

EYESI 双目间接检眼镜模拟系统在基层全科医师眼底检查技能培训的应用研究

郑 磊¹, 于 莉¹, 田汝银¹, 陈青山¹, 罗 濞¹, 卢亚楠¹, 祝天辉¹, 刘 嵩², 张国明¹

引用: 郑磊, 于莉, 田汝银, 等. EYESI 双目间接检眼镜模拟系统在基层全科医师眼底检查技能培训的应用研究. 国际眼科杂志, 2025, 25 (12): 2032-2035.

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目 (No.A2024234)

作者单位: ¹(518040) 中国广东省深圳市眼科医院; ²(200080)

中国上海市第一人民医院眼底病科

作者简介: 郑磊, 博士研究生, 主治医师, 研究方向: 眼底疾病诊疗与基础临床研究。

通讯作者: 张国明, 博士研究生, 主任医师, 副院长, 研究方向: 早产儿视网膜病变、眼底疾病诊疗与研究. zhangguoming@sz-eyes.com

收稿日期: 2025-06-19 修回日期: 2025-10-27

摘要

目的: 评估 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统作为基层全科医师眼底检查技能培训工具的效能。

方法: 前瞻性随机对照研究。选择 2021 年 1 月至 2024 年 12 月在深圳市眼科医院接受眼科临床技能培训的基层全科医师 40 名, 使用随机数字表分为研究组 20 名、对照组 20 名。研究组接受 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统培训, 对照组接受传统实践方法培训, 分析两组教学效果。

结果: 两组一般资料具有可比性。研究组经过 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统培训后, 检查总分及绘图总分均高于培训前(均 $P < 0.001$); 检查时长、视网膜光暴露时间及绘图时长均短于培训前(均 $P < 0.001$)。研究组在 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统考核中的检查总分及绘图总分均高于对照组(均 $P < 0.001$); 检查时长、视网膜光暴露时间及绘图时长均短于对照组(均 $P < 0.001$)。研究组对培训方式新颖性及培训整体满意度的评分均高于对照组(均 $P < 0.001$); 研究组对培训期间心理压力的评分低于对照组($P < 0.001$)。

结论: EYESI 双目间接检眼镜模拟系统能有效提升基层全科医师的眼底检查技能培训效果及基层全科医师对培训的满意度。

关键词: 眼科; 基层全科医师; 双目间接检眼镜; 虚拟现实; 培训

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.12.25

Application of the EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulation system for fundus examination skill training of general practitioner

Zheng Lei¹, Yu Li¹, Tian Ruyin¹, Chen Qingshan¹,
Luo Hao¹, Lu Ya'nan¹, Zhu Tianhui¹, Liu Kun²,
Zhang Guoming¹

Foundation item: Guangdong Province Medical Science and

Technology Research Fund Project (No.A2024234)

¹Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518040, Guangdong Province, China; ²Department of Fundus Disease, Shanghai General Hospital, Shanghai 200080, China

Correspondence to: Zhang Guoming. Shenzhen Eye Hospital, Shenzhen 518040, Guangdong province, China. zhangguoming@sz-eyes.com

Received: 2025-06-19 Accepted: 2025-10-27

Abstract

• AIM: To evaluate the effectiveness of EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulation system as a training platform for fundus examination skills of general practitioner.

• METHODS: Prospective randomized study. A total of 40 general practitioners who received clinical ophthalmology training at Shenzhen Eye Hospital from January 2021 to December 2024 were selected and randomly divided into two groups by random number table method, with 20 cases in the study group and 20 cases in the control group. The study group was trained by EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulation system and the control group was trained by conventional teaching. Training effects of the two groups were analyzed.

• RESULTS: The general information of the two groups was comparable. Through training with the EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulator, the study group showed significant improvements in total examination and drawing scores compared to pre-training results (all $P < 0.001$). Additionally, examination duration, retinal light exposure time, and drawing time were all significantly shorter than those before training (all $P < 0.001$). The study group achieved significantly higher total examination and drawing scores than the control group during the EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulator assessment (all $P < 0.001$). Furthermore, examination duration, retinal light exposure time, and drawing time were all significantly shorter in the study group compared to the control group (all $P < 0.001$). Moreover, ratings for the novelty of the training method and overall satisfaction with the training were significantly higher in the study group than in the control group (all $P < 0.001$); while the perceived psychological stress during training was significantly lower in the study group ($P < 0.001$).

• CONCLUSION: The EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulation system effectively enhances both the proficiency in fundus examination skills and overall training satisfaction among general practitioners.

• KEYWORDS: ophthalmology; general practitioner; binocular indirect ophthalmoscope; virtual reality; training

Citation: Zheng L, Yu L, Tian RY, et al. Application of the EYESI binocular indirect ophthalmoscope simulation system for fundus examination skill training of general practitioner. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25(12):2032-2035.

0 引言

基层全科医师作为居民健康的“守门人”，其眼科专业能力的提升对多种慢性致盲性眼病的早期发现与干预具有重要意义，有助于降低低视力及盲症的发生风险^[1-3]。双目间接检眼镜作为眼底检查的关键工具，具备视野广、立体感强、可动态观察等优势，在视网膜疾病诊疗中作用不可替代，且因其穿透混浊介质能力强、成本相对较低，适合在基层医疗机构中推广使用^[4]。然而，该技术的掌握存在一定学习难度，尤其基层全科医师普遍培训时间有限，亟需高效、系统的培训手段以提升其眼底检查技能^[5]。当前传统培训方式面临多重挑战：(1) 缺乏统一培训体系，多依赖“师徒制”教学，教学质量不一；(2) 实践机会有限，学员难以达到基本操作例数要求；(3) 检查过程中强光易引发患者不适，影响培训开展；(4) 考核指标主观，难以客观反映学习效果；(5) 病例资源单一，难以满足复杂眼底病变的识别训练需求等^[6-8]。因此，探索新型培训模式以提升基层全科医师对双目间接检眼镜的掌握效率具有重要现实意义。

EYESI 双目间接检眼镜模拟系统是基于虚拟现实(virtual reality, VR)的培训工具，具有操作真实、可重复训练及实时反馈等特点^[9]。该系统在国外已逐步应用于医学生及初级医师的眼底检查培训^[10]，但在国内，尤其是在基层全科医师培训中的实践研究尚不充分。本研究旨在探讨 EYESI 系统在基层全科医师眼底检查技能培训中的应用效果，以期为优化基层眼科培训体系提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性随机对照研究。选择 2021 年 1 月至 2024 年 12 月在深圳市眼科医院接受眼科技能培训的 40 名基层全科医师作为研究对象。使用随机数字表将其分为研究组 20 名和对照组 20 名，接受不同的双目间接检眼镜培训方法。纳入标准：(1) 自愿参加眼底检查技能培训；(2) 参加培训前从未使用过任何的眼底检查器械和设备，包括直接检眼镜、间接检眼镜和眼底照相机等。排除标准：无法配合完成全部培训内容及考核者。本研究经本院医学伦理委员会批准[审批号：2020-089(研)-02]，所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 训练系统 EYESI 系统由硬件装置和软件系统两部分组成。硬件装置主要包括电脑控制平台、仿生患者头部模型以及头戴式双目检眼镜模拟器。软件系统则包含多种形式的双目间接检眼镜眼底检查教学模式，带教老师可为受训医师灵活选择分步引导教学模式和自由训练模式。其中分步引导教学模式可供新手医师跟随系统提示学习光源定位、透镜对焦等基础操作，而自由训练模式允许医师自定义参数，如瞳孔大小、动态眼底病变组合等。此外，软件系统还包含考核模块，通过操作路径分析、视网膜光暴露时间、眼底病变定位及操作绘图耗时等生成量化报

告，用于客观统计和评估反馈^[10]。

1.2.2 培训方法 对照组基层全科医师接受传统实践培训，在上级医师指导下通过病患管理过程学习双目间接检眼镜的使用方法，历时 1 mo，每名基层全科医师需累计进行双目间接检眼镜眼底检查病例数 80 例。在接受 EYESI 系统考核之前，由同一名带教老师介绍并培训 EYESI 考核系统的使用方法，每名基层全科医师需累计使用 EYESI 考核系统 10 h 以达到熟练使用程度，以此来增加两组使用 EYESI 系统进行考核的公平性和可靠性。研究组基层全科医师由同一名带教老师培训 EYESI 系统的使用方法和考核方式。接受 EYESI 系统培训的基层全科医师按照该系统的进阶教程进行培训，培训期内不参加其他眼底检查相关培训，完成全部内容历时 2 wk 后进行与对照组相同的 EYESI 系统考核。

1.2.3 考核指标 EYESI 系统考核内容包含检查时长、视网膜光暴露时间、检查总分、绘图时长、绘图精确度及绘图总分，其中检查总分和绘图总分均为 100 分。培训方式的评分满分为 5 分，分为培训方式的新颖性、培训期间的心理压力、对眼底检查技能的帮助、有信心完成眼底检查及培训的整体满意度。采用 Likert 5 点计分法，如非常具有新颖性、无任何心理压力、非常有帮助、非常有信心、非常满意为 5 分，完全无新颖性、心理压力非常大、无明显帮助、没有信心、非常不满意为 1 分。由基层全科医师按 1-5 分从低到高逐层进行评价。

统计学分析：采用 SPSS 22.0 统计软件处理数据。通过 Shapiro-Wilk 检验，符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示，方差齐性，两组间差异或组内差异分别以独立样本 *t* 检验或配对样本 *t* 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 研究期间研究组与对照组各 20 名基层全科医师无失访情况。研究组 20 名，其中男 11 名，女 9 名，年龄 24-42(平均 30.25 ± 5.05) 岁；对照组 20 名，其中男 8 名，女 12 名，年龄 25-41(平均 31.10 ± 5.06) 岁，两组一般资料比较差异无统计学意义(均 *P*>0.05)，具有可比性。

2.2 研究组基层全科医师 EYESI 系统培训前后评分比较 研究组基层全科医师经 EYESI 系统培训后的检查总分、绘图总分均高于培训前，差异有统计学意义(均 *P*<0.001)；检查时长、视网膜光暴露时间及绘图时长均短于培训前，差异有统计学意义(均 *P*<0.001)；绘图精确度与培训前差异无统计学意义(*P*>0.05)，见表 1。

2.3 两组基层全科医师 EYESI 系统考核评分比较 培训后研究组基层全科医师在 EYESI 系统考核中的检查总分及绘图总分均高于对照组，差异具有统计学意义(均 *P*<0.001)；检查时长、视网膜光暴露时间及绘图时长均短于对照组，差异具有统计学意义(均 *P*<0.001)；两组的绘图精确度差异无统计学意义(*P*>0.05)，见表 2。

2.4 两组基层全科医师培训后调查问卷评分比较 研究组基层全科医师对培训方式新颖性及培训整体满意度的评分均高于对照组，差异有统计学意义(均 *P*<0.001)；对培训期间心理压力的评分低于对照组，差异有统计学意义(*P*<0.001)；两组对眼底检查技能的帮助和有信心进行真实眼底检查的评分，差异无统计学意义(均 *P*>0.05)。见表 3。

表 1 研究组基层全科医师 EYESI 系统培训前后评分比较

 $(\bar{x} \pm s, n=20)$

时间	检查时长(s)	视网膜光暴露时间(s)	检查总分(分)	绘图时长(s)	绘图精确度(%)	绘图总分(分)
培训前	1167.72±94.12	358.43±25.83	78.47±3.25	262.78±14.41	50.43±2.73	56.07±2.70
培训后	760.75±35.18	261.59±41.64	94.56±1.87	232.74±7.86	52.43±5.29	69.47±2.61
<i>t</i>	19.040	12.263	-18.310	8.068	-1.496	-14.994
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.151	<0.001

表 2 两组基层全科医师 EYESI 系统中考核评分比较

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

组别	例数	检查时长(s)	视网膜光暴露时间(s)	检查总分	绘图时长(s)	绘图精确度(%)	绘图总分(分)
研究组	20	759.05±31.08	259.26±40.48	95.38±1.96	233.87±12.21	53.58±5.19	70.22±3.12
对照组	20	914.24±24.51	344.95±23.77	87.65±3.22	321.58±14.99	50.70±4.48	62.82±3.19
<i>t</i>		-17.534	-8.163	9.151	-20.282	1.880	7.419
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.068	<0.001

注:研究组接受 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统培训;对照组接受传统实践方法培训。

表 3 两组基层全科医师培训后调查问卷评分比较

 $(\bar{x} \pm s, 分)$

组别	例数	培训方式 新颖性	培训期间 心理压力	对眼底检查技能 帮助	真实眼底检查时 自信程度	眼底检查培训的 整体满意度
研究组	20	4.77±0.12	2.18±0.19	4.38±0.20	4.47±0.16	4.59±0.20
对照组	20	3.36±0.31	4.35±0.21	4.37±0.20	4.45±0.21	4.01±0.18
<i>t</i>		18.682	-34.111	0.175	0.323	9.460
<i>P</i>		<0.001	<0.001	0.862	0.749	<0.001

注:研究组接受 EYESI 双目间接检眼镜模拟系统培训;对照组接受传统实践方法培训。

3 讨论

EYESI 系统是新一代双目间接检眼镜眼底检查培训设备,其设计原理一方面是基于 VR 技术创建虚拟患者模型,模拟真实患者的头部和眼部结构。另一方面则是通过精确模拟双目间接检眼镜的光学路径以及不同检查条件下的瞳孔大小和屈光状态,确保学员在操作时的视觉体验与真实环境一致,因此 EYESI 系统可以为临床医师和医学生提供一个高度真实、可重复且安全的培训环境,降低他们培训期间的心理压力^[11]。而借助于 EYESI 系统内部所包含的标准化教学流程模块,带教老师可为不同临床经验的学员设计分阶段课程,从基础对焦等技能操作到高阶技能周边视网膜探查等,逐步引导学员掌握操作规范。并且在教学过程中,带教老师可以通过显示器实时动态查看学员的操作细节,实现同步指导^[11]。为了克服传统培训方法考核方式的单一性和主观性,EYESI 系统提供了丰富的可量化考核指标,包括检查范围覆盖率、病灶检出率、视网膜光暴露时长等,生成的个性化考核报告既有助于学员针对性强化训练,又便于带教老师客观评估学习进度^[10]。此外,为了弥补真实临床带教过程中疾病种类的不足和伦理隐患,EYESI 系统涵盖了早产儿视网膜病变、年龄相关性黄斑变性等 300 多种动态病例,极大丰富了学员对于罕见复杂病例的操作体验感^[12]。EYESI 系统在既往研究中已经被证实有助于提高医学生和年轻住院医师的眼底检查技能,Leitritz 等^[13]发现经 EYESI 系统培训后的医学生在真实患者眼底检查考核中的操作熟练度得分明显高于传统方法培训组,初步证实了 EYESI 系统有助于提高医学生的眼底检查技能。Rai 等^[14]则将 EYESI 系统应用于毕业 1 a 眼科住院医师的眼底检查技能培训中,结果也发

现接受 EYESI 系统培训的住院医师相比传统方法培训医师的眼底检查操作得分更高,培训花费时间更短,证实 EYESI 系统训练有助于年轻眼科住院医师双目间接检眼镜眼底检查能力的提升。

本研究与既往研究的区别在于纳入的是无任何双目间接检眼镜学习和使用经历的基层全科医师,将他们作为检验不同培训方式效用的对象具有良好的可靠性。研究结果显示与培训前相比,基层全科医师经过 2 wk 的 EYESI 系统培训即可显著提升眼底检查技能,初步证实了 EYESI 系统作为基层全科医师双目间接检眼镜眼底检查技能培训工具的有效性。而进一步与传统培训方法对比分析发现,基层全科医师经过 2 wk EYESI 系统培训后的检查总分及绘图总分均高于为期 1 mo 的传统培训方法组,其检查时长、视网膜光暴露时间及绘图时长明显缩短,显示出 EYESI 系统具有更高效的眼底检查技能培训优势。该结论与既往 EYESI 系统在医学生和年轻眼科住院医师培训中展示出的良好效用一致^[13-14],更好地丰富了 EYESI 系统培训的应用范围。此外,研究结果中的视网膜光暴露时间作为双目间接检眼镜检查和考核的重要参数,它的缩短尤其具有临床意义,因为视网膜光暴露时间过长可能会给受检者带来不舒适的就医体验,甚至导致检查无法完成。然而本研究也发现,EYESI 系统和传统培训方法都无法显著提高基层全科医师的眼底绘图效率,这可能与眼底绘图需要医师储备较多的眼科理论知识和技能有关,短时间的培训尚不能快速弥补基层全科医师这部分的不足。

现代医学教育理论普遍认为,传统医学教学模式以患者作为操作训练对象虽然具有很强的临床实践价值,但可

能会给患者带来不必要的医疗伤害,也会增加受训医师的心理负担,降低他们检查的自信心^[15-17]。而初学阶段操作自信心的建立对于年轻医师临床技能提升以及远期职业规划至关重要^[18]。EYESI 培训系统可以为接受培训的医师提供标准化的培训环境以及反复操作的平台,医师可以在虚拟环境中反复练习,无需担心对真实患者造成伤害,从而帮助缓解培训中的压力,缩短学习曲线。Chou 等^[19]通过对 EYESI 系统培训后医学生的调查问卷分析发现,医学生对 EYESI 系统培训接受度高,并有助于他们进行真实就诊环境下的双目间接检眼镜眼底检查。Liu 等^[20]研究也发现接受 EYESI 系统培训的医学毕业生相比传统培训方法者更有信心在未来的临床实践中开展眼底检查,并且高达 88.41% 的医学毕业生表示更愿意接受 EYESI 系统培训,初步证实了 EYESI 系统有益于初学者医师建立眼底检查的自信心。本研究通过分析培训后调查问卷评分发现,EYESI 系统培训模式和传统培训方法均被受训医师认为有助于眼底检查技能的提升和增强检查的信心,但 EYESI 系统被认为更具有新颖性,尤其是其能够降低医师培训期间的心理压力,因此 EYESI 系统也获得了更高的培训满意度。

本研究的局限性在于纳入的研究对象较少,也尚未对接受两种培训方式后医师的真实临床实践效用进行观察。接下来将针对以上不足展开补充研究,纳入更多的基层全科医师作为研究对象,增加真实场景下的双眼间接检眼镜应用效果的评估,从而对两种培训方式的远期效用以及经济效应成本展开分析。

综上所述,本研究首次将 EYESI 系统应用于基层全科医师的眼技能培训,证实该系统既可以为基层全科医师提供高度真实、可重复且安全的培训环境而降低医师培训期间的心理压力,又可以通过量化培训效果增加实时反馈提升基层全科医师短期内双目间接检眼镜眼底检查技能的培训效率,是眼底检查技能培训的良好辅助工具。因此将 EYESI 系统应用于基层全科医师双目间接检眼镜眼底检查技能培训具有一定的可推广性。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:郑磊论文选题与修改,初稿撰写;罗灏、祝天辉文献检索;卢亚楠数据分析;于莉、田汝银、陈青山选题指导;刘塑论文审阅;张国明选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Weber MK, Woodward MA, Lu MC, et al. Time spent on eye disease screening, optical care, and care navigation within a federally qualified health center. *AJO Int*, 2025,2(1):100097.
- [2] 宋威, 闫春虹, 孙双双, 等.“一带一路”援非国家眼科医生培训调研与思考. *国际眼科杂志*, 2024,24(10):1676-1680.
- [3] Armitage R. Physician associates, competence expansion, and general practitioner burnout. *Lancet*, 2025,404(10471):2540-2541.
- [4] Ugagwu C, Teichman J, Ben - Yakov M, et al. Emergency department ophthalmoscopy: physician confidence and clinical practices. *CJEM*, 2025,27(2):117-122.
- [5] Kousha O, Ganeshanathan S, Shahin B, et al. Comparative evaluation of a new frugal binocular indirect ophthalmoscope. *Eye (Lond)*, 2023,37(1):160-162.
- [6] 刘子源, 敖明昕, 王薇, 等. EYESI 双目间接检眼镜模拟训练系统作为眼底检查技能培训和考核平台的有效性. *眼科*, 2020,29(3):230-234.
- [7] Estay AM, Plaza - Rosales I, Torres HR, et al. Training in retinoscopy: learning curves using a standardized method. *BMC Med Educ*, 2023,23(1):874.
- [8] Wentzell DD, Chung H, Hanson C, et al. Competency - based medical education in ophthalmology residency training: a review. *Can J Ophthalmol*, 2020,55(1):12-19.
- [9] Panke K, Karelka E, Alksnis R, et al. Vision functionality and user comfort following the use of binocular indirect ophthalmoscope simulator. *Clin Exp Optom*, 2025,108(3):327-335.
- [10] Ricci LH, Ferraz CA. Ophthalmoscopy simulation: advances in training and practice for medical students and young ophthalmologists. *Adv Med Educ Pract*, 2017,8:435-439.
- [11] Tso HL, Young J, Yung CW. Comparing eyesi virtual reality simulator and traditional teaching methods for direct ophthalmoscopy: students' perspectives at Indiana University school of medicine. *J Acad Ophthalmol* (2017), 2021,13(1):e66-e72.
- [12] Ting DS, Sim SS, Yau CW, et al. Ophthalmology simulation for undergraduate and postgraduate clinical education. *Int J Ophthalmol*, 2016,9(6):920-924.
- [13] Leitritz MA, Ziemssen F, Suesskind D, et al. Critical evaluation of the usability of augmented reality ophthalmoscopy for the training of inexperienced examiners. *Retina*, 2014,34(4):785-791.
- [14] Rai AS, Rai AS, Mavrikakis E, et al. Teaching binocular indirect ophthalmoscopy to novice residents using an augmented reality simulator. *Can J Ophthalmol*, 2017,52(5):430-434.
- [15] Yamada R, Futakawa K, Xu KZ, et al. Using virtual patients to enhance empathy in medical students: a scoping review protocol. *Syst Rev*, 2025,14(1):52.
- [16] Hart EJ, de Heer-Koster MH, van der Harst M, et al. Key tips to shift student perspectives through transformative learning in medical education. *BMC Med Educ*, 2025,25(1):202.
- [17] 郑超, 马济远, 张国恒, 等. 虚拟现实技术在医学生眼外伤教学中的应用研究. *国际眼科杂志*, 2024,24(10):1645-1649.
- [18] Shelke S, Ramachandran SS, Dalal S, et al. Assessing medical students' confidence in promoting high value care in clinical practice. *Bayl Univ Med Cent Proc*, 2024,37(1):101-103.
- [19] Chou J, Kosowsky T, Payal AR, et al. Construct and face validity of the eyesi indirect ophthalmoscope simulator. *Retina*, 2017,37(10):1967-1976.
- [20] Liu CY, Lin JC, Wu ST, et al. Eyesi direct ophthalmoscope simulator: an effective training tool for medical undergraduates. *BMC Med Educ*, 2024,24(1):783.