综述

人眼调节力的测量方法和研究进展

Research Progress in Measurement of Human Accommodative Amplitude

龙尔平,林浩添*
眼科学国家重点实验室,中山大学中山眼科中心,中国,广州 510060
*Erping Long, Haotian Lin**
State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China

摘要:调节是人眼非常重要的功能,通过调节能随时改变人眼屈光系统的光学参数,与眼屈光不正及老视都有着密切的关系。测量眼调节力的常用方法分为主观测量法和客观测量法。主观测量法以移近移远法、负镜片法为代表。客观测量法以动态视网膜检影法和自动屈光仪法为代表。本文就调节力测量方法、测量准确度和调节力的最新研究进展进行综述,为眼科临床研究和应用提供选择依据。*眼科学报 2015:30:110-116.*

关键词:调节力;客观;主观;老视;近视

Abstract: Accommodation is an important function of the human eye, which can change the parameters of ocular refractive system and also has a strong correlation with the development of myopia and presbyopia. Several subjective measurements have been applied in accommodation assessment such as push-up test, push-down test and minus-lens procedures. It can be measured objectively by measuring the change in refraction of the eye with dynamic retinoscopy or autorefractor. This article reviews the application of measurement of accommodative amplitude and research progress in accommodation, providing clinical information for further studies. (***Eye Science 2015; 30:110-116***)

Keywords: amplitude of accommodation; subjective; objective; presbyopia; myopia

调节力能反映人眼调节功能质量的高低,是眼部及某些全身疾病变化的一项重要检查指标。人们把调节力或调节幅度(Amplitude of Accommodation,AA)定义为从人眼静止状态(即放松调节)到进行最大调节时眼屈光力所增加的度数。1964 年 Hofstentter 提出年龄是影响调节力的一个最主要的因素,调节幅度随着年龄的增长不断降低,并提出了 Hofstentter's 公式:最大调节幅度=25-0.4×年龄,不过该公式仅能大致推算不同年龄人群的调节幅度值,无法准确的进行估算。

DOI:10.3969/j.issn.1000-4432.2015.03.005
基金项目:教育部高校(中山大学)青年教师培养项目(12ykpy61),广州市珠江新星项目(2014J2200060),广东省自然科学基金杰出青年项目(2014A030306030)和广东省高层次人才特殊支持计划"科技创新青年拔尖人才"(2014TQ01573)
*通讯作者:林浩添,E-mail:gddlht@aliyun.com

目前临床上对调节力的常用测量方法分为主观测量法和客观测量法。主观测量法主要包括移近移远法、负镜片法等;客观测量法包括动态视网膜检影法和自动屈光仪法等。20 世纪初期,Duane[1]等提出通过移近法测量人眼近点的方法来间接计算调节力,随后研究者在移近法的基础上提出了移远法、负镜法等一系列主观测量方法,但主观测量法过度估计严重且可重复性和一致性较差。最近十年间,以动态视网膜检影法和自动屈光仪为代表的客观测量法也逐渐进入人们的视野,较好地克服了主观测量法的过度估计问题,同时体现出良好的一致性和可重复性。

调节力与老视、近视的发生发展关系密切,老视调节力恢复以及近视调节训练均是目前眼科视光方向学术研究的热点问题。调节力的准确测量和客观评估是探索老视与近视发病机制以及治疗效果的关键因素,尽管目前新的测量方法层出不穷,但各方法之间缺乏对比和归纳总结,其准确性和可重复性也亟待检验,关于眼调节力测量归纳总结的综述更是

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

鲜见。基于此，本文就调节力的测量方法、测量准确度和调节力的最新研究进展进行综合整理，为眼科临床应用提供选择依据。

一、调节力的主观测量方法和设备

1.**移近法**（push-up test，PT）[2-4]：被检者屈光全矫，正常照明下遮盖左眼。将近用视标置于被检者眼前 0.4 m 处，嘱被检者注视最佳视力上一行视标，并以约 2 cm/s 的速度将近用视标向被检者移近，直到被检者报告视标持续性模糊后，退回到最后仍保持清晰的位置，测量此时视标与被检者眼镜平面的距离，该距离（单位为 m）的倒数为被检者右眼的调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

2.**负镜片法**（minus-lens procedures，ML）[2,5]：负镜片法分为远视标负镜法和近视标负镜法，本文仅以近视标负镜法为例介绍操作方法。在综合验光仪内置入被检者的远用屈光不正矫正度数，正常照明下遮盖左眼。将近用视标置于近视标杆 0.4 m 处，嘱被检者注视最佳视力上一行视标。于眼前逐渐增加-0.25D 的负球镜，直到被检者报告视标持续性模糊后，退回+0.25D。所增加的负球镜总量绝对值再加上+2.50D 为其右眼调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

3.**移远法**（push-down test）[2]：被检者屈光全矫，正常照明下遮盖左眼。将较小的调节视标（通常为 0.8 大小的视标）置于被检者右眼近点以内，逐渐使视标移远（速度约 4 cm/s），直到被检者报告视标完全清晰，测量此时视标与被检者眼镜平面的距离，其倒数为被检者右眼的调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

4.**改良移远法**（modified push-down，MPD）[5]：被检者在屈光全矫的基础上附加-4.00D 的负球镜，正常照明下遮盖其左眼。视标包含两行高 0.9 mm 的高对比度字母，按照 Krimsky 调节规则排列，置于被检者右眼近点以内，逐渐使视标移远（速度约 4 cm/s），直到被检者报告视标完全清晰。测量此时视标与被检者眼镜平面的距离，其倒数加上+4.00D（以补偿附加的-4.00DS）为被检者右眼的调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

5.**讨论**：移近法是调节幅度最早的测量方法，因其操作简便易施而广泛应用于临床工作。但因移近而明显变大的视标和近调节的刺激导致的严重过度估计[6]，其测量结果均明显高于其余主观测量方法[7]。相对移近法而言，移远法的终点是视标完全清晰的点，且被检者开始时是看不清视标的，其值也相应与移近法存在差异。由于移近法和移远法测量终点的视标距离患者较近，视标的视角在近处会较大，而负镜片法测量时需要不断增加负透镜，负透镜对物像有缩小作用，故视标的视角会逐渐减小，所以负镜片法虽然可重复性优于前两者，但测量结果会明显低于前两者[8]。不同负镜片法的测量结果也不完全相同，Hamed 等[9]的研究结果表明，远视标负镜法（视标置于 6 m）所测得的值显著低于近视标负镜片法的值（视标置于 0.4 m），对于此，Iyamu[10]等认为近视标负镜法不受调节超前的干扰且受调节滞后的影响较小，因此更接近真实值。Chen[11]等的研究表明 MPD 测量的值低于 PT 测量值，因为相对传统移近法及移远法而言，改良移远法中使用的负镜片可减少视标增大导致的过度估计，还可以使终点远离被测者而减少了近感知调节引起的误差[12]，这实际上是传统移远法及负镜片法相结合的方法。MPD 在克服过度估计上取得了一定的效果，但其准确性仍待验证。本文总结主观测量法对比结果于表 1。

总之，主观测量法操作简便，对检查人员以及设备要求低，适用于普查及日常眼保健工作，为目前临床调节幅度测量的主要方法。但主观测量法过度估计严重且其可重复性和一致性较差，因此临床上亟待寻求一种客观准确、具有良好可重复性的测量方法和评估标准。

二、调节力的客观测量方法和设备

1. **动态视网膜检影法**（Dynamic Retinoscopy，DR[5]）：被检者在全矫正的基础上附加-4.00D 的负球镜，正常照明下遮盖其左眼。注视的视标内容同 MPD，置于被检者右眼近点以内，逐渐移远视标，直到被检者报告视标完全清晰。此时将检影镜置于其工作距离，若检查者观察视网膜反射光为“逆动”，则向被检者靠近（若为“顺动”则相反）直至“中和”出

表 1　不同主观测量方法的比较

	移近法	负镜片法	移远法	改良移远法
可重复性	低	较高	低	低
过度估计	严重	较轻	较严重	适中
检查要求	低	较高	低	中
测量调节近点	是	否	是	是
测量结果（与移近法相比）	/	低 2–4D	低 2D	低 2–4D

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 1 不同型号的自动屈光仪：(A)Grand Seiko GR-2100 (B)Grand Seiko WR-5100K，(C)Grand Seiko WAM-5500.

现。测量此时检影镜与被检者眼镜平面的距离，其倒数加上+4.00D（以补偿附加的-4.00DS）为被检者右眼的调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

2.自动屈光仪（Autorefractor，AR）：自动屈光仪是一种新兴的，可动态和静态测量调节幅度的仪器[13]，其生产厂商和型号不同会存在一定差异，常用的型号包括：SRW-5000[14]、Grand Seiko WAM-5500[13,15]以及 Grand Seiko WR-5100K 等。下面以 Grand Seiko WR-5100K Open-Field Autorefractor[16-18]为例介绍：被检者按要求将头放置于仪器指定位置，通过 12.5＊22 cm 的分光镜注视视标。远视标为 6 m 处标准 Snellen 视力表，近视标是悬挂于近用视标杆的星星样图片。WR-5100K 要求照明度至少为 6.28-10.12 勒克斯，瞳孔直径至少大于 2.3 mm[19]，其精度设定为 0.01D 且镜眼距离默认为 12 mm。每眼连续测量 5 次，一旦出现测量误差提示（如离轴全息观景和杂散反射），仪器可自动重新测量。WR-5100K 通过客观测量眼球屈光度，被检者在视标逐渐接近时的最大屈光度改变即调节幅度。Dorothy[18]和 Eric Singman[20]等认为，相对 DR 和 HCR 来说，Autorefractor 对检查者的要求较低，但瞳孔直径小于规定值时无法测量。

3.Hartinger coincidence refractometer（HCR）：根据刺激调节的方法不同可分为两种。第一种是通过附加负镜片刺激调节的测量法（Trial Lens-Induced Accommodation Measured with Hartinger coincidence refractometer，HCR+TL[18]）。被检者左眼注视 6 m 处远视力表最小一行，使用 HCR 测出右眼初始屈光度。检查者于左眼前逐渐增加-0.25D 的负球镜来刺激调节，同时 HCR 动态测量右眼的屈光度改变，每个屈光度最终读数要经过三次评价，直到连续增加 3 次负镜都无法引起 HCR 读数改变为止。初始的屈光度与终点屈光度的读数差值即右眼的调节幅度。同样方法检查左眼的调节幅度。

第二种是通过药物刺激调节测量法（Pilocarpine-Stimulated Accommodation Measured with the Hartinger Coincidence Refractometer，HCR+P）[21]。被检者双眼分别注视 6 m 处远视力表最小一行，使用 HCR 测出双眼的初始屈光度。左眼滴入 0.05mL 1%盐酸环喷托酯（cyclopentolate hydrochloride），右眼滴入 0.05mL 2.5%盐酸去氧肾上腺素（phenylephrine hydrochloride）。20 分钟后记录第二次双眼屈光度。右眼滴入 0.05 ml 6%毛果云香碱盐酸盐（pilocarpine hydrochloride）后，使用 HCR 动态测量双眼的屈光度改变（约 5 分钟 1 次），直到连续 3 次测量结果没有改变为止。初始屈光度与最终屈光度的差值即为调节幅度。

4.双通道视觉质量分析系统（Optical Quality Analysis System，OQAS）：被检者按要求将头放置于仪器指定位置，注视仪器中的目标，保持正常眨眼频率。使用仪器矫正球面屈光度，同时通过目镜前插入散光镜片以矫正柱面屈光度。OQAS 先自动测量被检者客观屈光度，在此基础上聚焦，捕捉 6 幅点光源两次经过眼屈光系统并被视网膜反射所形成的图像，从而分析出眼屈光系统的 PSF 图像、MTF 曲线，随后自动生成客观视觉质量评价的调节幅度、客观散射指数等一系列参数值[22]。

5.讨论：动态视网膜检影法是较早应用的客观调节力测量工具，Leon[5]等的研究成果显示，DR 可避免主观测量法结果过度估计问题，同时展现出更好的可重复性，这些优势在评估调节训练效果和检测人工晶状体植入术后调节力时都显得相当重要。然而，DR 检查过于依赖检查者对检影技巧的熟练掌握。相对 DR 来说，AR 测量过程更为简单快捷，且可以适用于动态和静态法测量，但无法适用瞳孔直径小于 2 mm 的个体[13,20]。HCR 是少数几种可以通过直径 2 mm 以内的瞳孔来测量调节幅度的方法，但随着附加度数的增加，HCR 的测量难度会相应增大[21]，这对测试者技巧提出了更高的要求。目前，新的基于光学双通道原理的测量视觉质量的眼科设备（OQAS 视觉质量分析系统）已应用于临床，Vilaseca 等[23]研究指出：OQAS 系统测量正常年轻

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

人视觉质量具有高度的可重复性和再现性，但该仪器测量自然和人工晶状体调节幅度的可重复性和再现性，以及与其他仪器测量方法之间的比较还有待研究。本文总结客观测量法对比结果于表 2。

此外，附加负镜和局部使用毛果云香碱是两种常用的刺激调节方法。因不需要被检者参与过多的反馈，局部使用毛果云香碱被认为是一种更客观的方法，且利用药物达到的调节或放松状态是单纯靠视标刺激达不到的，故测量出的调节幅度理应更为准确。但 Win-Hall 等[18]的研究显示两种刺激方法达到的最大调节力相近，且 Harris[24]的研究结果表明不同虹膜对毛果云香碱的反应程度是不一样的，因此该方法的准确性也还有待进一步验证。

总之，客观测量法记录的是眼球实际屈光度的改变，尽管可以克服主观测量法的过度估计问题，同时体现出良好的一致性和可重复性，但客观测量法在刺激调节方法上仍未完全摆脱主观因素，且需要较高的技术和经济支持，另外客观测量方法的结果之间是否存在差异，目前没有充足的相关数据来验证。因此主观测量法仍不可被完全替代。

三、调节力的研究现状

1.人类调节力的范围及差异：一百多年前 Donders 首先报告欧洲人正常眼的调节力，之后石原忍（1919）和 Duane（1922）[1]相继报告日本人、美国人正常眼的调节力范围，方怀时报告了 10~30 岁中国人正常眼的调节力值。1989 年关征实通过移近法测量广东地区 466 只正常眼的调节力。随着测量技术的不断革新，以 Werner 为首的美国科学家使用了推近法以及不同视标距离的负镜片法来测量人类调节力，Win-Hall[18] 等则引进了客观调节力测量工具如 HCR 等来测量调节力，测量结果均显示测量方法不同，测量结果存在显著差异。

1964 年，Hofstentter 提出年龄是影响调节的最主要的因素，1964 年 Hofstentter 提出年龄是影响调节力的一个最主要的因素，调节幅度随着年龄的增长不断降低，并提出了 Hofstentter's 公式：最大调节幅度=25–0.4×年龄。但事实上，该公式仅能大致推算不同年龄人群的调节幅度值，无法准确的进行估算。本文仅总结不同研究者通过移近法测得的人类调节力比较结果于表 3。

除年龄外，影响调节力正常值的因素还包括种族、地区、眼部状态和心理因素等。表 3 中，石原忍、方怀时和关征实等报道的调节力均属于黄种人，可见与 Donders 等报道的欧美人调节力存在明显差异，且随年龄增大更为明显。此外，尽管均使用移近

表 2　不同客观测量法对比

	DR	Autorefractor	HCR+TL	HCR+P	OQAS
静态/动态	动态	静态/动态	动态	静态	静态
检查难度	高	低	高	高	低
瞳孔直径要求	越小越难	2mm 以上	1mm 以上	1mm 以上	2mm 以上
调节刺激	外置视标	外置视标	附加负镜	药物	内置视标
可重复性	高	高	较高	较高	不确定

表 3　不同研究者通过移近法测得人类调节力比较

	作者	Donders	石原忍	Clarke	Duane	福田氏	矢野俊男	方怀时	关征实	Werner
	年代	1864	1919	1919	1922	1936	1943	1948	1989	2000
年龄组	7–								11.9	14.0
	10–	14	12	13.50	13.4	13.2	12.20		10.3	13.5
	15–	12	10	12.00	12.3	12.5	10.96	10.8	9.3	12.5
	20–	10	8.5	10.50	11.1	9.8	9.25	9.1	8.1	11.0
	25–	8.5	7.5	9.00	9.9	8.5	8.93	7.8	7.1	10.0
	30–	7.0	7.0	7.50	8.7	7.3	7.74		6.4	8.8
	35–	5.5	6.0	6.50	7.3	6.1	7.09		4.5	7.0
	40–	4.5	4.5	5.50	5.8	4.9	5.37		2.5	5.0
	45–	3.5	2.5	4.25	3.6	3.4	4.40		1.6	3.5
	50–	2.5	1.5	3.25	1.9	2.3	2.76		1.2	2.0
	55–	1.75	1.0	2.50	1.3	1.6	1.76		0.9	1.5
	60–	1.0	0.5	1.75	1.2	1.2	1.52		0.8	1.5
	65–	0.5	0.25		1.0	0.7			0.6	1.5
	70–	0.25	0		0.75	0.25				1.5

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

法,但各研究者测量近点的视标种类,清晰度、环境光线和病人配合程度等不同,检查结果也存在一定差异。

2.调节力与老视眼:老视眼是一种生理现象。随着年龄的增长,眼调节力逐渐下降,从而引起视近困难[25]。随着人们对视觉质量要求的提高,以手术方式矫正老视日益成为研究热点。目前,已有一些手术方式在老视眼治疗方面取得了一定的疗效,可分为拟调节途径(Pseudoaccommodative approaches)以及调节途径(Accommodative approaches)[26,27]。拟调节途径以多焦点人工晶状体植入术(Implantation of multifocal intraocular lens)为代表,只能给予一个功能性由近到远的视野以治疗老视眼的症状,没有直接恢复眼的调节能力。调节途径以调节性人工晶状体植入术(Implantation of accommodative multifocal intraocular lens)为代表,可调节人工晶状体通过光学部在囊袋内的前后位置变化来调节"节点"的位置,其调节功能依赖于睫状肌的正常生理功能以及白内障摘除后晶状体囊袋解剖结构的完整性,但往往可预测性较差。在评价老视眼疗效方面,远近调节的敏锐程度、对比灵敏度、阅读速度以及患者满意度等主观指标也占有非常重要的地位,目前的眼科手术治疗并不能在这些方面给予很好的改善[26]。

相对主观测量法而言,客观测量法可以区别拟调节力和调节力,目前临床上常用自动验光仪和像差计来测量人工晶状体眼的调节力。由于房水和人工晶状体之间的折射率差异要比正常眼中大得多,这种过高的差异会导致人工晶状体前表面反射消失,另外从自动验光仪或像差仪上发出的光源会产生杂乱反射和杂散光,给检查带来很大的难度和误差[28,29]。调节功能是老视治疗的核心问题,如何客观地评价人工晶状体眼调节力是目前老视诊疗评估的另一重要难题。

3. 调节力与近视眼:近视眼中的调节力相对于正视眼明显下降。Allen[30]等认为调节力与近视眼存在相关性,但与近视的进展无相关性。Fong[31]认为调节幅度低下的人在近距离工作时必须更多的使用调节储备,从而使调节时眼内外肌对眼产生的压力使眼轴增长而导致近视。另外,大涿任认为,近视时调节幅度的降低,可能是因为发生近视后,视近时需要使用调节较少,导致调节功能长期得不到刺激而发生退行性病变,致使眼调节力降低。但事实上,调节力的下降在近视的发生中究竟扮演怎样的角色,现在学术界并没有一个明确的定论。部分研究提出通过调节训练可延缓青少年近视加深[32,33],但该效果还缺乏足够的循证医学证据,有待进一步的研究验证。

四、总结与展望

目前调节力的检查方法以主观测量法为主,以移近法、移远法、负镜片法为代表,其优势在于操作简便,对检查人员以及设备要求低,然而,主观测量法会带来严重的过度估计,其结果可重复性和一致性也较差,给准确评价和比较调节力情况造成了极大地干扰。调节力与老视与近视的发生发展关系十分密切,调节力的客观评估更是探索老视与近视发病机制以及治疗效果的关键因素,因此临床上亟待寻求一种客观准确、具有良好可重复性的测量方法和评估标准。

随着高科技检测仪器和检查技术的发展和完善,以动态视网膜检影法和自动屈光仪为代表的客观测量法逐渐进入人们的视野。客观测量法记录的是眼球实际屈光度的改变,可以克服主观测量法的过度估计问题,同时体现出良好的一致性和可重复性,是未来调节力测量的发展方向。但客观测量法在刺激调节方法上仍未完全摆脱主观因素,且需要较高的技术和经济支持,因此目前难以广泛应用的日常临床工作中,所以主观测量法仍不可被完全替代;另外,不同客观测量方法的结果之间是否存在差异,目前没有充足的相关数据来验证。只有完全排除测量过程中的主观因素,且在不同客观测量法间达成一致,才可真正提出"调节力测量金标准"的方法及概念。

参考文献

1 Duane A. An attempt to determine the normal range of accommodation at various ages, being a revision of Donder's experiments. Trans Am Ophthalmol Soc, 1908,11(Pt 3):634-641.

2 Antona B, Barra F, Barrio A, et al. Repeatability intraexaminer and agreement in amplitude of accommodation measurements. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2009,247(1):121-127.

3 Ovenseri-Ogbomo GO, Kudjawu EP, Kio FE, et al. Investigation of amplitude of accommodation among Ghanaian school children. Clin Exp Optom, 2012,95(2):187-191.

4 Drew SA, Borsting E, Stark LR, et al. Chromatic aberration, accommodation, and color preference in asthenopia. Optom Vis Sci, 2012,89(7):E1059-1067.

5 Leon AA, Medrano SM, Rosenfield M. A comparison of the reliability of dynamic retinoscopy and subjective measurements of amplitude of accommodation. Ophthalmic

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Physiol Opt, 2012,32(2):133–141.
6 Atchison DA, Capper EJ, McCabe KL. Critical subjective measurement of amplitude of accommodation. Optom Vis Sci, 1994,71(11):699–706.
7 Rosenfield M, Cohen AS. Push–up amplitude of accommodation and target size. Ophthalmic Physiol Opt, 1995, 15(3):231–232.
8 Fitch RC. Procedural effects on the manifest human amplitude of accommodation. Am J Optom Arch Am Acad Optom, 1971,48(11):918–926.
9 Momeni–Moghaddam H, Wolffsohn JS, Azimi A, et al. Effect of target distance on accommodative amplitude measured using the minus lens technique. Clin Exp Optom, 2014,97(1):62–65.
10 Iyamu E, Iyamu JE, Oghovwerha L. Anthropometry, amplitude of accommodation, and spherical equivalent refractive error in a nigerian population. ISRN Ophthalmol, 2012:295–613.
11 Chen A–H. Validity and repeatability of the modified push–up method for measuring the amplitude of accommodation. Clinical and Experimental Optometry, 1998,81(2):63–71.
12 Johnson C. Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders (3rd ed.). Optometry And Vision Science, 2009, 86(11).
13 Win–Hall DM, Houser J, Glasser A. Static and dynamic accommodation measured using the WAM–5500 Autorefractor. Optom Vis Sci, 2010,87(11):873–882.
14 Wolffsohn JS, Sheppard AL, Vakani S, et al. Accommodative amplitude required for sustained near work. Ophthalmic Physiol Opt, 2011,31(5):480–486.
15 Anderson HA, Stuebing KK. Subjective versus objective accommodative amplitude: preschool to presbyopia. Optom Vis Sci, 2014,91(11):1290–1301.
16 Richdale K, Bailey MD, Sinnott LT, et al. The effect of phenylephrine on the ciliary muscle and accommodation. Optom Vis Sci, 2012,89(10):1507–1511.
17 Davies LN, Mallen EA, Wolffsohn JS, et al. Clinical evaluation of the Shin–Nippon NVision–K 5001/Grand Seiko WR–5100K autorefractor. Optom Vis Sci, 2003,80(4):320–324.
18 Win–Hall DM, Ostrin LA, Kasthurirangan S, et al. Objective accommodation measurement with the Grand Seiko and Hartinger coincidence refractometer. Optom Vis Sci, 2007,84(9):879–887.
19 Nakatsuka C, Hasebe S, Nonaka F, et al. Accommodative lag under habitual seeing conditions: Comparison between adult myopes and emmetropes. Japanese Journal of Ophthalmology, 2003,47(3):291–298.
20 Singman E, Matta N, Tian J, et al. Association between accommodative amplitudes and amblyopia. Strabismus, 2013,21(2):137–139.
21 Wold JE, Hu A, Chen S, et al. Subjective and objective measurement of human accommodative amplitude. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 2003,29(10): 1878–1888.
22 De Vries NE, Webers CA, Montes–Mico R, et al. Visual outcomes after cataract surgery with implantation of a +3.00 D or +4.00 D aspheric diffractive multifocal intraocular lens: Comparative study. J Cataract Refract Surg, 2010,36(8):1316–1322.
23 Vilaseca M, Peris E, Pujol J, et al. Intra– and intersession repeatability of a double–pass instrument. Optom Vis Sci, 2010,87(9):675–681.
24 Harris LS, Galin MA. Effect of ocular pigmentation on hypotensive response to pilocarpine. Am J Ophthalmol, 1971,72(5):923–925.
25 Kirkwood BJ, Kirkwood RA. Accommodation and presbyopia. Insight, 2013,38(3):5–8.
26 Glasser A. Restoration of accommodation: surgical options for correction of presbyopia. Clin Exp Optom, 2008,91(3):279–295.
27 Gil–Cazorla R, Shah S, Naroo SA. A review of the surgical options for the correction of presbyopia. Br J Ophthalmol, 2015.
28 Langenbucher A, Seitz B, Huber S, et al. Theoretical and measured pseudophakic accommodation after implantation of a new accommodative posterior chamber intraocular lens. Arch Ophthalmol, 2003,121(12):1722–1727.
29 Auffarth GU, Martin M, Fuchs HA, et al. Validity of anterior chamber depth measurements for the evaluation of accommodation after implantation of an accommodative Humanoptics 1CU intraocular lens. Ophthalmologe, 2002,99(11):815–819.
30 Allen PM, O'Leary DJ. Accommodation functions: co–dependency and relationship to refractive error. Vision Res, 2006,46(4):491–505.
31 Fong DS. Is myopia related to amplitude of accommodation? Am J Ophthalmol, 1997,123(3):416–418.
32 **李岩. 近视儿童调节幅度训练有效性分析. 中国妇幼保健**, 2013,28(25):4159–4160.
33 **王昆. 探讨近视眼与眼调节各因素之间的相关性. 大家健康(学术版)**, 2014,8(9):81.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net