

文章编号:1005-4642(2021)06-0050-05

学
生
园
地



检影镜教学实验设计

陈佳男,肖豪迪,杨轶婷,沈叶露,徐 瑶,曹自立,林维豪

(温州医科大学 眼视光学院(生物医学工程学院),浙江 温州 325035)

摘 要:设计了基于影动法的检影镜教学实验,通过中空反射镜旋转方向与观察到的视网膜成像光斑移动方向之间的动态关系,快速判断出模型眼视力屈光不正的类型,继而利用组合透镜成像原理实现待测模型晶状体的准确验光。通过本实验可加深学生对眼屈光不正视力检查原理的理解。

关键词:检影镜;影动法;眼屈光不正;验光;透镜组成像

中图分类号:O435.1

文献标识码:A

DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.06.008

视力检查是眼科临床中的基础检查项目之一,视力的好坏间接反映了视网膜、视神经和黄斑的功能。可靠的视力检查对各种眼科疾病的正确诊断及预后评估有重要意义,尤其在儿童弱视筛选及青少年近视防治方面更有显著应用价值^[1]。

《中国近视防治蓝皮书》指出,目前中国的整体近视率已超过 50%,而在大中型城市,初中以上青少年近视比例已超过 80%,6~15 岁的平均近视率更是达到了 46%,近视的低龄化现象日益严重^[2-3]。基于以上数据以及视力检查的临床价值,需加强我国的视力检查力度及视力检查仪器的研制。目前,国内外检测视力的仪器主要包括验光仪、检影镜、眼屈光计、对数视力表箱等设备^[4-7]。然而,市面上尚未出现比较统一的、有助于学生们深刻地理解眼屈光不正成像原理及验光方法的教学实验仪器。部分院校直接采用医院的验光仪设备进行教学实验,该方式存在教学资源少、教学地点不在学校、设备操作复杂且实验准备繁琐等诸多问题,影响教学的效果与效率。

因此,设计可供学生开展该类实验的简单、易操作的检影镜教学装置是十分必要。尤其是对眼科学、生物医学工程等相关专业的学生在今后的

工作有重要作用^[8-10]。

1 实验原理

图 1 为检影镜教学实验装置原理示意图。光源发出的平行光经中空反射镜 M 反射后,经透镜 L₀(L₀ 模拟人眼晶状体)会聚后,照亮眼底视网膜中央区域。(注意,透镜 L₁ 为矫正眼睛屈光不正的镜片,实验初期先不放入光路中。)检查人员通过中空反射镜 M 的中央小孔,可以清晰观察到眼底视网膜上中心亮斑 A 经过透镜 L₀ 成像后的光斑 A'。上、下旋转中空反射镜 M',可移动视网膜上中心亮斑 A 的位置,并同步观察经眼屈光系统后共轭像斑 A' 的移动方向。

人眼的屈光系统能将外界物体成像于视网膜上,其原理与凸透镜成像相似。通过改变晶状体的形状来改变眼的光焦度,从而使不同距离的物体成像于视网膜上,眼的这种功能称为眼的调节。当睫状肌处于松弛、无张力状态时,晶状体表面的曲率最小,此时屈光状态为无调节状态。眼在无调节状态下,平行光经眼的屈光系统所会聚成的焦点与视网膜之间的距离定义了眼的基本屈光类型(正视眼、近视眼与远视眼)^[11-13]。

收稿日期:2020-11-05;**修改日期:**2021-02-28

基金项目:国家级 2019 年大学生创新创业训练计划(No. 201910343034);2019 年温州医科大学本专科学科科研立项资助课题(自然科学类)(No. wyx2019101103)

作者简介:陈佳男(1996—),男,浙江金华人,温州医科大学眼视光学院(生物医学工程学院)2017 级本科生。E-mail:844830117@qq.com

通讯作者:林维豪(1986—),男,浙江温州人,温州医科大学眼视光学院(生物医学工程学院)讲师,博士,主要从事生物光子成像技术研究。E-mail:lwhlucky@126.com



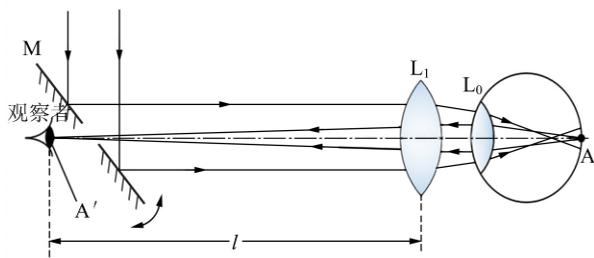


图 1 检影镜原理示意图

正视眼指来自无穷远(通常大于 5 m)的平行光经眼的屈光系统后,焦点恰好落在视网膜上.如图 2 所示,由于光路可逆,处于视网膜处的物点此时将成像于无穷远处,此时观察者看到的是平行光束,即一片均匀亮视场,且随着反射镜 M 的上下移动,亮视场无明显变化,这种现象称为影不动.

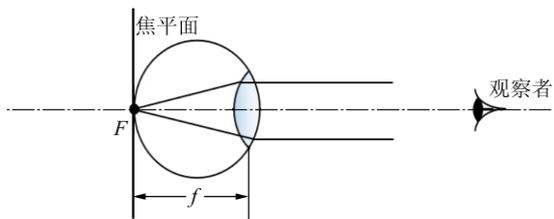


图 2 正视眼检查原理图

近视眼指眼在无调节状态时平行光经眼的屈光系统后,焦点落在视网膜前.如图 3 所示,根据几何光学的凸透镜成像原理,任意取视网膜上点 A 作为物点,因此时物距 u 大于焦距 f ,那么通过晶状体的屈光系统则成倒立的实像 A' ,而且上下移动 A 点,检查者将观察到像点 A' 的移动方向正好与物点 A 的移动方向相反,即影逆动.

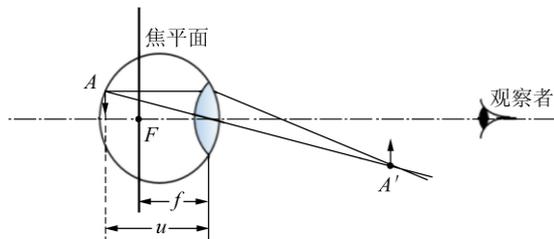


图 3 近视眼检查原理图

相反地,远视眼指眼屈光系统的焦点位于视网膜后.同理,如图 4 所示,任取视网膜上的物点

A,因此时物距 u 小于焦距 f ,通过晶状体屈光系统后将成正向放大的虚像 A' ,且上下移动 A 点,观察到 A' 点的移动方向与 A 点的移动方向相同,即影顺动.

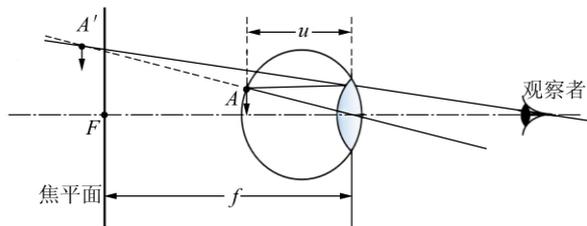


图 4 远视眼检查原理图

通过旋转反射镜 M 观察视网膜上亮斑所成像的移动方向(逆动、顺动、不动),可定性判断出人眼屈光类型(近视眼、远视眼、正视眼),然后根据上述结果开展验光实验,即定量测出待测晶状体 L_0 屈光不正的度数,该过程需要选择合适的透镜来匹配矫正.当判断出是远视眼,需要选择不同焦距的凸透镜放在 L_1 位置(紧靠晶状体透镜 L_0),调至与正视眼相同的效果(基本观察不到像斑移动).类似地,对于近视眼,则需要选择不同焦距的凹透镜放置于 L_1 位置,同样调至与正视眼相同的效果.这部分的实验内容与实际的临床验光方法一致.

另外,为了加深学生对组合透镜成像原理的理解,本实验增加 1 组测量内容来提高实验的测量难度.即若未能找到完全匹配的矫正透镜,也可以选择已知光焦度(标记为 φ_2)的透镜放在 L_1 位置,固定 L_0 位置,改变 L_1 与 L_0 的间距,直到调至与正视眼相同的效果.记录下间距 d ,那么利用组合透镜光焦度公式^[14-16],也可计算出待测晶状体的光焦度:

$$\varphi_1 + \varphi_2 - d\varphi_1\varphi_2 = \varphi, \tag{1}$$

式中: φ_1 为待测晶状体光焦度, φ_2 为已知的矫正透镜光焦度, φ 为正视眼光焦度, d 为晶状体与矫正透镜的间距.

需要特别说明的是,实际临床验光中,由于佩戴的矫正透镜与待测晶状体之间的距离 d 不可改变,且近似为 0,则式(1)简化为

$$\varphi_1 + \varphi_2 = \varphi. \tag{2}$$

因此验光师只需通过不断更换不同焦距的透镜,直到患者的眼睛被矫正为正视眼,选择最终的矫

正透镜光焦度 φ_2 以及正视眼光焦度 φ , 再通过式 (2) 直接计算出待测晶状体的焦距 φ_1 . 由于 2 种方法本质上都是以组合透镜焦度公式作为理论依据, 只是实际验光是通过改变 φ_2 求解 φ_1 , 而本实验设计方法是将 d 作为改变量求解 φ_1 , 在物理上具有等效性.

2 实验内容

2.1 实验装置

如图 5 所示, 本装置主要以光学移动平台为载体, 依次在光路中放置平行光源 S、中空反射镜 M、可调光阑、矫正镜片 L_1 与模型眼晶状体 L_0 . 光路中放置 2 个能自由移动的透镜支架, 方便调节透镜. 实验仪器包括: 光源 (白光 LED)、光源准直透镜 (直径 25.4 mm, 焦距 30 mm)、带刻度光学滑轨 (长度 100.0 cm)、中空反射镜 (外环直径 30 mm, 内环直径 5 mm)、备用若干透镜 (直径 50.8 mm, 焦距分别为 -150, 100, 150, 300, 600 mm)、人眼球模型 (直径 150 mm)、旋转镜架等. 补充说明: 按照眼科对正视眼的定义, 正视眼的屈光系统能将平行光恰好聚焦在眼底视网膜处, 表明正视眼的屈光系统焦距近似等于眼球直径, 如图 2 所示. 由于本实验选用较易加工的直径为 150 mm 的人眼球模型, 因此对应的正视眼焦距为已知常量, 即 150 mm. 另外, 本实验需在较暗环境下进行, 有利于观察到更为明显的实验现象.

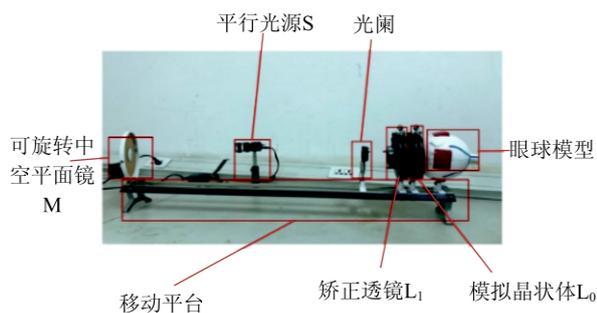


图 5 实验装置图

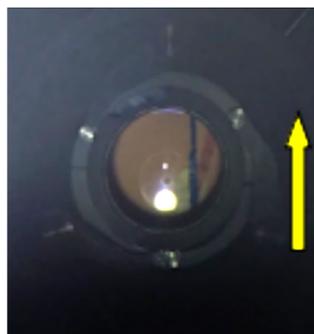
2.2 实验步骤

1) 搭建光路. 调整中空反射镜角度, 使平行光入射至模型眼的眼底位置.

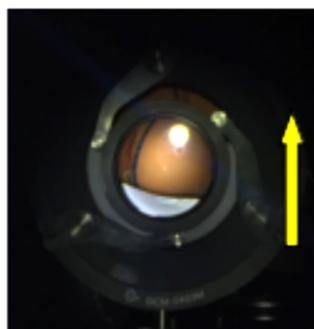
2) 选择任意编号的镜片 L_1 , 判断眼屈光不正类型 (近视眼、远视眼或正视眼).

学生随机抽取 1 个透镜模拟晶状体, 放置于

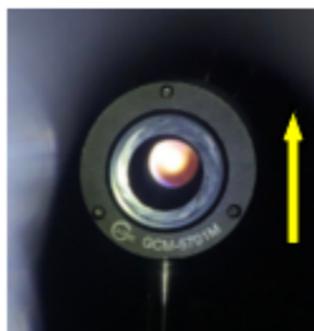
L_0 的位置, 打开光源, 从反射镜 M 的中心小孔处观察. 由反射镜旋转方向与小孔位置处观察到的像斑移动方向之间的关系 (逆动、顺动、不动), 判断出近视眼、远视眼、正视眼类型, 图 6 展示了中空反射镜向上旋转时, 拍摄到的模拟近视眼、远视眼、正视眼的实验现象.



(a) 近视眼



(b) 远视眼



(c) 正视眼

图 6 中空反射镜向上旋转的实验现象图

3) 选择合适透镜矫正近视或远视.

根据步骤 2), 取屈光不正透镜模拟晶状体放置于 L_0 位置, 从透镜盒中选取透镜放置于 L_1 位置, 模拟验光视力矫正. 从反射镜 M 的小孔中观

察现象,根据像斑移动方向与反射镜 M 的旋转方向是否相同,选择合适透镜,直到观察到不随反射镜旋转而移动的均匀亮视场,即为合适的矫正透镜。

4) 模拟待测晶状体的光焦度测量。

随机选取已知光焦度的矫正透镜,改变该矫正透镜与待测晶状体的间距 d ,直到观察到的亮斑不再移动,记录下间距 d 。重复实验,再依据式(1)计算出待测晶状体的光焦度。还可选取 2 个已知焦距的矫正透镜进行实验,通过测得数据计算出待测晶状体的焦距。

5) 将透镜放回透镜盒,归整好实验仪器。

2.3 误差分析

根据上述步骤进行实验验证。分别选取焦距为 100 mm 的透镜为模拟晶状体,焦距 f_2 为 -150 mm 的透镜为矫正透镜,以及焦距为 200 mm 的透镜为模拟晶状体,焦距为 400 mm 的透镜为矫正透镜进行 2 组实验,每组重复测量,如表 1 所示。由于模型眼的直径为 150 mm,因此本实验中正视眼的焦距为 150 mm。那么焦距大于 150 mm 的模拟晶状体透镜等效于远视眼,焦距小于 150 mm 的模拟晶状体透镜等效于近视眼。将测量计算得出的模拟晶状体透镜的焦距 f_1 与理论值 f_1' 比较,计算出相对偏差。

考虑到光源入射的光线并非完全平行光,且透镜非理想薄透镜导致主面与表面并不重合等因素,实验中会存在微小误差。

表 1 实验结果记录及分析

f_2/mm	f_1'/mm	d/mm	f_1/mm	E_r
-150	100	49.6	99.8	0.2%
400	200	68.4	199.0	0.5%

3 结束语

本教学实验的模型原理清晰、装置简易、对象丰富、操作简单,仅需中空反射镜、透镜等装置就可完成,且让学生直接观察到近视眼、远视眼、正视眼的实验现象,帮助学生直观地感受近视或者远视在视网膜成像上的区别,更加深刻理解眼屈光不正检查的原理。通过更换不同焦距的凹、凸

透镜,理解人眼的调节,能够定量描述镜片的光焦度,并在此基础上使学生掌握配镜技术。

参考文献:

- [1] 中华医学会眼科学分会眼视光学组,中国医师协会眼科医师分会眼视光学专业委员会. 儿童青少年近视普查工作流程专家共识(2019)[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志,2019,21(1):1-4.
- [2] 杨斌,陈义,宗易昕. 现代光环境与视觉健康问题及研究现状[J]. 科技中国,2020,24(2):15-17.
- [3] 陈欣华,唐瑶,黄继琴,等. 攀枝花市东区 898 例学龄前儿童视力不良检查结果及影响因素分析[J]. 预防医学情报学杂志,2019,35(10):1088-1092.
- [4] 刘莹莹. 检影验光的原理新解及应用[J]. 中国眼镜科技杂志,2016,27(21):114-115.
- [5] 张守亚. 检影在验光中的实际意义[J]. 中国眼镜科技杂志,2010,21(1):112-114.
- [6] 王立书,张英华. 检影验光在眼屈光检查中的应用[J]. 中国眼镜科技杂志,2003,14(6):21-23.
- [7] 吕磊,张正厚,李田勋,等. 非正常眼的模拟与矫正的实验方法研究[J]. 中国医学物理学杂志,2004,21(6):348-350.
- [8] 谢小燕. 将创新大赛融入高职眼视光技术专业实践教学中的探索与实践[J]. 高教学刊,2018,3(15):36-38.
- [9] 陈水桥,王鲲,陈洪山. 浅谈如何合理性选配和组建物理实验仪器系统[J]. 物理实验,2006,26(8):16-19.
- [10] 王磊,冀敏. 医学物理学[M]. 北京:人民卫生出版社,2013:212-214.
- [11] 赵凯华,钟锡华. 光学[M]. 北京:北京大学出版社,1982:318-325.
- [12] 席瑞骏,肖双江,杨慧,等. 光学镜头成像质量研究[J]. 物理实验,2019,39(5):42-46.
- [13] 刘秋武. 利用测节仪测量透镜组基点位置的变化规律[J]. 物理实验,2016,36(4):12-15.
- [14] Lu Zhangji, Cai Lilong. Paraxial focal length measurement method with a simple apparatus [J]. Optics Express, 2019,27(3):2044-2055.
- [15] 任寰,刘旭,袁静,等. 组合透镜法测量透镜焦距方法研究及数值分析[J]. 光学与光电技术,2012,10(4):46-49.
- [16] 方光宇,辛丽,赵海发. “薄透镜焦距测定”实验的教学探讨[J]. 物理实验,2017,37(9):30-34.

A teaching experiment of retinoscopy

CHEN Jia-nan, XIAO Hao-di, YANG Yi-ting,
SHEN Ye-lu, XU Yao, CAO Zi-li, LIN Wei-hao

(School of Ophthalmology & Optometry (School of Biomedical Engineering),
Wenzhou Medical University, Wenzhou 325035, China)

Abstract: A teaching experiment of retinoscopy based on spot motion method was designed. The ametropic type of the model eye lens could be quickly determined by using the dynamic relationship between the rotation direction of the hollow mirror and the observed moving direction of the retinal imaging spot. Furthermore, the accurate optometry of the model eye lens to be tested was also achieved according to the principle of combined lens imaging. This novel teaching experiment could deepen the students' understanding of the principle of ametropic examination.

Key words: retinoscopy; spot motion method; ametropia; optometry; combined lens imaging

[责任编辑:郭 伟]

(上接 49 页)

Discussion on college physics experiment course based on online platform

LIU Ying

(School of Energy and Mechanical Engineering,
Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang 330000, China)

Abstract: Adopting the BOPPPS teaching mode under the OBE concept combined with the online platform "Xue Xi Tong", the traditional physics experiment course teaching was improved. This new teaching mode aimed to emphasize the student-centered teaching philosophy, to improve students' autonomous learning ability and bring students' subjective initiative into full play.

Key words: Internet+; BOPPPS mode; Xue Xi Tong online platform; college physics experiment

[责任编辑:郭 伟]