperopia; accommodation; lens

Citation: Li F, Xu QF, Chen W, *et al.* Characteristics of lens changes under different accommodation stimuli in adolescents with refractive error. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(6): 1032-1035

0 引言

眼的调节使得不同距离处的物体可在视网膜清晰成像。根据经典的有关调节的理论^[1-2],调节过程依赖于睫状体的收缩及晶状体的弹性形变。不同屈光状态眼的晶状体在调节过程中如何变化,所发生的形态变化是否存在差异,探究该问题将有助于更好地了解屈光不正眼调节的特点。光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)技术提供了简单快速、非接触的高分辨率成像方法,应用眼前节扫描光学相干断层扫描(SS-OCT)这一有效工具,可对眼前节结构进行定量测量^[3-4]。因此,本研究通过设计诱导不同的调节状态,应用SS-OCT观察晶状体相关参数的变化,探究屈光不正眼在不同调节状态下所发生的晶状体的形态变化。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。随机选取2019-01/10于我院门诊就诊的7~15岁屈光不正患者50例86眼,其中男21例41眼,女29例45眼,平均年龄 11.64 ± 2.16 岁。根据屈光状态进行分组,近视组患者29例46眼,其中男12例,女17例,平均年龄 11.84 ± 2.02 岁,平均等效球镜度 -2.17 ± 1.41 D;远视组21例40眼,其中男9例,女12例,平均年龄 11.46 ± 2.76 岁,平均等效球镜度为 1.92 ± 1.49 D。入选标准:(1)无全身疾病,无眼部器质性病变;(2)无头部及眼部外伤史,无眼部手术史;(3)双眼屈光度数相差低于2.00D;散光度数低于1.50D;(4)调节幅度8D及以上。排除标准:(1)近期使用睫状肌调节药物(如阿托品、毛果芸香碱);(2)有弱视病史;(3)有角膜接触镜配戴史。两组患者的性别、年龄等基线资料比较差异均无统计学意义($\chi^2 = 0.011, P = 0.917; t = 0.481, P = 0.634$)。本研究获得华中科技大学同济医学院附属同济医院伦理委员会批准,受检患者监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 屈光度及调节幅度的测量 运用综合验光仪在电脑验光基础上进行规范的主觉验光,确定最终屈光度。测得最佳矫正视力和度数后,采用移近法检测调节幅度,遮盖一眼将近视力表置于眼前40cm处,取能够看清的视力表上最小视标的上一行,逐渐向眼前移近,视标模糊时报告并停止,测量矫正镜片至视力表的距离,该数值的倒数即为调节幅度。

1.2.2 眼轴长度的测量 应用IOL Master 700测量眼球眼轴长度(axis length, AL),操作均由同一人完成,测量3次后取平均值。

1.2.3 SS-OCT检查及数据测量 SS-OCT(CASIA SS-1000)检查由熟练操作人员进行。在整个过程中,环境光照条件保持不变,以避免瞳孔直径的显著变化,患者保持

头位和眼位固定,清楚地注视内部视标“*”,通过内置程序实现不同的调节状态,按照0、-3、-6D顺序依次刺激,在特定调节状态(0、-3、-6D)下能够清晰持续看清该视标5s时,采用晶状体分析模式进行眼前节扫描,捕获眼前节图像并拍照。所有图像分析均由两名对研究不知情的观察者应用图像分析软件Image-pro plus进行测量分析,分别测量晶状体厚度(lens thickness, LT)、晶状体前表面曲率半径(anterior crystalline lens radius of curvature, ALRC)、晶状体后表面曲率半径(posterior crystalline lens radius of curvature, PLRC),测量3次,取平均值为最终测量值。

统计学分析:采用统计分析软件SPSS 19.0进行统计分析。不同调节状态下两组晶状体参数的比较采用重复测量数据的方差分析,两组间比较采用独立样本 t 检验,组内两两比较采用LSD- t 检验。计数资料的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 两组患者在调节放松状态下晶状体参数及AL的比较

调节放松状态下(0D),近视组患者AL大于远视组,LT小于远视组,ALRC与PLRC均大于远视组,差异均有统计学意义($P < 0.01$),见表1。

2.2 两组患者在不同调节状态下晶状体参数的比较

不同调节状态下(0、-3、-6D),随着调节刺激的增加,两组患者LT均随之显著增厚,ALRC与PLRC均随之显著减小,差异均有统计学意义(LT: $F_{\text{组间}} = 22.7, P_{\text{组间}} < 0.01, F_{\text{状态}} = 25.22, P_{\text{状态}} < 0.01, F_{\text{组间} \times \text{状态}} = 0.01658, P_{\text{组间} \times \text{状态}} = 0.9836$; ALRC: $F_{\text{组间}} = 37.55, P_{\text{组间}} < 0.01, F_{\text{状态}} = 193.4, P_{\text{状态}} < 0.01, F_{\text{组间} \times \text{状态}} = 1.589, P_{\text{组间} \times \text{状态}} = 0.2061$; PLRC: $F_{\text{组间}} = 35.98, P_{\text{组间}} < 0.01, F_{\text{状态}} = 224.1, P_{\text{状态}} < 0.01, F_{\text{组间} \times \text{状态}} = 0.119, P_{\text{组间} \times \text{状态}} = 0.8878$)。三种调节状态下,远视组患者LT均大于近视组,近视组患者ALRC与PLRC均大于远视组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表2。

2.3 两组患者在调节过程中晶状体参数变化率的比较

根据晶状体参数的变化量(-3D或-6D调节状态下与0D调节状态下晶状体参数的差值)与0D调节状态下晶状体参数的比值计算诱发-3D或-6D调节刺激时所产生的晶状体参数变化率。在-3、-6D调节状态下两组患者LT变化率及PLRC变化率差异均无统计学意义($P > 0.05$),但-6D调节状态下两组患者ALRC变化率差异有统计学意义($P < 0.05$),即远视组完成-6D的调节所产生的ALRC变化幅度显著大于近视组,见表3、4。此外,在-3、-6D调节状态下两组患者ALRC变化率均高于PLRC变化率,差异均有统计学意义(-3D: $t_{\text{近视组}} = 4.066, P_{\text{近视组}} < 0.01, t_{\text{远视组}} = 3.501, P_{\text{远视组}} < 0.01$; -6D: $t_{\text{近视组}} = 6.814, P_{\text{近视组}} < 0.01, t_{\text{远视组}} = 10.42, P_{\text{远视组}} < 0.01$),表明晶状体前表面变凸的幅度明显大于后表面变凸的幅度,见图1。

3 讨论

根据Helmholtz关于调节的经典理论以及相关研究结果^[2,5],视近时睫状肌收缩,悬韧带松弛,晶状体由于自身弹性回缩而变凸,从而增大其屈光力,使近处物体在视网膜清晰成像。本研究采用SS-OCT能够更直观、更准确地观察晶状体在0、-3、-6D调节过程中的动态变化,结果显示,从0D诱导-3、-6D的调节,随着调节程度的逐步加深,晶状体厚度不断增大,晶状体前后表面变得更凸,前后表面曲率半径均逐步变小,这一动态变化与既往研究结果^[6-10]一致。

表1 两组患者调节放松状态下AL及晶状体参数比较

组别	AL	LT	ALRC	PLRC
近视组(n=46)	24.48±0.82	3.62±0.09	12.32±0.47	5.86±0.21
远视组(n=40)	22.49±1.12	3.74±0.25	11.67±1.01	5.72±0.24
t	9.481	3.076	3.922	2.789
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

($\bar{x} \pm s, mm$)

表2 两组患者在不同调节状态下晶状体参数的比较

组别	LT			ALRC			PLRC		
	0D	-3D	-6D	0D	-3D	-6D	0D	-3D	-6D
近视组(n=46)	3.62±0.09	3.74±0.14 ^a	3.84±0.16 ^{a,c}	12.32±0.47	10.90±0.78 ^a	9.80±0.93 ^{a,c}	5.86±0.21	5.46±0.22 ^a	5.21±0.19 ^{a,c}
远视组(n=40)	3.74±0.25	3.86±0.26 ^a	3.97±0.29 ^{a,c}	11.67±1.01	10.45±1.12 ^a	8.87±0.91 ^{a,c}	5.72±0.24	5.29±0.17 ^a	5.06±0.19 ^{a,c}
t	3.076	2.719	2.677	3.922	2.167	4.674	2.789	4.019	3.644
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

($\bar{x} \pm s, mm$)

注:^aP<0.05 vs 同组0D;^cP<0.05 vs 同组-3D。

表3 两组患者在-3D调节状态下晶状体参数变化率的比较

组别	LT变化率	ALRC变化率	PLRC变化率
近视组(n=46)	3.6±2.5	-11.57±7.3	-6.58±3.9
远视组(n=40)	3.0±2.3	-10.40±5.3	-6.77±3.8
t	1.152	0.835	0.219
P	0.253	0.406	0.828

($\bar{x} \pm s, %$)

表4 两组患者在-6D调节状态下晶状体参数变化率的比较

组别	LT变化率	ALRC变化率	PLRC变化率
近视组(n=46)	6.5±3.9	-20.1±8.3	-10.9±3.9
远视组(n=40)	6.3±3.6	-23.8±6.5	-11.0±4.2
t	0.256	2.277	0.171
P	0.799	0.025	0.865

($\bar{x} \pm s, %$)

轴长度相关的适应性变化。短眼轴的远视眼通过适应性改变晶状体的形态,使其更厚更凸以增加屈光度,而近视眼晶状体的屈光度相对较低以代偿眼轴的增长。

本研究利用SS-OCT观察发现,诱导调节过程中,无论近视组还是远视组,晶状体厚度均显著变大,ALRC与PLRC均显著变小。该结果与先前研究结果^[6,13-14]一致,以往研究对象为成年人或近视人群,而本研究对象包含近视和远视青少年。此外,Dubbelman等^[14]对调节过程中晶状体的形态变化进行测量,结果表明,平均完成1D调节ALRC的变化值比PLRC多达4.7倍。本研究成果前期研究结果显示,平均完成1D调节ALRC减小0.44mm,而PLRC仅减小0.09mm^[15]。然而,由于调节放松状态下远视眼与近视眼晶状体形态存在差异,故本研究通过与各组晶状体基线水平相比计算出调节时晶状体参数的变化率,能更加准确反映晶状体的形变幅度。结果显示,无论近视组还是远视组,调节时晶状体ALRC的变化率均显著高于PLRC的变化率。另有研究证实,老龄眼晶状体前表面形变显著减慢是晶状体屈光力降低的主要原因^[16],结合本研究成果印证了晶状体前表面在调节中的突出作用。

本研究成果表明,近视组与远视组在调节过程中晶状体增厚的程度并无统计学差异,PLRC的变化率也大致相同,然而,完成-6D调节时远视组ALRC的变化率为-23.8%±6.5%,显著大于近视组(-20.1%±8.3%),即远视眼晶状体前表面发生的形变幅度显著大于近视眼。由此推测,随着调节幅度的增加,所需晶状体的组织形变量增大,而晶状体前表面对于屈光力的贡献作用大,故晶状体前表面的形变程度较后表面更为显著。并且,Shoji等^[12]认为,调节刺激下晶状体的形态变化受到眼轴的影响。代诚等^[11]研究发现,晶状体的形态变化随着眼轴增长呈减小趋势。在眼轴增长的同时,受到睫状肌的作用力影响^[17],眼球赤道部增长减缓,使晶状体的形态变化受到抑制。在本研究中,远视眼眼轴长度明显短于近视眼,当诱发较大幅度调节时,远视眼晶状体表现为前表面变得更加陡峭,与基线水平相比其变化率显著高于近视眼,其形变幅度较近视眼更大。然而,本研究还需纳入更多样本,从而更全面地了解不同程度屈光不正眼在适应调节的过程中晶状体变化的异同。

总之,SS-OCT作为观察活体调节最有用的工具,有助于监测晶状体为适应调节所发生的形态变化,并还原天

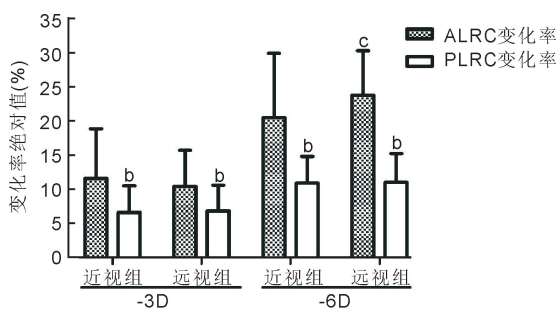


图1 不同调节状态下两组患者ALRC变化率与PLRC变化率比较 ^bP<0.01 vs 同组ALRC变化率;^cP<0.05 vs 同调节状态下近视组ALRC变化率。

本研究显示,在三种调节状态下,远视组晶状体厚度均显著大于近视组,晶状体前后表面曲率半径均显著小于近视组,且远视组平均眼轴长度显著小于近视组。代诚等^[11]研究结果与此类似,通过对比不同屈光状态和不同年龄组晶状体形态差异,发现随着眼轴的增长,晶状体表现出曲率半径增大、直径增大、厚度变薄的变化,晶状体参数与眼轴具有显著相关性。另一项研究也表明,随着眼轴增长,晶状体厚度变薄且前表面变得更加平坦^[12]。由此推测,远视组与近视组晶状体形态存在的差异可能是与眼

然的调节过程。本研究结果表明,远视眼较近视眼眼轴更短,晶状体更厚,前后表面曲率半径更小。在调节过程中,晶状体厚度增加,形态变凸,其前表面曲率的变化为增大晶状体屈光度发挥主要作用,且在大幅度调节刺激下,远视眼晶状体前表面的形变程度显著大于近视眼。该测量结果提供了青少年近视眼与远视眼在适应不同调节时晶状体变化的生物学参数,有助于更好地了解屈光不正眼在各种生理条件下晶状体的变化特点,并为临床相关研究提供了一定的形态学支持。

参考文献

- 1 Charman WN. The eye in focus; accommodation and presbyopia. *Clin Exp Optom* 2008; 91(3): 207-225
- 2 Schachar RA. The mechanism of accommodation and presbyopia. *Int Ophthalmol Clin* 2006; 46(3): 39-61
- 3 杨玉焕, 张婕, 严宏. 人晶状体厚度在体测量方法研究进展. *国际眼科杂志* 2017; 17(6): 1063-1065
- 4 Li ZL, Meng ZQ, Qu WY, et al. The relationship between age and the morphology of the crystalline lens, ciliary muscle, trabecular meshwork, and Schlemm's canal: an *in vivo* swept-source optical coherence tomography study. *Front Physiol* 2021; 12: 763736
- 5 Mohamed Farouk M, Naito T, Shinomiya K, et al. Observation of ciliary body changes during accommodation using anterior OCT. *J Med Invest* 2018; 65(1.2): 60-63
- 6 黄佳, 瞿小妹, 褚仁远, 等. 青少年近视在不同阅读距离调节状态下眼前段结构的变化. *眼视光学杂志* 2008; 10(2): 92-95
- 7 周少博, 李辉, 谭娟, 等. OCT测量近视眼在不同调节状态下眼前段结构变化. *国际眼科杂志* 2013; 13(6): 1209-1211
- 8 Esteve-Taboada JJ, Domínguez-Vicent A, Monsálvez-Romín D, et al. Non-invasive measurements of the dynamic changes in the ciliary

muscle, crystalline lens morphology, and anterior chamber during accommodation with a high-resolution OCT. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017; 255(7): 1385-1394

- 9 Ruggeri M, de Freitas C, Williams S, et al. Quantification of the ciliary muscle and crystalline lens interaction during accommodation with synchronous OCT imaging. *Biomed Opt Express* 2016; 7(4): 1351-1364
- 10 Neri A, Ruggeri M, Protti A, et al. Dynamic imaging of accommodation by swept-source anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(3): 501-510
- 11 代诚, 刘梦, 李宾中. 青少年晶状体形态与眼轴长度的关系. *第三军医大学学报* 2021; 43(6): 547-552
- 12 Shoji T, Kato N, Ishikawa S, et al. Association between axial length and *in vivo* human crystalline lens biometry during accommodation: a swept-source optical coherence tomography study. *Jpn J Ophthalmol* 2020; 64(1): 93-101
- 13 Sun Y, Fan SH, Zheng HH, et al. Noninvasive imaging and measurement of accommodation using dual-channel SD-OCT. *Curr Eye Res* 2014; 39(6): 611-619
- 14 Dubbelman M, van der Heijde GL, Weeber HA. Change in shape of the aging human crystalline lens with accommodation. *Vision Res* 2005; 45(1): 117-132
- 15 Xiang Y, Fu T, Xu QF, et al. Quantitative analysis of internal components of the human crystalline lens during accommodation in adults. *Sci Rep* 2021; 11(1): 6688
- 16 Shao YL, Tao AZ, Jiang H, et al. Age-related changes in the anterior segment biometry during accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56(6): 3522-3530
- 17 Sheppard AL, Davies LN. *In vivo* analysis of ciliary muscle morphologic changes with accommodation and axial ametropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51(12): 6882-6889