·专家共识与指南·

小动物眼底照相数据采集操作规范指南(2025)

邵 毅[1],颜 标[1],王丽强[2],《小动物眼底照相数据采集操作规范指南(2025)》专家组,中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会及智能医学专委会,国际转化医学会眼科专业委员会,国际智能医学会眼科专业委员会,中国眼科影像研究专家组

引用:邵毅,颜标,王丽强,等. 小动物眼底照相数据采集操作规范指南(2025). 国际眼科杂志, 2025,25(6):867-874.

基金项目:国家自然科学基金项目(No.82160195,82460203);江西省双千计划科技创新高端领军人才项目(No.jxsq2023201036);江西省重大(重点)研发专项计划项目(No.20223BBH80014)

作者单位:[1](200080)中国上海市,上海交通大学医学院附属第一人民医院眼科中心;[2](100853)中国北京市,中国人民解放军总医院第三医学中心眼科

作者简介

邵 毅 博士,主任医师,博士研究生导师,英国皇家医学会会士,国际智能医学会眼科专业委员会主任委员,国际转化医学会眼科专业委员会主任委员,中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会主任委员,牵头制定国家指南26部、国际指南6部、国家标准2部;发表SCI论著320余篇,5次入选爱思唯尔(Elsevier)高被引学者,主持22项国家级、省级课题,获省双千领军人才等20项,第一完成人获省部级科技奖励14项。研究方向:角膜病与智能医疗。

颜 标 教授,博士研究生导师。中国医师协会眼科分会、中国研究型医院学会及上海市医学会眼科学会委员。国家杰青人才,以通讯作者身份发表SCI论文60余篇,入选爱思唯尔(Elsevier)"中国高被引学者"。作为第一权利人获授权6项发明专利,并荣获中华医学科技奖二等奖、上海市医学科技一等奖及中国研究型医院医学创新奖二等奖等10项重要奖项,研究方向:视网膜血管疾病的发生机制及其干预策略。

王丽强 博士,教授,主任医师,博士研究生导师,哈佛大学博士后,麻省理工大学访问学者,中华医学会眼科分会角膜学组委员,军队科技顶尖人才、荣获北京市科技进步一等奖、全国创新争先奖牌、五洲女子科技奖励以及军队科技进步一等奖等多项奖励,承担包括国家自然科学基金重点项目、国家重点研发计划等多项国家级及省部级课题。主编、参编中英文专著多部,研究方向:角膜病与眼科影像学。

通讯作者:邵毅. freebee99@163.com;颜标. yanbiao1982@126.com;王丽强. liqiangw301@163.com

收稿日期:2024-12-14 修回日期:2025-04-23

摘要

小动物眼底照相技术在研究视网膜血管结构和功能变化方面具有重要意义。然而,由于缺乏统一的操作规范,可能导致数据的不一致性和不可比性。为了解决这一问题,研究旨在制定一份小动物眼底照相规范操作指南,为研究者提供规范的操作步骤和准确的数据分析方法,以期实现准确率高、可重复性强的数据采集与分析。指南的使用可以提高数据一致性,同时相比传统方法,提供更精确的结果。指南填补了小动物眼底照相规范操作标准的空白,为研究者提供了一个可靠的操作框架。指南不仅有助于提高数据的准确性和可比性,同时为临床实践中的视网膜血管研究提供了有力支持。

关键词:小动物眼底照相;视网膜血管;眼底荧光素血管造影;操作指南

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.01

Operation guide for fundus photographic data collection in small animals (2025)

Shao Yi[1], Yan Biao[1], Wang Liqiang[2], Expert Workgroup of Guidelines for Operation Guide for Fundus Photographic Data Collection in Small Animals (2025), Ophthalmic Imaging and Intelligent Medicine Branch of Chinese Medicine Education Association, Ophthalmology Committee of International Association of Translational Medicine, Ophthalmology Committee of International Association of Intelligent Medicine, Chinese Ophthalmic Imaging Study Groups

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 82160195, 82460203); Jiangxi Province Double Thousand Plan Science and Technology Innovation High-end Leading Talents Project (No. jxsq2023201036); Major (Key) Research and Development Project of Jiangxi Province (No.20223BBH80014)

[1]Department of Ophthalmology, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200080, China; [2]Department of Ophthalmology, the Third Medical Center, Chinese General Hospital of the People's Liberation Army, Beijing 100853, China

Correspondence to: Shao Yi. Department of Ophthalmology, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200080, China. freebee99@163.com; Yan Biao. Department of Ophthalmology, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200080, China. yanbiao1982@126.com; Wang Liqiang. Department of Ophthalmology, the Third Medical Center, Chinese General Hospital of the People's Liberation Army, Beijing 100853, China. liqiangw301@163.com

Received:2024-12-14 Accepted:2025-04-23

Abstract

• Fundus photography in small animals holds great significance for studying alterations in the structure and function of retinal blood vessels. However, the absence of uniform operating practices can lead to inconsistencies and incomparability of data. To address this issue, this study aims to develop a standard operation guide for fundus photography in small animals. It will provide researchers with standardized operation procedures and accurate data analysis methods to ensure high accuracy and reproducibility in data collection and analysis. The adoption of these guidelines enables a high level of data consistency while providing more precise results than traditional methods. This guideline bridges the gap in the lack of standard operating norms for fundus photography in small animals, offering researchers a reliable operational framework. This guideline not only helps to improve the accuracy and comparability of data, but also provides strong support for retinal vascular research in clinical practice.

• KEYWORDS: small-animal fundus photography; retinal blood vessels; fundus fluorescein angiography; operation guide

Citation: Shao Y, Yan B, Wang LQ, et al. Operation guide for fundus photographic data collection in small animals (2025). Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2025,25(6):867-874.

0 引言

小动物眼底照相是建立在眼底成像技术基础上的一项研究工具,专门用于小动物(如小鼠、大鼠和兔子等)视网膜成像[1]。引入荧光成像技术使研究者可以标记和追踪特定细胞和分子,揭示动物视网膜活动和病变的过程。例如,注射荧光素后,可以实时监测其在血管中的流动,进一步研究血流动力学[2]。

随着生命科学领域的不断发展,小动物眼底相机技术也逐渐演进和完善,为研究者提供更好的工具来研究动物模型中的视网膜结构和功能,推动眼科研究和临床应用的进步[3-5]。由于小动物眼球大小和结构较人的相差较大,眼底照相需具备更高分辨率和适应性。随着成像技术的发展,小动物眼底相机逐渐提高了分辨率和灵敏度,使研究者更准确地观察视网膜等微观结构。然而,缺乏统一的数据采集规范可能导致数据的不一致性和不可比性,针对这一问题,中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会及智能医学专委会,国际转化医学会眼科专业委员会,国际智能医学会眼科专业委员会,中国眼科影像研究专家组成立了《小动物眼底照相数据采集操作规范指南(2025)》专家组,组织专家学习小动物眼科的应用研究文献,并结合眼底照相的临床研究实践经验,召开线下和线上会议,由执笔专家组成员撰写指南初稿,初稿形成后通过电子邮件和微信方式由各位专家独立阅读并提出修改意见,分别提交指南撰写组核心成员,修改意见经过整理并通过微信、邮件方式和线上会议进行讨论和归纳,指南在修改期间充分接受参与专家的建议和指导意见,最终达成指南终稿,旨在制定一份明确的小动物眼底照相规范操作指南,为研究者提供操作步骤和数据分析方法,以实现准确、可重复的数据采集,提高数据一致性。

1 小动物眼底相机

1.1 科研应用与工作原理 眼底相机是一种用于拍摄和记录眼底(视网膜和脉络膜)图像的医疗设备,广泛用于眼科临床诊断和监测[6]。在糖尿病视网膜病变筛查[7-8]、黄斑变性诊断[9-10]、青光眼检查[11-12]、视网膜脱离和裂孔检查[13]、高血压视网膜病变检查[14]、眼科手术前后评估[15]及其他视网膜疾病[16-18]中有着广泛应用。目前,实时眼底照相在小型啮齿类动物的研究中有较为迫切的需求。在早期的视网膜基因疗法研究中,学者们运用了常规的人体手术显微镜对小型啮齿类动物的眼睛进行视网膜色素上皮细胞注射,这种方法仅允许大致观察眼部的光学变化来评估基因载体的递送效果[19-21]。目前,许多研究依赖于昂贵的商业设备,如基于微米级的扫描激光检眼镜(scanning laser ophthalmoscope, SLO),来获取眼底图像和/或在眼底荧光素血管造影(fundus fluorescein angiography,FFA)下的图像[22-25]。尽管这些设备提供了高清晰度的图像,但高昂的成本以及缺乏适合微型操作器操作的适当工作距离限制了它们的普及。特定装置如 Micro-Ⅲ或Ⅳ虽能产生高质量的角膜接触成像,但其设计并不易于手术操作[26]。活体共焦神经成像(*in vivo* confocal neuroimaging, ICON)使用共焦显微镜和自适应双凹透镜对视网膜神经节细胞进行成像,尽管图像质量良好,但其物镜的工作距离过短,限制了手术使用[27]。基于 SLO 的系统在小鼠眼底成像方面同样出色,但存在的限制包括只能提供单色图像,难以成像 1 月龄以下的幼鼠,以及无法控制某些光源[28]。除了 SLO 系统,还有一些其他设备如 Topcon[29]、FLIO[30]、TEF[31]和 Kowa[32]系统被用于相关研究,但这些设备在实时手术监控和为视网膜下注射等手术提供清晰视野方面有其局限性。

眼底成像需要特定类型的眼底照相机,目前常用于实验动物的设备包括 OptoProbe 品牌的大/小动物通用型眼底相机(图 1A)、国产第一视觉(Premiere Vision)品牌的大/小动物通用型眼底相机(图 1B)和 Phoenix Micron Ⅳ(图 1C)、Micron X(图 1D)、RetCam(图 1E)。这些照相机可适用于间接眼部照相、啮齿类动物眼底照相和荧光血管造影。

在相机系统中,光源发出照明光束通过镜头和透镜进入小动物的眼睛,然后反射回来。相机传感器捕捉这些光信号并将其转换为数字图像。这些数字图像传输到计算机,通过图像处理软件对图像的亮度、对比度和色彩进行进一步的处理和分析,生成清晰的小动物眼底图像。

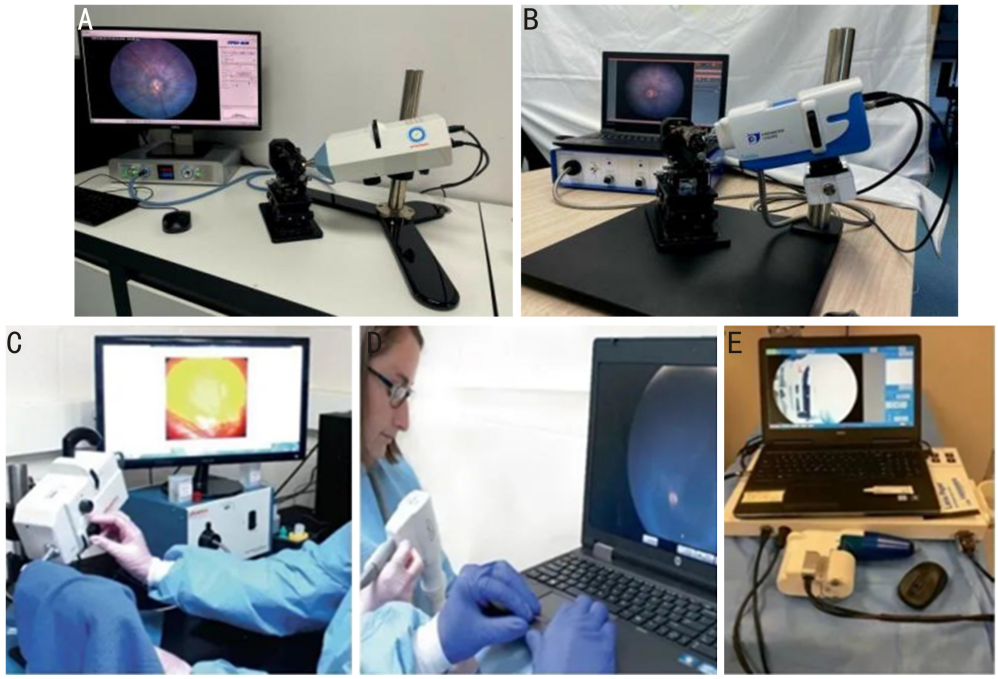

图 1 可适用于大多数实验动物拍摄的仪器 A:OptoProbe 品牌——大/小动物适用;B:第一视觉(Premiere Vision)品牌——大/小动物适用;C:Micron Ⅳ——啮齿类;D:Micron Ⅹ——大动物;E:RetCam Shuttle——大动物。

1.2 操作流程

1.2.1 眼底彩照检查 在数据采集之前,操作人员需要对动物进行准备工作(例如:使用麻醉药物、扩瞳药物等),以确保稳定的实验条件和动物的安全。拍摄照片时,所有照片都应使用相同的放大倍率和照明设置。此外,所有动物均应按相同的眼别顺序(先右后左)进行拍摄,同时应记录保存动物标识和设备日志等拍摄记录。关键步骤包括:

(1)麻醉:根据动物的种类和体质量选择适当的麻醉方法。麻醉需要在专业人员的指导下进行,以避免动物受伤。以 C57BL/6 小鼠为例,可使用 1.25%三溴乙醇进行腹腔注射(0.2 mL/10 g)[33]。在冬季进行麻醉检查时,需注意麻醉后对动物进行保温以避免动物死亡。眼部可加用盐酸丙美卡因滴眼液进行表面麻醉(操作前 1 min 滴入动物结膜囊中,每次 1 滴)。

(2)散瞳:对实验动物眼部滴加复方托吡卡胺滴眼液散瞳(每间隔 5 min 点 1 次,点 3 次),以便更好地观察视网膜血管结构和其他细节[34]。

(3)设备操作(以 OptoProbe 品牌的 OPTO-RIS 设备为例):固定麻醉后的动物于升降桌上,调整眼位,散瞳后涂抹卡波姆凝胶滴眼液于眼角膜上。将待测眼与小动物眼底成像系统镜头接触,将眼底相机的激光通道切换到白光通道,将白光调整到合适光强度,将 RawGain 值调到最大(否则观察不到眼底),同时保证用于拍摄荧光素钠血管造影的蓝光通道的光强处于最小值,通过调整实验台和镜头焦距,确认镜头与动物眼球之间无遮挡,再将视网膜视盘移动到视野中央。点击拍摄软件中的白平衡按钮进行白平衡,之后旋转光源功率旋钮,将视野中的图像调整到明亮适中的功率大小。点击软件中的拍摄按钮,进行图像采集。每只实验动物双眼均进行拍照。实验完成后用生理盐水清洗双眼,并用抗生素滴眼液滴眼预防感染。

(4)拍摄规范的眼底彩照图像:聚焦清晰、明亮适中、视盘在视野中央、无睫毛或眼睑遮挡等,见图 2A。

常见的不规范眼底彩照情况及解决方案:(1)未进行散瞳导致瞳孔未扩张,无法拍摄到眼底(图 2B);或散瞳不完全导致图像中有黑色阴影(图 2C)。解决办法:使用散瞳滴眼液按照标准进行充分散瞳。(2)光强过弱(图 2D)或者过强(图 2E)。解决办法:适当升高或降低光源强度旋钮,使之合适。(3)眼睑遮挡(图 2F)或睫毛遮挡(图 2G)。解决办法:使用湿棉签轻轻擦拭或使用蘸有凝胶的棉签将睫毛和胡须擦拭到一边。(4)未进行白平衡(图 2H)或对焦不准确(图 2I)。解决办法:点击操作软件上 AWB 白平衡旋钮或适当调节采集镜头下方的手动调焦旋钮,直至图像清晰。

1.2.2 眼底荧光血管造影检查 荧光血管造影可用于观察血液流动和渗漏等生理现象,评价眼内血视网膜屏障完整性,最常用于检查视网膜和脉络膜的血管情况。目前,通常选择的荧光染料是 10%荧光素钠,即 FFA;也有部分研究选择吲哚菁绿,即吲哚菁绿血管造影(indocyanine green angiography,ICGA)。在注射荧光素前,先拍摄对照的彩色图像,注射后每 20 s 拍摄一组以获取连续的记录。由于荧光素填充脉络膜视网膜血管,因此可观察到血管流动的各个阶段,包括动脉前期、动脉期、动静脉期、静脉期和后期。异常结果可能包括高荧光(自身荧光、假荧光、透见荧光、异常血管荧光、渗漏)和低荧光(荧光遮蔽和充盈缺损)。

以下是 FFA 检查的关键步骤:为了拍摄规范且清晰的 FFA 造影图片,将光源更换到 Blue 通道,调整光强度,拨动相机上手动滤光轮。随后,动物腹腔注射 1.7 mL/kg 2%荧光素钠注射液,将动物置于升降桌上,调整眼位,待瞳孔散大后涂抹医用卡波姆滴眼液于眼角膜,使之与小动物眼底成像系统镜头接触。通过调整实验台和镜头焦距,并确认镜头与动物眼球之间无其它遮挡,再将视网膜视盘移动到视野中央。之后旋转光源功率旋钮,将视野中的图

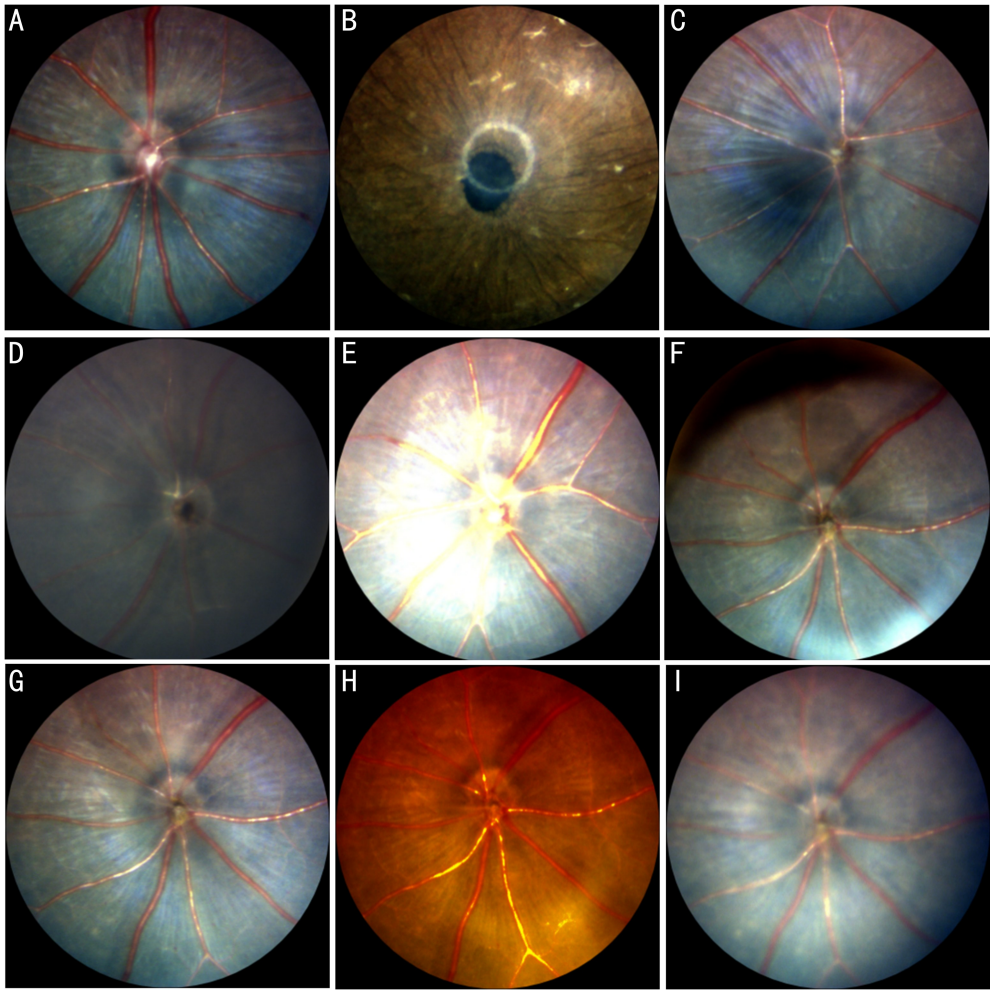

图 2　拍摄规范和不规范的眼底彩照图像　A:拍摄规范的 C57BL/6 小鼠视网膜彩照;B:未进行散瞳导致的不规范拍摄图像;C:散瞳不完全导致的不规范拍摄图像;D、E:光强调整不合适导致的不规范拍摄图像;F、G:遮挡导致的不规范拍摄图像;H:未进行白平衡导致的不规范拍摄图像;I:未对焦导致的不规范拍摄图像。

像调整到明亮适中的功率大小。点击软件中的拍摄按钮,进行图像采集。每只实验动物双眼均进行拍照。实验完成后用生理盐水清洗双眼,并用抗生素滴眼液滴眼预防感染。

注意:(1)注射荧光素钠之后约 20 s 左右可以看到视网膜中央血管,图像必须在注射荧光素钠后的 3-10 min 内拍摄,在之后的时间点,由于荧光素钠扩散到玻璃体、虹膜等其他部位中,会导致图像质量下降,只有在 3-10 min 内拍摄清晰的图像才能用于分析。(2)为了确保图像清晰,考虑到小动物的呼吸和软件稳定性等因素,可以连续多次拍摄以获取最佳结果。

拍摄规范的眼底彩照及 FFA 图像:要求聚焦清晰、明亮适中、视盘在视野中央、无睫毛或眼睑遮挡等,见图 3A。不规范的 FFA 图像情况及解决方法:(1)荧光素钠注射量过少(图 3B)或小动物未固定好(图 3C)。解决办法:建议使用临床上配置好的荧光素钠注射液按照动物标准进行注射,或进行麻醉补液。(2)由于拍摄时间太短荧光素钠还未完全充盈(图 3D)或拍摄时间过长荧光素钠充盈末期(图 3E)。解决办法:合理控制拍摄时长,保证双眼在荧光素钠充盈末期之前获得清晰和理想的 FFA 图像;熟练掌握眼底相机的使用,能够快速调整好小动物眼睛的位置以便于快速拍摄和观察。(3)眼睑遮挡(图 3F)或睫毛遮挡(图 3G)。解决办法:熟练使用眼底相机,充分调整好眼睛和镜头的位置,使用湿棉签轻轻擦拭或使用蘸有凝胶的棉签将睫毛和胡须擦拭到一边。

1.2.3 OPTO-RIS 采集的其他模式动物眼底彩照和 FFA 图像　荧光血管造影基于眼底彩照技术,为进一步探究血流特征提供了数据支持。该技术也广泛应用于除了鼠之外的其它动物模型,以下是通过 OPTO-RIS 设备采集其他模型动物的眼底彩照和 FFA 的图像:SD 大鼠(图 4A)、豚鼠(图 4B)、新西兰兔(图 4C)、青紫蓝兔(图 4D)和猪(图 4E)。

1.2.4 其他品牌眼底彩照和 FFA 效果　除了 OptoProbe 品牌的眼底彩照图像采集系统,还有其他品牌的设备专用于动物实验的,比如美国 Phoenix 和 IISCIENCE,其图像采集效果图见图 5。

2 结论和展望

本研究旨在制定小动物眼底相机规范操作指南,以提供在小动物模型中进行眼底成像研究的准确、可靠方法。通过对动物准备、荧光素注射和图像采集等多个关键步骤和操作注意事项进行详细说明,我们希望能够为研究者们提供一份全面且实用的操作指南。

在将该指南应用于小动物视网膜疾病模型的研究中,我们验证了指南在提高数据一致性、减少操作误差方面的

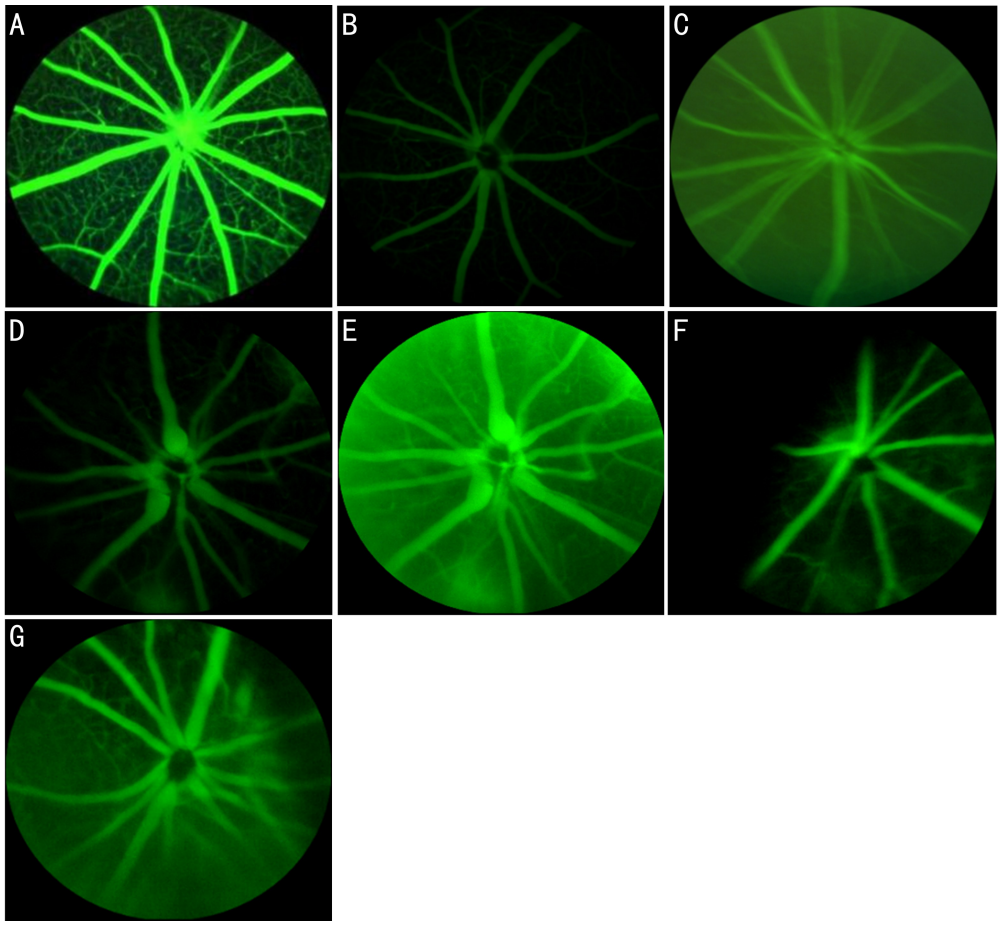

图 3 拍摄 C57BL/6 小鼠规范和不规范的 FFA 图像 A:拍摄规范的荧光素钠造影;B:荧光素钠注射量过少导致的不规范拍摄图像;C:未固定好导致的不规范拍摄图像;D:拍摄时间太短导致的不规范拍摄图像;E:拍摄时间太长导致的不规范拍摄图像;F、G:遮挡导致的不规范拍摄图像。

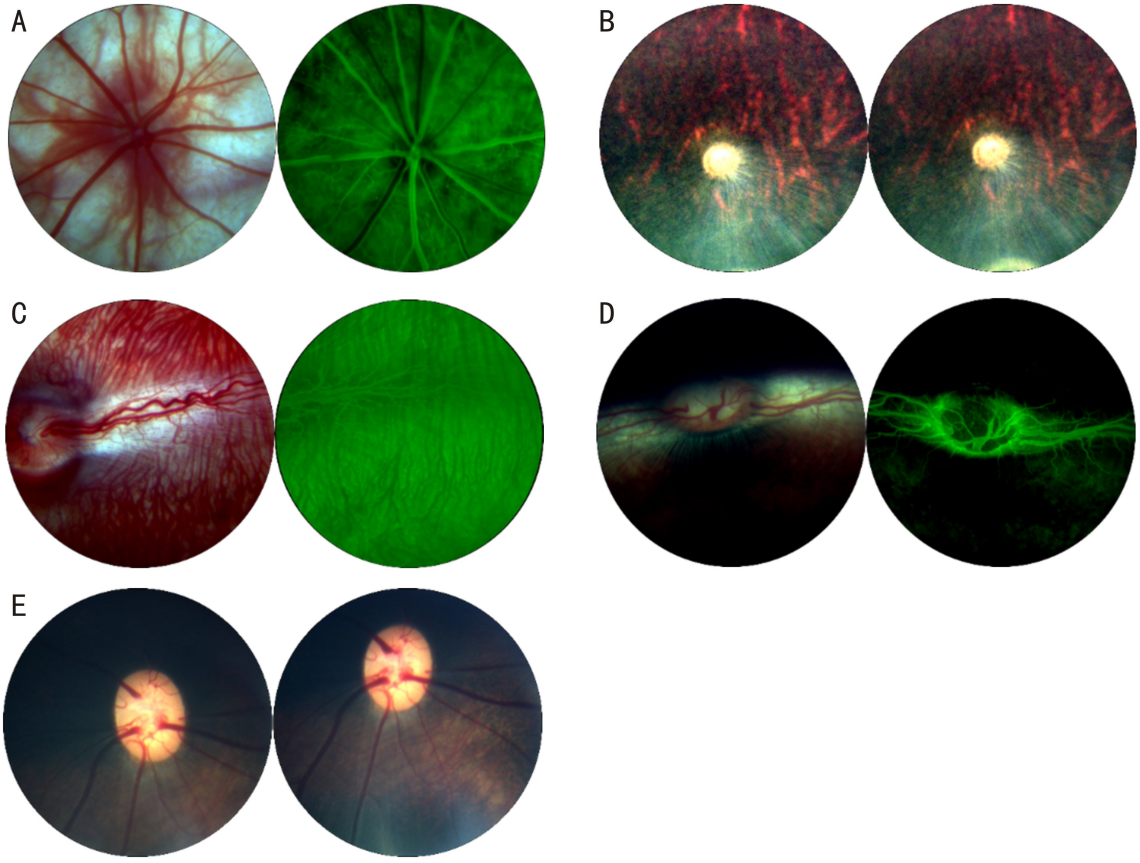

图 4 其他动物模型眼底彩照及 FFA 图像 A:SD 鼠眼底彩照(左)及荧光素钠造影(右);B:豚鼠眼底彩照;C:新西兰兔眼底彩照(左)及荧光素钠造影(FFA,右);D:青紫蓝兔眼底彩照(左)及荧光素钠造影(右);E:猪眼底彩照。

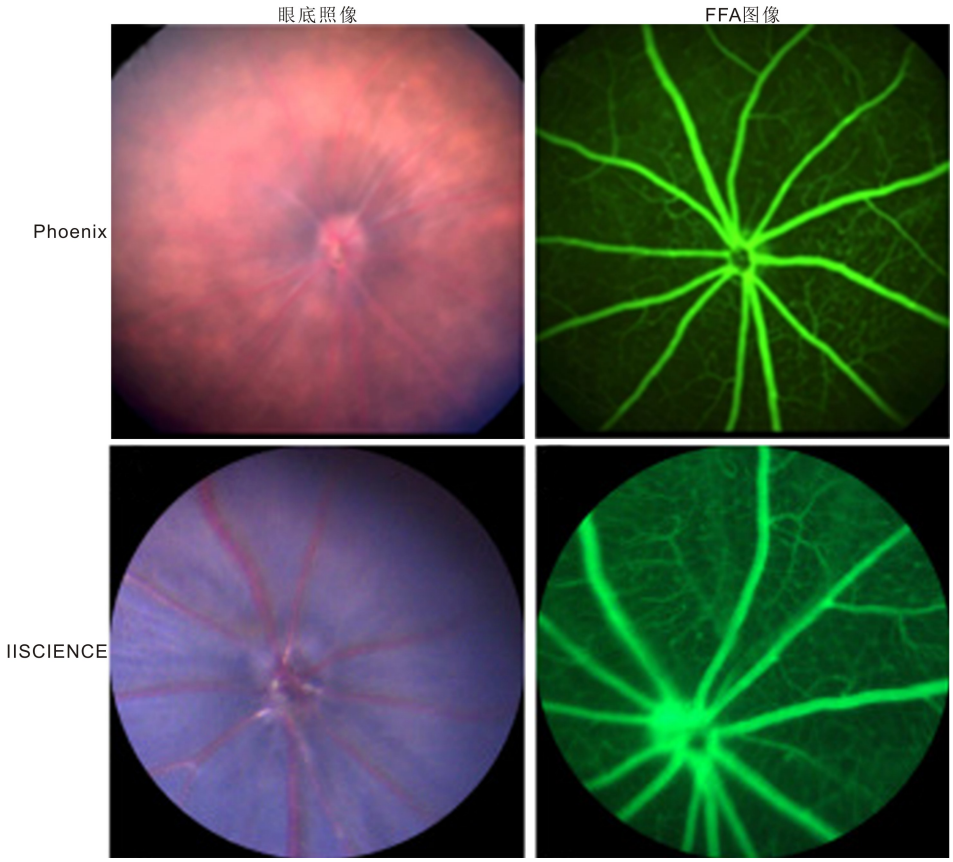

图 5 其他品牌采集的 C57BL/6 小鼠的眼底彩照及 FFA 图像。

重要作用。规范的操作流程有助于降低实验结果的变异性,为后续的数据分析和解释提供了更坚实的基础。然而,我们也意识到该指南仍然有待不断完善和扩展,因此,在未来的研究中,我们将进一步验证指南在不同动物模型、疾病情况和荧光素应用中的适用性,以确保其广泛的实用性。

我们相信小动物眼底相机规范操作指南的制定将有助于推动小动物眼底成像技术的进一步发展,为眼科研究提供更加可靠和一致的数据支持,为眼部疾病的治疗和预防做出更大的贡献。感谢所有为本研究提供支持和帮助的人员,以及参与实验的动物和科研团队。我们期待在小动物眼底成像领域取得更多的突破和成就。

形成指南专家组成员:

执笔专家:

邵 毅 上海交通大学医学院附属第一人民医院
颜 标 上海交通大学医学院附属第一人民医院
王丽强 解放军总医院第三医学中心
谭 钢 南华大学附属第一医院
陈祥军 浙江大学
胡丽丹 浙江大学医学院附属儿童医院
王建丛 北京心联光电科技有限公司
迟 玮 深圳市眼科医院(南方医科大学深圳眼科医学中心)
李 程 厦门大学眼科研究所
万晓玲 上海交通大学医学院附属第一人民医院
秦 牧 湘南学院附属医院
庄文娟 宁夏眼科医院
柯碧莲 上海交通大学医学院附属仁济医院
魏雁涛 中山大学中山眼科中心
徐海伟 陆军军医大学西南医院
顾正宇 安徽医科大学第一附属医院
蔡建奇 中国标准化研究院
陶 勇 首都医科大学附属北京朝阳医院
张 弘 哈尔滨医科大学附属第一医院
李世迎 厦门大学附属第一医院
陆成伟 吉林大学白求恩第一医院
石 磊 安徽省第二人民医院(安徽省眼科医院)
田 磊 首都医科大学附属北京同仁医院
李 炜 厦门大学眼科研究所
吴继红 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
朱欣悦 上海交通大学医学院附属第一人民医院
郜 原 山西医科大学
马 健 浙江大学医学院附属第二医院
王怡欣 英国卡迪夫大学
邱庆华 上海交通大学医学院附属同仁医院
计 丹 中南大学湘雅医院
高 雯 安徽省第二人民医院(安徽省眼科医院)
刘光辉 福建中医药大学附属人民医院
华 夏 天津爱尔眼科医院
接 英 首都医科大学附属北京同仁医院
张 慧 昆明医科大学第一附属医院
宋 毅 上海交通大学附属第一人民医院
廖 萱 川北医学院附属医院

张铭志 汕头大学·香港中文大学联合汕头国际眼科中心
邹文进 广西医科大学第一附属医院
吴护平 厦门大学厦门眼科中心
柴 勇 江西省儿童医院
彭 娟 广州医科大学附属第二医院
胡守龙 首都医科大学附属北京儿童医院
杨瑞波 天津医科大学眼科医院
胡 亮 温州医科大学附属眼视光医院
宋秀胜 恩施土家族苗族自治州中心医院
刘红玲 哈尔滨医科大学第一附属医院
邵婷婷 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
唐丽颖 厦门大学附属中山医院
李正日 延边大学附属医院
石晓路 中国中医科学院医学实验中心
张 冰 杭州市儿童医院
康刚劲 西南医科大学附属医院
刘 昳 南京中医药大学附属南京市中医院
向棹宇 上海交通大学医学院附属第一人民医院
阚菲菲 哈尔滨医科大学附属第一医院
崔仁哲 延边大学附属医院
葛倩敏 南昌大学第一附属医院
蒋贻平 赣南医科大学第一附属医院
郑钦象 浙江大学医学院附属邵逸夫医院
石文卿 同济大学附属同济医院
李中文 宁波市眼科医院
姚牧笛 上海交通大学医学院附属第一人民医院
刘盛涛 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
吴佳丽 上海交通大学医学院附属第一人民医院
陈艳蕾 广东省人民医院
林 森 温州医科大学附属眼视光医院
黄锦海 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
王佰亮 温州医科大学附属眼视光医院
王 烽 梅州市人民医院
吴振凯 常德市第一附属医院
刘 洋 武汉大学中南医院
沈建良 温州医科大学附属眼视光医院
谢华桃 华中科技大学同济医学院附属协和医院
钟 蕾 上海交通大学医学院附属第一人民医院
杨文利 首都医科大学附属北京同仁医院
陈 雨 上海大学
许琦彬 杭州市红十字会医院
贺 佳 济宁医学院
李海波 厦门大学附属厦门眼科中心
余 瑶 南昌大学第一附属医院
计 岩 重庆医科大学附属第一医院
王 勇 武汉爱尔眼科医院
李传保 济宁医学院附属医院
陈新建 苏州大学
张艳艳 宁波市眼科医院
王雪林 上饶市中心医院
苏兆安 浙江大学医学院附属第二医院
肖启国 南华大学附属第二医院
杨于力 陆军军医大学第一附属医院
张春南 东南眼科医院
罗丽娟 杭州师范大学附属萧山医院
林志荣 厦门大学附属厦门眼科中心
刘秋平 南华大学附属第一医院
张谋鑫 厦门大学附属厦门眼科中心
纪丽君 上海大华医院

参与起草的专家(按姓氏拼音排列):

眼科影像专家

邓德勇 上海中医药大学附属岳阳中西医结合医院
黄永志 四川大学华西医院
黎颖莉 南方医科大学珠江医院
李海波 厦门大学附属厦门眼科中心
李 笠 福建省立医院
李乃洋 中山市人民医院
李植源 郴州市第一人民医院
魏 红 南昌大学第一附属医院
谢仁艺 厦门大学附属厦门眼科中心
徐三华 南昌大学第一附属医院
杨 阳 岳阳市中心医院
姚 勇 广州希玛林顺潮眼科医院

实验技术专家

陈 程 南昌大学第一附属医院
陈景尧 昆明市第一人民医院
陈新建 苏州大学
陈 胜 上饶爱尔眼科医院
董 静 山西大学第一附属医院
耿志鑫 北京衔微医疗科技有限公司
何良琪 南昌大学第一附属医院
胡瑾瑜 南昌大学第一附属医院
令 倩 南昌大学第一附属医院
梁荣斌 复旦大学附属金山医院
彭志优 南昌大学第一附属医院
邱坤良 汕头大学·香港中文大学联合汕头国际眼科中心
邵一磊 温州医科大学附属眼视光医院
苏 婷 武汉大学人民医院
王晓宇 南昌大学第一附属医院
肖轶尘 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
杨启晨 四川大学华西医院
张振豪 上海健康医学院附属周浦医院
曾艳梅 南昌大学第一附属医院
朱卓婷 墨尔本大学眼科中心
邹 洁 南昌大学第一附属医院

利益冲突:
所有作者均声明不存在利益冲突。本指南的制定未接受任何企业的赞助。

共识声明:
所有参与本指南制定的专家均声明,坚持客观的立场,

以专业知识、研究数据和临床经验为依据,经过充分讨论,全体专家一致同意后形成本共识,本指南为中国医药教育协会眼科影像与智能医疗分会及智能医学专委会、国际转化医学会眼科专业委员会、国际智能医学会眼科专业委员会和中国眼科影像研究专家组部分专家起草。

免责声明:

本共识的内容仅代表参与制定的专家对本指南的指导意见,供临床医师参考。尽管专家们进行了广泛的意见征询和讨论,但仍有不全面之处。本指南所提供的建议并非强制性意见,与本指南不一致的做法并不意味着错误或不当。临床实践中仍存在诸多问题需要探索,正在进行和未来开展的临床诊疗将提供进一步的证据。随着临床经验的积累和治疗手段的涌现,未来需要对本共识定期修订、更新,为受检者带来更多临床获益。

参考文献

[1] Peng M, Park B, Harikrishnan H, et al. A smartphone based method for mouse fundus imaging. Exp Eye Res, 2021,206:108530.
[2] Novotny HR, Alvis DL. A method of photographing fluorescence in circulating blood in the human retina. Circulation, 1961,24:82-86.
[3] Ferdous S, Liao KL, Gefke ID, et al. Age-related retinal changes in wild-type C57BL/6J mice between 2 and 32 months. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021,62(7):9.
[4] Alex AF, Alnawaiseh M, Heiduschka P, et al. Retinal fundus imaging in mouse models of retinal diseases. Methods Mol Biol, 2019, 1834:253-283.
[5] Alex AF, Heiduschka P, Eter N. Retinal fundus imaging in mouse models of retinal diseases. Methods Mol Biol, 2013,935:41-67.
[6] 杨卫华, 邵毅, 许言午. 眼科人工智能临床研究评价指南(2023). 国际眼科杂志, 2023,23(7):1064-1071.
[7] Kashim RM, Newton P, Ojo O. Diabetic retinopathy screening: a systematic review on patients' non-attendance. Int J Environ Res Public Health, 2018,15(1):157.
[8] 邵毅, 迟玮, 刘秋平, 等. 人工智能辅助诊断早产儿视网膜病变应用指南(2023). 眼科新进展, 2023,43(9):673-679.
[9] Pennesi ME, Neuringer M, Courtney RJ. Animal models of age related macular degeneration. Mol Aspects Med, 2012,33(4):487-509.
[10] 邵毅, 迟玮, 魏雁涛. 眼底自发荧光在年龄相关性黄斑变性中的应用指南(2023). 国际眼科杂志, 2023,23(8):1235-1241.
[11] Kim CY, Kuehn MH, Anderson MG, et al. Intraocular pressure measurement in mice: a comparison between goldmann and rebound tonometry.Eye (Lond), 2007,21(9):1202-1209.
[12] 邵毅, 杨卫华, 车慧欣, 等. 青光眼常用检查设备规范操作指南(2023). 眼科新进展, 2023,43(5):337-345.
[13] Mitry D, Charteris DG, Fleck BW, et al. The epidemiology of rhegmatogenous retinal detachment: geographical variation and clinical associations.Br J Ophthalmol, 2010,94(6):678-684.
[14] Cheung CY, Biousse V, Keane PA, et al. Hypertensive eye disease. Nat Rev Dis Primers, 2022,8(1):14.
[15] Wong TY, Klein R, Sharrett AR, et al. The prevalence and risk factors of retinal microvascular abnormalities in older persons: The Cardiovascular Health Study. Ophthalmology, 2003,110(4):658-666.
[16] Cicinelli MV, Marchese A, Bordato A, et al. Reviewing the role of ultra-widefield imaging in inherited retinal dystrophies. Ophthalmol Ther, 2020,9(2):249-263.
[17] Logroño Wiese PE, Seeber F, Endres AS, et al. Screening for common eye diseases in the elderly with Optos ultra-wide-field scanning laser ophthalmoscopy: a pilot study with focus on ocular toxoplasmosis. Int Ophthalmol, 2021,41(5):1573-1584.
[18] Alabduljalil T, Cheung CS, VandenHoven C, et al. Retinal ultra-wide-field colour imaging versus dilated fundus examination to screen for sickle cell retinopathy. Br J Ophthalmol, 2021,105(8):1121-1126.
[19] Johnson CJ, Berglin L, Chrenek MA, et al. Technical brief: subretinal injection and electroporation into adult mouse eyes. Mol Vis, 2008,14:2211-2226.
[20] Nickerson JM, Goodman P, Chrenek MA, et al. Subretinal delivery and electroporation in pigmented and nonpigmented adult mouse eyes. Methods Mol Biol, 2012,884:53-69.
[21] Nickerson JM, Getz SE, Sellers JT, et al. DNA delivery in adult mouse eyes: an update with corneal outcomes. Methods Mol Biol, 2014, 1121:165-177.
[22] Song D, Zhao L, Li Y, et al. The oral iron Chelator deferiprone protects against systemic iron overload-induced retinal degeneration in hepcidin knockout mice. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(7): 4525-4532.
[23] Mao HY, Seo SJ, Biswal MR, et al. Mitochondrial oxidative stress in the retinal pigment epithelium leads to localized retinal degeneration. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014,55(7):4613-4627.
[24] Oczos J, Sutter I, Kloeckener-Gruissem B, et al. Lack of paraoxonase 1 alters phospholipid composition, but not morphology and function of the mouse retina. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014,55(8): 4714-4727.
[25] Lockhart CM, Nakano M, Rettie AE, et al. Generation and characterization of a murine model of Bietti crystalline dystrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014,55(9):5572-5581.
[26] Kim SY, Yang HJ, Chang YS, et al. Deletion of aryl hydrocarbon receptor AHR in mice leads to subretinal accumulation of microglia and RPE atrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014,55(9):6031-6040.
[27] Sabel BA, Engelmann R, Humphrey MF. *In vivo* confocal neuroimaging (ICON) of CNS neurons. Nat Med, 1997,3(2):244-247.
[28] Paques M, Simonutti M, Roux MJ, et al. High resolution fundus imaging by confocal scanning laser ophthalmoscopy in the mouse. Vision Res, 2006,46(8-9):1336-1345.
[29] Ye FX, Kaneko H, Nagasaka Y, et al. Plasma-activated medium suppresses choroidal neovascularization in mice: a new therapeutic concept for age-related macular degeneration. Sci Rep, 2015,5:7705.
[30] Dysli C, Dysli M, Enzmann V, et al. Fluorescence lifetime imaging of the ocular fundus in mice. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(11):7206-7215.
[31] Paques M, Guyomard JL, Simonutti M, et al. Panretinal, high-resolution color photography of the mouse fundus. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2007,48(6):2769-2774.
[32] Chang B, Hurd R, Wang J, et al. Survey of common eye diseases in laboratory mouse strains. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013,54(7): 4974-4981.
[33] 詹红微, 邱泽文, 李慧玲, 等. 三种麻醉药物对小鼠麻醉效果的比较. 实验动物科学, 2012,29(4):19-24.
[34] Wang S, Li J, Bai J, et al. The immunoproteasome subunit LMP10 mediates angiotensin II-induced retinopathy in mice. Redox Biol, 2018, 16:129-138.