

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2023.01.05

View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2023.01.05>

## 基于眼底图片的5G医疗眼科远程诊断中心的构建与应用

黄文彬<sup>#</sup>, 邝继发<sup>#</sup>, 张秀妮, 郑伟, 余洋, 李山祥, 钟兴武

(中山大学中山眼科中心海南眼科医院, 海南省眼科学重点实验室, 海口 570311)

**作者贡献声明:** 1)构思设计: 黄文彬、邝继发、钟兴武; 2)行政支持: 余洋、李山祥、钟兴武; 3)提供研究材料: 郑伟; 4)数据收集与汇总: 张秀妮、郑伟; 5)数据分析与解读: 黄文彬、邝继发; 6)稿件撰写: 黄文彬、邝继发; 7)稿件最终修订与同意: 所有作者。

**[摘要]** **目的:** 依托最新的第5代移动通信技术(5th generation wireless systems, 5G), 构建基于眼底图片的5G医疗眼科远程诊断平台, 促进医疗资源上下贯通, 提升基层服务能力及医疗服务体系整体效能。**方法:** 基于5G时代医院的信息化发展战略, 在海南省卫生健康委员会的资助与指导下, 中山大学中山眼科中心海南眼科医院与中国联通通信集团海南有限公司等进行跨行业、多学科的技术力量研究开发, 构建5G条件下的平台建设模块和技术路线, 确定远程眼科诊断流程, 并在海南省内多地区应用。**结果:** 远程诊断平台运行良好。2020年12月至2021年11月, 本研究共在海南省17个地区, 186个卫生院中开展, 共收集1 561例患者眼底病图片数据, 筛查阳性例数为185例, 检出眼底病总阳性率为11.9%。其中有42例需要转诊治疗, 转诊率为23%, 143例不需要转诊治疗, 非转诊率为77%。在1 561例眼底图像中, 采集异常的眼底图像有490例。排除490例异常眼底图像后, 辅助诊断系统与人工诊断结果有1 002张眼底图像诊断相同, 69张眼底图像诊断不同, 其辅助诊断系统准确率为93.3%。**结论:** 5G移动通信与远程医学影像结合, 运用互联网科技催生新型医疗生产力, 提高卫生经济的质量和效率, 是医疗领域探索5G应用场景的一项应用典范。

**[关键词]** 5G; 眼科; 远程诊断; 海南省; 眼底图片

<sup>#</sup> 共同第一作者。

**收稿日期 (Date of reception):** 2022-07-09

**通信作者 (Corresponding author):** 钟兴武, Email: zhongxwu@mail.sysu.edu.cn

**基金项目 (Foundation item):** 海南省自然科学基金 (820RC780); 海南省临床医学中心和海南省重点研发计划项目 (ZDYF2020151)。This work was supported by the Natural Science Foundation of Hainan Province (820RC780), Clinical Medical Center of Hainan Province and Key Research Program of Hainan Province (ZDYF2020151), China.

# The construction and application of 5G remote ophthalmology diagnosis center based on fundus images

HUANG Wenbin<sup>#</sup>, KUANG Jifa<sup>#</sup>, ZHANG Xiuni, ZHENG Wei, YU Yang, LI Shanxiang, ZHONG Xingwu

(Hainan Eye Hospital and Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Haikou 570311, China)

**Contributions:** 1) Conception and design: HUANG Wenbin, KUANG Jifa, ZHONG Xingwu; 2) Administrative support: YU Yang, LI Shanxiang, ZHONG Xingwu; 3) Provision of study materials: ZHENG Wei; 4) Collection and assembly of data: ZHANG Xiuni, ZHENG Wei; 5) Data analysis and interpretation: HUANG Wenbin, KUANG Jifa; 6) Manuscript writing: HUANG Wenbin, KUANG Jifa; 7) Final approval of manuscript: All authors.

**Abstract** **Objective:** Relying on the latest 5th generation wireless systems (5G), a remote primary ophthalmology care diagnosis platform based on fundus images was constructed in order to promote the connectivity of medical resources and improve the primary health service capabilities and the overall effectiveness of the medical service system. **Methods:** Based on the 5G informatization development strategy of hospitals, and under the funding and guidance of the Hainan Provincial Health Commission, the Hainan Eye Hospital of Zhongshan Ophthalmic Center and China Unicom Communications Group Hainan Co., Ltd. conducted a cross-industry, multi-disciplinary technical research. To build platform construction modules and technical routes under 5G networks, present the remote ophthalmological diagnosis process, and apply it in many regions in Hainan Province. **Results:** The performance of the remote diagnosis platform is well. From December 2020 to November 2021, this study was carried out in 186 health centers in 17 regions of Hainan Province. A total of 1 561 patients with fundus disease image data were collected. The number of positive screening fundus disease cases was 185. The total positive rate was 11.9%. Among them, 42 cases required referral for treatment, with a referral rate of 23%, and 143 cases did not require referral for treatment, with a non-referral rate of 77%. Among 1 561 cases of fundus images, 490 fundus images were excluded due to abnormal quality. Compared the results of the diagnosis platform system with manual diagnosis, 1 002 fundus images were identical, and 69 fundus images were different in diagnosis. The accuracy of the auxiliary diagnosis system was 93.3%. **Conclusion:** The collaboration of 5G mobile communication and telemedicine imaging, combined with internet technology to promote new medical productivity, improve quality and efficiency of the health economy. This study is an application model for exploring 5G application scenarios in the medical field.

**Keywords** 5G; ophthalmology; remote diagnosis; Hainan Province; fundus images

随着最新的第5代移动通信技术(5th generation wireless systems, 5G)与医疗领域的相结合,党中央高度重视“互联网+医疗”工作,2018年国家卫健委下发了《进一步改善医疗服务行动计划(2018-2020)的通知》,对改变传统就医模式、建设智慧医院进行了全面部署。另外,政府相关部门出台多项政策措施,鼓励5G医疗应用的发展,

例如《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》《推动5G加快发展的通知》等各种文件不断出台<sup>[1]</sup>。5G时代医院的信息化发展战略成为亟待解决的热点研究问题。全面推进智慧医院建设已成为必然趋势。这不仅是国家对医院发展提出的新要求,也是人民日益增长的健康需求对医疗改革提出的新方向。

5G技术对于远程医疗具有重要意义。远程医疗主要通过有线和(或)无线传输,远距离传送临床图片、视频等信息,从而实现远距离临床诊断、治疗及监测<sup>[2-4]</sup>。拥有丰富经验的医疗专家可通过互联网5G技术对医疗条件和技术差的医疗机构提供医疗支持,远程诊疗将在基层医院与本医院之间架起“无形的桥梁”<sup>[5-6]</sup>。在常规的眼科疾病诊疗过程中,眼部影像学检查占据着重要地位,以一张眼底照片为例,作为全身唯一可视化的血管,眼底血管情况可以反映糖尿病、高血压引起的眼底病疾患,另外也可对青光眼患者的疾病进展进行随访观察,以及预测白内障术后视力恢复状况等,为致盲性眼病提供诊断及随访依据<sup>[7-8]</sup>。远程医疗的重要环节是传输海量的影像数据,5G技术能够满足大规模物联网连接,网络连接快速、灵活,提高医疗影像数据传输质量,以确保远程会诊、远程手术等的质量<sup>[9]</sup>。

同时,随着我国居民日益增长的健康医疗需要与医疗资源发展不平衡不充分之间的矛盾日益突出,5G技术支撑下的远程诊疗成为缓解这一矛盾的重要措施,在发展基层医疗、推动分级诊疗中起重要作用。目前,各省市关于5G医疗的政策陆续出台,各大医院抢跑5G医疗。本研究在海南省卫生健康委员会的资助与指导下,根据海南省眼病防治的战略需求和学科发展趋势,构建基于眼底图像的5G医疗眼科远程诊断中心,通过远程阅片进行眼病筛查、多科合作,建立眼病诊、防、治一体化研究网络。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究时间

2020年12月至2021年11月,在中山大学中山眼科中心海南眼科医院进行。

### 1.2 研究单位

海南省卫生健康委员会,中山大学中山眼科中心海南眼科医院,中国联通通信集团海南有限公司(以下简称为中国联通),海南省17个地区186个卫生院等。

主要研究单位中山大学中山眼科中心海南眼科医院作为海南省唯一眼科专科三级甲等医院,配备海南省眼科学重点实验室和海南省临床医学

中心,其眼科水平在华南区位居前列,全省排名第1。

### 1.3 研究分工

统筹:由海南省卫生健康委员会资助与统筹指导。

构建:由中山大学中山眼科中心海南省眼科医院组织3名副主任以上眼底病专家组成眼底图片阅片小组,对人工智能(artificial intelligence, AI)辅助诊断结果进行确诊。对有异议的结果由3名专家共同讨论后做出最终决定,并指导基层单位使用相关设备,管理运作。

采集和随访:由基层卫生院基层医生负责给患者进行眼底图像采集,并自动上传云端得到初步诊断,起到基层首诊作用及非转诊患者的随访。

5G建设:由中国联通解决5G基站建设,基层单位眼病图像设备搭建,提供眼底图像AI辅助诊断系统等。

### 1.4 主要设备

眼底图像采集使用深圳硅基智能AIFCS10手持式眼底相机(图1),这是一款可免药物散瞳使用的数码医用相机,视场角为45°,500万像素,可进行2 560×1 920高清分辨率专业医疗级成像。其体积小,携带方便,操作简单,可快速获取眼底清晰图像,方便应用于快速眼科筛查、外出诊断、行动不便的患者检查、远程医疗及流动式筛查等基层医疗应用场景。



图1 深圳硅基智能AIFCS10眼底相机

Figure 1 Shenzhen silicon intelligent AIFCS10 fundus camera

辅助诊断软件使用的是深圳硅基智能眼底图像辅助诊断软件(注册证编号: 国械注准20203210687), 型号为AIDRscreening, 该软件诊断敏感度为87.05%, 特异度为95.68%。作为国内首个基于深度学习技术的眼底三类辅助诊断软件, 深圳硅基智能眼底图像辅助诊断软件共能诊断19种眼底疾病(视网膜玻璃膜疣、豹纹状眼底、黄斑病变、视网膜增殖膜、视杯扩大、视网膜出血、视网膜血管硬化、视网膜变性、视盘发育异常、视神经疾病、急性视神经炎、视网膜血管病变、视网膜静脉阻塞、视网膜动脉阻塞、视网膜裂孔、视网膜脱离、急性缺血性视网膜病变、玻璃体病变、玻璃体积血), 标准详见<https://www.sibionics.com>。该软件由辅助诊断云端(含基于深度学习技术的眼底病变辅助诊断模块、数据存储模块、接口调度模块)、医生诊断客户端(含患者数据管理模块、上传下载模块、报告编辑打印模块)和系统管理端(设备状态管理模块、软件授权管理模块、组织结构管理模块、患者信息管理模块)组成。软件基于眼底彩色照片, 采用基于卷积神经网络的深度学习技术对图像进行计算、分析, 得出对于眼底病变的辅助诊断建议, 提供

给具有相应资质的临床医生作为参考。

### 1.5 研究内容

本研究是基于5G网络和AI技术, 构建基于眼底图像的眼底病远程会诊系统, 促进“基层首诊、双向转诊、急慢分治、上下联动”的分级诊疗模式逐步形成。

由基层卫生院基层医生收集并记录每例患者姓名、年龄、性别、视力、眼部疾病病史、高血压与糖尿病病史, 使用深圳硅基智能AIFCS10手持式眼底相机给客户进行眼底图像采集(图2)。信息收集后, 通过5G网络上传到海南省5G眼科远程诊断中心平台, 由AI辅助诊断系统做出初步诊断完成基层首诊。由中山大学海南省眼科医院成立的眼底图像阅片小组, 根据远程眼科单张眼底像质量标准来确保采集图像清晰度来进行人工质控<sup>[10]</sup>, 诊断结果以阅片小组人工诊断为主, 最终结果报告30 min内通过5G网络回传到基层单位再反馈打印纸质报告移交患者, 并指导当地医生进一步治疗, 必要时进行远程会诊。专家阅片小组判定需要手术治疗或需要进一步检查明确诊断的患者, 需转诊上级医院。

研究流程见图3。

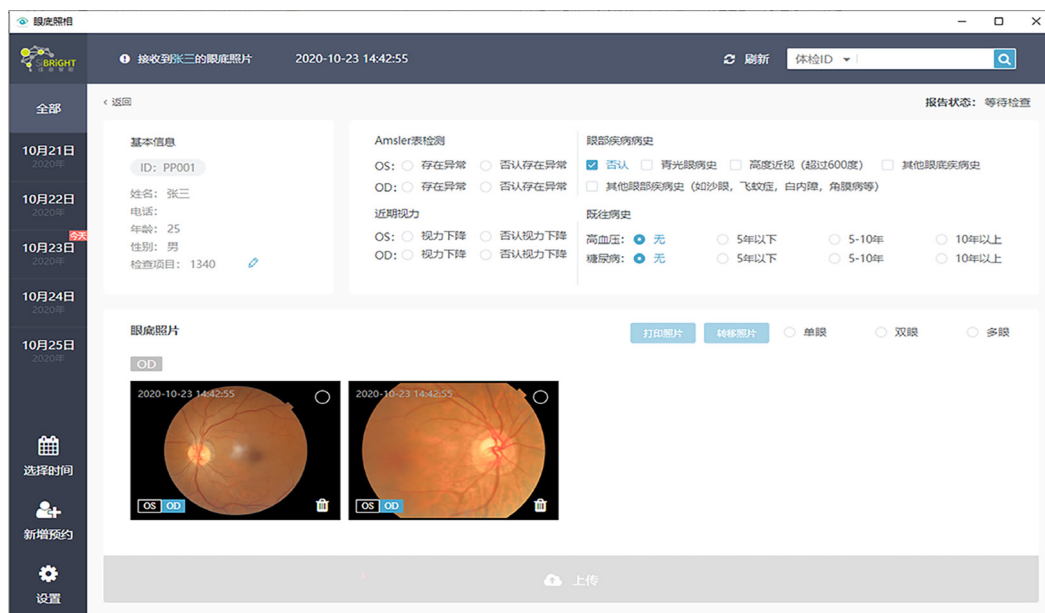


图2 患者信息彩集示意图

Figure 2 Schematic diagram of patient information color set



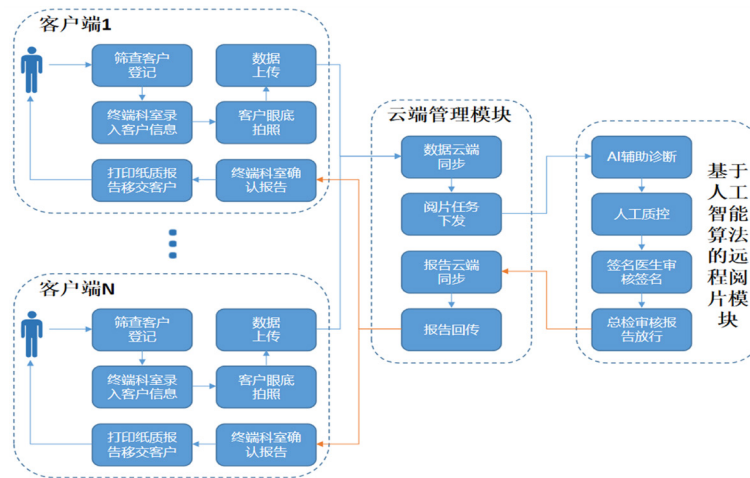


图3 远程眼科诊断流程图

Figure 3 Flow chart of remote ophthalmic diagnosis

## 2 结果

2020年12月至2021年11月, 本研究共已收集海南省17个地区, 186个卫生院, 1 561例眼底图片, 筛查眼底病图像阳性数为185例, 检出眼底病总阳性率为11.9%。其中有42例需要转诊治疗, 转

诊率为23%, 143例不需要转诊治疗, 非转诊率为77%。在1 561例眼底图像中, 采集异常的眼底图像有490例。排除490例异常眼底图像后, 辅助诊断系统与人工诊断结果有1 002张眼底图像诊断相同, 69张眼底图像诊断不同, 其辅助诊断系统准确率为93.3%(表1)。

表1 海南省5G眼科远程诊断平台筛查检出一览表

Table 1 List of screening and detection of Hainan 5G remote ophthalmic diagnosis platform

地区	筛查图片总数	眼底病阳性例数	阳性率/%
白沙县	18	0	0.0
保亭县	11	1	9.1
昌江县	20	0	0.0
澄迈县	84	15	17.9
儋州市	219	37	16.9
定安县	6	0	0.0
东方市	30	3	10.0
海口市	89	5	5.6
乐东市	46	4	8.7
临高县	266	45	16.9
陵水县	311	23	7.4
琼海市	33	7	21.2
琼中县	55	3	5.5
屯昌市	55	3	5.5
万宁市	94	20	21.3
文昌市	110	9	8.2
五指山市	114	10	8.8
合计	1 561	185	11.9

在185例阳性图像中, 男95例, 女90例, 年龄(57.83±15.53)岁。其中视网膜玻璃膜疣103例, 豹纹状眼底17例, 黄斑病变14例, 视网膜增殖膜11例,

视杯扩大10例, 视网膜出血10例, 视网膜血管硬化10例, 视网膜变性7例, 视盘发育异常3例。各疾病百分比构成见图4。

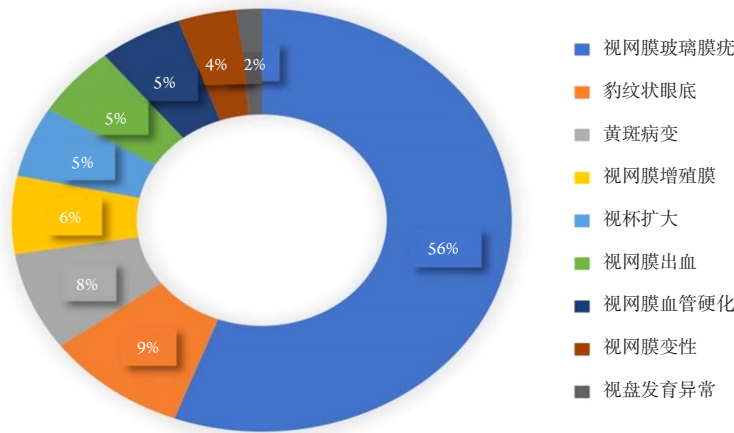


图4 筛查阳性患者眼底病变构成图

Figure 4 Composition of fundus lesions in patients with positive screening

### 3 讨论

国家卫健委、工信部对5G医疗远程应用方面提供了强大的政策支持, 致力推进“一带一路”互联网+医疗服务, “互联网+医疗”是指利用互联网为代表的新一代信息技术, 包括5G技术、云计算、物联网、AI等, 使其与传统医疗行业融合形成一种新型服务业态, 以提升医疗行业的创新能力和效率, 创新服务模式。2019年, 中国远程医疗与互联网医学大会正式发布了《基于5G技术的医疗网络建设标准》<sup>[11]</sup>。该标准明确了5G无线网络将成为医院内和医院间医疗应用的基础设施, 并定义了支撑典型医疗应用的网络所需具备的功能、性能、安全性、可靠性、可维护性、环境友好性及可演进性的具体要求, 这标志着5G网络将成为我国医疗体系的新一代网络基础设施。2019年以来, 我国已有多家医疗机构加入5G在医疗领域中的应用试点, 主要涉及医学影像应用、远程急救、远程手术指导、远程会诊等领域。其中开展远程手术指导的占比最高(44%), 其次是远程会诊(30%), 以及远程医学影像应用(11%)<sup>[12]</sup>。

本研究搭建的平台为5G赋能的智慧远程眼科会诊体系, 让医疗大数据互联互通, 提供更丰

富、更优质的链路基础, 物信技术融合, 解决就医中“时间”和“距离”产生的难题, 最大范围内实现优质医疗资源可及性。该研究使用的深圳硅基智能眼底图像辅助诊断软件已获得国家药品监督管理局医疗器械技术审评中心审批, 且在临床试验过程中未发生不良事件, 产品的安全性和有效性达到预期, 可进行临床应用。本眼科远程诊断中心构建并应用1年以来, 共收集海南省17个地区, 1 561例眼底图片, 筛查眼底病阳性数为185例, 检出眼底病总阳性率为11.9%。其中有42例需要转诊治疗, 转诊率为23%, 143例不需要转诊治疗, 非转诊率为77%。11.9%的高阳性筛查率体现了该诊断平台的重要性和必要性。该中心的构建与应用为基层医院提供便捷的眼底筛查手段, 也极大地提高了基层医院对于眼底疾病的筛查速度, 并能快速地让需要转诊的患者得到优质医疗资源诊治。该远程诊断平台与目前国内外研究的其他眼科AI诊断平台相比, 如中山大学中山眼科中心Lin等<sup>[13]</sup>研究的“CC-Cruiser先天性白内障AI平台”, Raumviboonsuk等<sup>[14]</sup>研究的“糖尿病性视网膜病变AI诊断平台”, 主要搭载了5G智能网络, 快速智能网络的应用极大地缩短从患者登记到最终结果反馈时间。但设备使用及收集数据

中也存在相应不足,在1 561例眼底图像中采集异常的眼底图像有490例,考虑原因可能为患者屈光介质不清(角膜混浊、晶体混浊、玻璃体混浊),或基层医生缺乏培训,拍照操作不当导致,也有可能是患者不配合。个别地区收集眼底图像数量较少,设备使用普及率较低,未能充分代表该地区患者眼底病阳性率。为促进信息统计工作的进程,为眼底病与高血压、糖尿病慢病管理联合做准备,我们需加强基层卫生人员眼底图像采集水平并尽量疏导患者配合医疗检查,降低图像采集异常率,增加设备使用率,收集更多眼底图像数据。

我国医疗卫生资源极度匮乏,且存在着分配不均的普遍现象,占据全球人口1/5却仅占有2%的医疗资源<sup>[15]</sup>。海南省眼科目前同样存在医疗资源总量不足、质量不高、分布不均等问题。在此背景下,优化卫生资源配置,加强基层眼保健工作已成为当务之急,提高防盲工作的覆盖率,建立并完善防盲网络,是海南省全体医疗机构面临的重要任务。远程医疗作为海南省眼科医联体业务合作的重要技术手段,能够跨越机构与距离障碍实现优质医疗资源共享,促进“基层首诊、双向转诊、急慢分治、上下联动”的分级诊疗模式逐步形成。海南省眼科远程诊断中心的构建,有利于调整医疗资源结构布局,促进医疗卫生工作重心下移和资源下沉,提升基层服务能力,提升医疗工作体系整体质量,更进一步实施分级诊疗和满足广大群众的基本健康需要。通过远程会诊与5G技术相结合,能够在专家会诊时,实现对患者身体体征最大限度的还原,极大地提高了患者救治能力,其最终目的是实现医疗资源的优化配置,为医疗资源缺乏地区提供高质量医疗服务<sup>[16]</sup>。另外,在科研方面,本研究将发挥大数据优势,通过5G网络建立多中心、多层次协同的科研机制,打造科研新模式,以期获取海南省热带地区眼底病流行病学数据。海南省5G眼科远程诊断中心,将5G移动通信与远程医学影像相结合,运用互联网科技催生新型医疗生产力,提高卫生经济的质量和效率,是最新一代5G移动通讯网络商业化应用的典范,也是医疗领域探索5G应用场景的一项成功的示范样板。

目前,随着5G技术的广泛使用,医疗应用领域的涉及也进一步扩大<sup>[17-18]</sup>。国外对于5G技术的

应用于医疗领域的设想主要集中于远程诊断、远程机器人手术、在线会诊及在线健康监测等<sup>[19]</sup>。然而,5G技术在健康医疗领域应用还处于初期阶段,目前大部分为试验性案例探索,大规模铺开还面临着一系列需要解决的问题<sup>[1,20]</sup>:1)后续更多医疗设备接入5G网络平台,终端设备为适应5G网络的使用需要不断地开发与改进,设备之间数据标准、接口统一问题也需要得到解决;2)5G网络平台建设所产生经济成本及建设平台需要技术支持;3)针对5G网络使用过程需要出台相应的法律法规。

5G技术的应用正引领着医疗发生变革,但新的医疗革命在发展中必定会遭遇各种新的挫折,这正需要各界人士协同合作,探索和解决5G医疗时代下医疗体系的新模式和新问题,加快智慧医疗发展,高效解决医疗资源均衡优化,推动早日完成健康中国2030的目标任务。

## 开放获取声明

本文适用于知识共享许可协议(Creative Commons),允许第三方用户按照署名(BY)-非商业性使用(NC)-禁止演绎(ND)(CC BY-NC-ND)的方式共享,即允许第三方对本刊发表的文章进行复制、发行、展览、表演、放映、广播或通过信息网络向公众传播,但在这些过程中必须保留作者署名、仅限于非商业性目的、不得进行演绎创作。详情请访问:<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>。

## 参考文献

1. 冯永,马德章,陈菲. 5G医疗应用走向及相关问题思考[J]. 医学与哲学, 2020, 41(20): 14-20.  
FENG Yong, MA Dezhang, CHEN Fei. Development and considerations of 5G-based healthcare applications[J]. *Medicine and Philosophy*, 2020, 41(20): 14-20.
2. Branagan L, Chase LL. Organizational implementation of telemedicine technology: methodology and field experience[C]//2012 IEEE Global Humanitarian Technology Conference. New York: IEEE, 2012: 271-276.
3. Feng S, Liang Z, Zhao D. Providing telemedicine services in an infrastructure-based cognitive radio network[J]. *IEEE Wirel Commun*,

- 2010, 17(1): 96-103.
4. Gupta R, Gamad RS, Bansod P. Telemedicine: a brief analysis[J]. Cogent Engineering, 2014, 1(1): 966459.
  5. Li D. 5G and intelligence medicine-how the next generation of wireless technology will reconstruct healthcare?[J]. *Precis Clin Med*, 2019, 2(4): 205-208.
  6. 蒋未娜, 邱智渊, 王佳飞, 等. 医院“互联网+医疗”服务现状及5G时代医院信息化发展战略研究[J]. *中国医药导报*, 2020, 17(10): 169-172, 176.  
JIANG Weina, QIU Zhiyuan, WANG Jiafei, et al. “Internet + medical” service status of hospitals and research on the development strategy of hospital informatization in 5G era[J]. *China Medical Herald*, 2020, 17(10): 169-172, 176.
  7. 何海龙, 王进达, 常笛, 等. 5G通信技术在眼科领域的应用前景展望[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2020, 22(12): 956-960.  
HE Hailong, WANG Jinda, CHANG Di, et al. Application of 5G network technology in the ophthalmology field[J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2020, 22(12): 956-960.
  8. Zarranz-Ventura J, Bernal-Morales C, Saenz de Viteri M, et al. Artificial intelligence and ophthalmology: current status[J]. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)*, 2021, 96(8): 399-400.
  9. The Tech Wire Asia. The next generation of IoT[EB/OL]. 2017 [2018-07-14]. <https://techwireasia.com/2017/08/next-generation-iot/>.
  10. 李建军, 徐亮, 彭晓燕, 等. 远程眼科单张眼底像质量标准(征求意见稿)[J]. *眼科*, 2015, 24(1): 11-12.  
LI Jianjun, XU Liang, PENG Xiaoyan, et al. Quality standard of single fundus image in remote ophthalmology (draft for comments)[J]. *Ophthalmology in China*, 2015, 24(1): 11-12.
  11. 赵伟, 卢清君. 医院5G网络建设标准《基于5G技术的医院网络建设标准》专家解读[J]. *实用临床医药杂志*, 2020, 24(1): 1-6.  
ZHAO Wei, LU Qingjun. An expert interpretation for 5G network construction standard in hospitals based on 5G technology-based hospital network construction standard[J]. *Journal of Clinical Medicine in Practice*, 2020, 24(1): 1-6.
  12. 孙震, 王梦莹, 贾未, 等. 5G技术在医疗领域中的应用探讨[J]. *中华医院管理杂志*, 2020, 36(7): 589-591.  
SUN Zhen, WANG Mengying, JIA Mo, et al. Discussion on the application of 5G technology in healthcare[J]. *Chinese Journal of Hospital Administration*, 2020, 36(7): 589-591.
  13. Lin H, Li R, Liu Z, et al. Diagnostic efficacy and therapeutic decision-making capacity of an artificial intelligence platform for childhood cataracts in eye clinics: a multicentre randomized controlled trial[J]. *EClinicalMedicine*, 2019, 9: 52-59.
  14. Raumviboonsuk P, Krause J, Chotcomwongse P, et al. Deep learning versus human graders for classifying diabetic retinopathy severity in a nationwide screening program[J]. *NPJ Digit Med*, 2019, 2(1): 25.
  15. 尹奋勤. 我国医疗卫生资源分配中存在的问题及对策[J]. *中国市场*, 2008(44): 94-96.  
YIN Fengqin. Problems and countermeasures in the allocation of medical and health resources in China[J]. *China Market*, 2008(44): 94-96.
  16. 汤伟. 远程医疗现状及其后续发展分析[J]. *科技广场*, 2015(10): 36-39.  
TANG Wei. Analysis of status quo and development of remote medical services[J]. *Science Mosaic*, 2015(10): 36-39.
  17. Stefano GB, Kream RM. The micro-hospital: 5G telemedicine-based care[J]. *Med Sci Monit Basic Res*, 2018, 24: 103-104.
  18. Russell CL. 5G wireless telecommunications expansion: public health and environmental implications[J]. *Environ Res*, 2018, 165: 484-495.
  19. Ullah H, Nair NG, Moore A, et al. 5G communication: an overview of vehicle-to-everything, drones, and healthcare use-cases[J]. *IEEE Access*, 2019, 7: 37251-37268.
  20. 葛芳民, 李强, 林高兴, 等. 基于5G技术院前-院内急诊医疗服务平台建设的研 究[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(10): 1223-1227.  
GE Fangmin, LI Qiang, LIN Gaoxing, et al. Construction of pre-hospital and in-hospital emergency medical service system based on 5G communication technology[J]. *Chinese Journal of Emergency Medicine*, 2019, 28(10): 1223-1227.
- (责任编辑: 吴晓航; 责任编辑: 李扬桦)
- 引用本文:** 黄文彬, 邝继发, 张秀妮, 郑伟, 余洋, 李山祥, 钟兴武. 基于眼底图片的5G医疗眼科远程诊断中心的构建与应用[J]. *眼科学报*, 2023, 1-8. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2023.01.05

**Cite this article as:** HUANG Wenbin, KUANG Jifa, ZHANG Xiuni, ZHENG Wei, YU Yang, LI Shanxiang, ZHONG Xingwu. The construction and application of 5G remote ophthalmology diagnosis center based on fundus images[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2023, 1-8. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2023.01.05