

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>



Organizing follow-up care for patients with macular retinal pathologies using artificial intelligence systems

Aleksandr D. Chuprov¹, Irina P. Bolodurina^{2, 3}, Aleksandr O. Lositskiy¹, Artur Yu. Zhigalov²

¹ The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russia;

² Orenburg State University, Orenburg, Russia;

³ Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The Order of the Ministry of Health of Russia “On Approval of the Procedure for the Provision of Medical Care to the Adult Population for Diseases of the Eye, Appendages, and Orbit” provides for equipping consultation and diagnostic departments of outpatient clinics with optical coherence tomographs. However, case follow-up in of patients with retinal pathology is most commonly performed in ophthalmology centers, limiting treatment accessibility for patients with primary (newly diagnosed) pathologies requiring immediate treatment initiation. The available approach requires modification and intensification, including the use of artificial intelligence technologies.

AIM: To develop methodological foundations for organizing follow-up care for patients with posterior segment eye diseases using an artificial intelligence-based clinical decision support system.

MATERIALS AND METHODS: The existing regulatory framework was analyzed based on the Constitution of the Russian Federation, federal laws, by-law framework, and judicial practice. A structured medical document describing an optical coherence tomography image was created using an expert method: a survey of 100 ophthalmologists with an appropriate education level, including additional professional training, engaged specialized medical care for patients with posterior segment eye diseases was performed.

RESULTS: Using an expert method, 123 binary features were selected to describe the structure of the macular area of the retina under normal and pathological conditions, with 26 features identified as predictors of a worsening clinical course of the disease.

CONCLUSION: The proposed classifier enabled the creation and training of a medical decision support system based on 60,000 medical images, which, as an information service, without making a diagnosis, can change the case follow-up process. Routing of patients is a primary service of the proposed system. If the clinical picture shows signs of deterioration, a referral to an ophthalmology center is considered to assess the course of the disease and provide specialized services, including high-tech medical care.

Keywords: clinical decision support system; artificial intelligence; optical coherence tomography; pathology; macular.

To cite this article:

Chuprov AD, Bolodurina IP, Lositskiy AO, Zhigalov AY. Organizing follow-up care for patients with macular retinal pathologies using artificial intelligence systems. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):75–84. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>

Submitted: 28.11.2023

Accepted: 11.03.2024

Published online: 15.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>

Организация диспансерного наблюдения пациентов с патологией макулярной области сетчатки с использованием систем искусственного интеллекта

А.Д. Чупров¹, И.П. Болодурина^{2,3}, А.О. Лосицкий¹, А.Ю. Жигалов²

¹ Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс “Микрохирургия глаза” имени академика С.Н. Федорова», Оренбург, Россия;

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия;

³ Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Несмотря на то, что в приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи взрослому населению при заболеваниях глаза, его придаточного аппарата и орбиты» сказано про оснащение медицинского консультативно-диагностического отделения поликлиники оптическим когерентным томографом, динамическое наблюдение пациентов с патологией сетчатки после начала лечения осуществляется чаще всего в медицинском офтальмологическом центре, что снижает доступность лечения для пациентов со впервые выявленной (первичной) патологией, требующей как можно более раннего начала лечения. Имеющаяся технология нуждается в изменении и интенсификации, в том числе — с применением технологий искусственного интеллекта.

Цель — разработка методических основ организационной технологии диспансерного наблюдения пациентов с патологией заднего отрезка глаза с использованием систем поддержки принятия врачебных решений на основе искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Оценка существующей нормативной базы проведена на основе анализа Конституции Российской Федерации, федеральных законов, подзаконной нормативной базы и судебной практики. Создание структурированного медицинского документа описания снимка оптической когерентной томографии проведено с использованием экспертного метода: анкетирования 100 врачей-офтальмологов, имеющих соответствующий уровень образования, в том числе дополнительное профессиональное, занимающихся оказанием медицинских услуг — специализированной медицинской помощи пациентам с патологией заднего отрезка глаза. Структурированный медицинский документ послужил основой для формирования предикторов искусственных нейронных сетей. Обучение нейронных сетей произведено с использованием 60 000 медицинских изображений с помощью метода классификации и сегментации в зависимости от признака.

Результаты. Экспертным методом отобрано и описано 123 бинарных признака, позволяющих описать структуру макулярной области сетчатки в норме и при патологии, из которых выявлено 26 признаков, которые могут быть интерпретированы в качестве предикторов ухудшения клинического течения заболевания.

Заключение. Разработанный классификатор позволил создать и обучить на основе 60 000 медицинских изображений систему поддержки принятия врачебных решений, которая в качестве информационного сервиса, без постановки диагноза, может позволить изменить организацию процесса динамического наблюдения. Формирование маршрутизации пациентов — первичная услуга разработанной системы поддержки принятия врачебных решений. При наличии признаков ухудшения клинической картины предполагается маршрутизация в медицинский офтальмологический центр для оценки динамики и оказания специализированной, в том числе высокотехнологичной, медицинской помощи.

Ключевые слова: система поддержки принятия врачебных решений; искусственный интеллект; оптическая когерентная томография; патология; макула.

Как цитировать:

Чупров А.Д., Болодурина И.П., Лосицкий А.О., Жигалов А.Ю. Организация диспансерного наблюдения пациентов с патологией макулярной области сетчатки с использованием систем искусственного интеллекта // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 1. С. 75–84. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>

利用人工智能系统组织对视网膜黄斑病变患者的防治观察

Aleksandr D. Chuprov¹, Irina P. Bolodurina^{2,3}, Aleksandr O. Lositskiy¹, Artur Yu. Zhigalov²

¹ The S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, Orenburg, Russia;

² Orenburg State University, Orenburg, Russia;

³ Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

摘要

论证。根据俄罗斯联邦卫生部命令《关于向成年居民提供眼部、眼部附属装置和眼眶疾病医疗服务的程序批准》，综合医院的医疗咨询和诊断部门都配备光学相干断层扫描仪。然而，视网膜病变患者在开始治疗后的动态观察通常是在专门眼科医疗中心进行。这就降低了对首次发现（原发性）病变患者的治疗机会，因为这些患者需要尽早开始治疗。需要改变和加强现有技术，包括使用人工智能技术。

目的。本研究旨在利用基于人工智能的医疗决策支持系统，为眼后段病变患者的防治观察组织技术奠定方法论基础。

材料和方法。在对《俄罗斯联邦宪法》、联邦法律、附属法规和司法实践分析的基础上，对现有管理框架进行了评估。使用专家方法编制了描述光学相干断层扫描图像的结构化医学文件：对100名具有适当教育水平的眼科医生进行了问卷调查，包括额外的专业教育。所有医生都从事医疗服务工作，即为眼后段病变患者提供专业医疗服务。结构化医学文件是形成人工神经网络预测器的基础。利用基于特征的分类和分割方法，使用60000张医学图像对神经网络进行了训练。

结果。通过专家方法选取并描述了123个能够描述正常和病理下视网膜黄斑区结构的二元特征。其中，26个特征被确定为疾病临床过程恶化的预测器。

结论。所开发的分类器可以在60000张医学图像的基础上创建和训练一个医疗决策支持系统。该系统可用作信息服务。它可以在不做出诊断的情况下改变动态观察过程的组织结构。患者路径选择是已开发的医疗决策支持系统的主要服务。如果临床症状有恶化的迹象，患者就会被转诊到眼科医疗中心，以接受动态评估及包括高科技在内的专业医疗服务。

关键词：医疗决策支持系统；人工智能；光学相干断层扫描；病变；黄斑。

引用本文：

Chuprov AD, Bolodurina IP, Lositskiy AO, Zhigalov AYU. 利用人工智能系统组织对视网膜黄斑病变患者的防治观察. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):75–84. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD623956>

收到: 28.11.2023

接受: 11.03.2024

发布日期: 15.03.2024

论证

俄罗斯联邦通过的《国家人工智能发展战略》¹规定,要利用人工智能提高各种所有制组织的生产率。这可以通过实现常规(重复性)生产流程和操作的自动化来实现。

根据目前的临床指南,建议糖尿病视网膜病变和老年性黄斑变性患者在存在疾病进展风险因素的情况下,定期接受眼科医生的检查,以便动态监测病情变化,并在必要时采取适当的治疗措施[1, 2]。使用计算机分析仪进行视网膜检查,即结构光学相干断层扫描(OCT),是糖尿病视网膜病变和老年性黄斑变性的初级专科医疗标准的一部分,也是一项经常性服务²。就诊次数是根据计划的治疗策略和临床表现的特殊性单独确定的。根据国内研究,医疗机构在对老年性黄斑变性和糖尿病性黄斑水肿患者进行动态随访时,每年至少要对视网膜黄斑区进行1629429次光学相干断层扫描检查。

国外的分析报告显示,患者愿意在动态疾病监测中改用可控的自我治疗(根据STADA Health Report 2020的2019年数据,高达54%的受访者愿意改用可控的自我治疗),并愿意在没有医疗专家面对面咨询的情况下,利用远程医疗技术远程接受部分医疗服务[3-5]。根据全俄社会舆论研究中心的研究结果,48%的俄罗斯人允许使用远程医疗服务进行动态监测和矫正治疗[6]。因此,作为眼球后段病变动态监测的一部分,为反复预约诊断的患者提供人工智能医疗服务,包括使用远程医疗技术,是有组织和临床先决条件的。

尽管根据俄罗斯联邦卫生部于2012年11月12日第902n号命令《关于批准成年居民眼部及其附属器官和眼眶疾病医疗服务》要在综合医院的医疗咨询和诊断部门配备光学相干断层扫描仪,但视网膜病变患者在开始治疗后的动态监测通常在眼科医疗中心进行。这就减少新诊断病理患者的治疗机会,而这些患者需要尽早开始治疗。现有技术需要改进和加强,包括使用人工智能技术。

目的

利用基于人工智能的医疗决策支持系统,开发对眼球后段病变患者进行防治观察的组织技术方法论基础。

材料与方法

内容分析被用于评估现有的管理框架。社会学和专家方法被用于创建结构化参考书。分割和分类方法被用于进行人工神经网络的训练。

研究设计

根据对《俄罗斯联邦宪法》、联邦法律、附属管理框架和司法实践的分析,对现有管理框架进行了评估。专家方法被用于制定了光学相干断层扫描图片描述结构化医疗文件的方法论:对100名具有相应教育水平(包括接受过额外专业培训)的眼科医生进行了问卷调查,这些眼科医生从事医疗服务工作,为眼球后段病变患者提供专门医疗服务。结构化医疗文件是生成人工神经网络预测器的基础。注释后,对60000张医学图像进行了描述。每张图像都有一个json文件,描述注释后图像上存在的特征。采用DenseNet121架构的神经网络在没有预先训练权重的情况下进行训练,对图像中的二元特征进行了分析和分类。在分割任务中,使用了Mask R-CNN架构。

纳入标准

当70%的受访者同意将某一征兆纳入表明临床过程恶化的重要征兆组成时,该征兆即被纳入。当accuracy指数(灵敏度和特异性的平均值)达到0.7或更高时,即可将某一征兆纳入医疗决策支持系统结论。

执行条件

该数据库是根据俄罗斯联邦卫生部联邦国家自治机构奥伦堡分院和坦波夫分院国立《S.N.Fedorov“眼显微外科学”跨部门科技联合体》医学研究中心进行的临床检查(使用计算机分析仪进行视网膜检查)的匿名数据建立的。在奥伦堡国立大学数字智能技术研究所对人工神经网络进行了培训。

研究时限

临床检查(使用计算机分析仪进行视网膜检查)于2015年至2023年进行,描述黄斑视网膜区域的结构化二元分类器-考书的创建于2022年进行,人工神经网络的训练于2022年至2023年进行。

医疗干预措施描述

对于数据库集来说,视网膜检查是通过计算机分析仪进行的:视网膜黄斑区的光学相干断层扫描。

主要研究成果

在组织对眼球后段病变患者的防治观察中使用人工智能的方法论基础已经得到开发和评估。

分组分析

防治观察方法论是根据对被诊断为“老年性黄斑变性”(《国际疾病分类》第10次修订版中的代码编号:H 35.3)或“糖尿病性黄斑水肿”(代码编号:H 35.8)患者的医疗组织和临床数据的评估而形成的。

¹ 俄罗斯联邦总统于2019年10月10日第490号命令《关于俄罗斯联邦人工智能发展》(与《2030年前国家人工智能发展战略》一并发布)。访问方式: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/1f32224a00901db9cf44793e9a5e35567a4212c7/。访问日期: 2023年11月22日。

² 俄罗斯联邦卫生部于2012年12月24日第1492n号命令《关于批准糖尿病视网膜病变和糖尿病性黄斑水肿初级医疗和卫生保健标准》。访问方式: <https://base.garant.ru/70344052/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/>。访问日期: 2023年11月22日。

结果记录方法

灵敏度和特异性是根据二元分类中的第一类和第二类误差推断出的诊断测试用于识别病人和健康人的统计量。

统计分析

样本量计算原则：在确定最小样本量时要考虑有效性标准、误差范围（置信区间与规定精度的乘积）。

材料的统计处理包括描述性统计方法、平均值计算、相对值计算、数学建模。通过数学计算和随后的对皮尔逊卡方检验的评估，对定性特征研究数据之间差异的统计意义进行了分析。在描述定量变量时，对其是否符合高斯分布（正态分布）进行了初步评估。

结果

研究对象（参与者）

研究对象是在眼球后段病变的防治观察期间为成年人提供眼科护理的组织系统。在内容分析的框架内，对22项规范性法案进行了分析。数据库是一个医疗信息系统，其中包括60000份使用计算机分析仪进行视网膜检查的记录、医学图像（图片）以及根据开发的二元分类器对检查结果的解释说明。

主要研究成果

在俄罗斯联邦，根据2011年11月21日第323-FZ号联邦法《关于俄罗斯联邦公民健康保护基本原则法》，医疗援助的组织提供包括：

- 1、根据按医疗援助类型组织医疗援助的规定；
- 2、根据经授权的联邦执行机构批准的、俄罗斯联邦境内所有医疗机构必须遵守的医疗救助流程；
- 3、根据临床建议；
- 4、考虑到联邦执行权力机关批准的医疗标准³。

此外，该法第2条第15款定义了“主治医生”一词。主治医生是指在观察和治疗病人期间负责组织和直接提供医疗服务的医生。主治医生的某些职能可根据批准的流程委托二级医务人员提供初级专科医疗服务，但不可能委托他人提供初级专科医疗服务，包括眼科医生专业标准中包括的医疗服务^{4,5}。护理人员在提供医疗服务时不能独立解释仪器检查的结果。只有在使用注册医疗设备的情况下，才有可能这样做。

护士使用医疗决策支持系统需要注册为医疗设备。如果由医生使用，则仍属于信息服务的法律范畴，因为对结果的解释、诊断和建议，包括在防治观察的框架内，仍属于主治医生的职权范围，与程序的法律地位无关。

利用专家方法，选择并描述了123个二元特征，以描述正常和病理视网膜黄斑区的结构。这些特征按以下部分分组：一般；玻璃体视网膜和视网膜界面；视网膜轮廓；视网膜厚度；视网膜结构；脉络膜。根据对具有相关教育背景和工作经验的专家进行的问卷调查结果显示了，在被诊断为“老年性黄斑变性”或“糖尿病性黄斑水肿”的患者中，有75%的医生仅将123种征兆中的26种征兆归为基础疾病临床病程恶化的预测因素（表1）。

所获得的特征直接或间接地表明了病理过程的发展，包括新生血管的形成，需要在三级医疗机构（包括联邦医疗机构）中提供专门的高科技医疗服务。这些特征也与临床建议和现代科学文献中描述的医疗服务和仪器诊断检查结果的解释相关[7, 8]。

二元分类器通过分类和分割被划分为适用于训练人工神经网络的特征。使用60000张医学图像进行的人工神经网络训练被用于创建医疗决策支持系统，以便对眼球后段病变患者进行动态随访。使用“平衡准确率”指标对人工神经网络模型的准确率进行了评估，以正确解释数据中不同类别的分布情况。特征的平均平衡准确率为81%。

其他研究成果

医疗决策支持系统的开发版本可在公共领域获取：<http://retinadeepai.site/>。该系统可识别分析对象，这些对象是每个已开发特征的预测器，允许设置不同地图和模式的分析，包括在不同器械上获得的。推荐的分析模式是RetinaMap。该服务配备了符合人体工程学的直观界面，允许上传报告以作为医疗文件的附件。本服务不是医疗产品，而是信息服务；不存储、不处理患者的个人数据。该服务不做诊断，不提供诊断选择。它描述正常视网膜结构和病变发展情况，是眼科医生对患者进行动态观察的常规流程的一部分。

不良事件

未发现。

讨论

目前，全球正在开发几种利用人工智能早期诊断眼底病变的系统。例如，利用固定式和便携式眼底照相机获得的眼底图像检测糖尿病性视网膜病变早期征兆的系统：IDx-DR系统（商业名称为LumineticsCore，美国）、Retina.AI平台（Digital Vision Solutions LLC，俄罗斯）。

³ 2011年11月21日第323-FZ号联邦法《关于俄罗斯联邦公民健康保护基本原则》。访问方式：https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/。访问日期：2023年11月22日。

⁴ 俄罗斯联邦卫生与社会发展部于2012年3月23日第252N号命令《关于批准在组织初级卫生保健和紧急医疗服务时，由医疗机构负责人向辅助医务人员或助产士分配主治医生在病人观察和治疗期间直接向病人提供医疗服务的某些职能的流程，包括处方和用药，其中包括麻醉药品和精神药物》。访问方式：<https://base.garant.ru/70170588/>。访问日期：2023年11月22日。

⁵ 俄罗斯联邦卫生与社会发展部于2017年6月5日第470n号命令《关于批准“眼科医生”职业标准》。访问方式：<https://docs.cntd.ru/document/436744741>。访问日期：2023年11月22日。

表1. 临床病程恶化的征兆

征兆	部门
黄斑区视网膜中度增厚（达500微米）	视网膜厚度
黄斑区视网膜明显增厚（超过500微米）	
发现到局灶性视网膜内水肿	视网膜结构
发现到弥漫性视网膜内水肿	
发现到视网膜内囊性水肿	
变化形式为小（最多50微米）的多发性囊肿	
变化形式为中等大小（50–150微米）的多发性囊肿	
变化形式为大（超过150微米）的多发性囊肿	
扫描到神经上皮的浆液性脱落	
扫描到神经上皮的浆液性裂缝样脱落	
扫描到视网膜色素上皮的浆液性脱落	
视网膜色素上皮脱落呈圆顶状	
扫描到视网膜色素上皮的平波状脱落	
扫描到视网膜色素上皮的扁平脱落	
扫描到视网膜色素上皮的table状脱落	
扫描到视网膜色素上皮的出血性脱落	
扫描到视网膜色素上皮的纤维血管脱落	
发现到双层症状	
高反射性不透明给底层造成“阴影”（视网膜下血肿）	
扫描到视网膜下积液	
扫描到视网膜内层的超反射焦点	
扫描到视网膜外层的超反射焦点	
扫描到视网膜色素上皮上的超反射焦点	
扫描到视网膜色素上皮中的超反射焦点	
扫描到视网膜色素上皮下的超反射焦点	
扫描到给底层造成“阴影”的超反射焦点	

此外，在医疗设备数据的自动分析方面也取得了一些进展。

- Retina.AI平台的目的是分析视网膜光学相干断层扫描图片，发现已宣布的综合症之一：视网膜下积液、视网膜内囊肿、视网膜色素上皮脱落、视网膜下高反光物质、视网膜外膜、视网膜葡萄胎、穿透性黄斑撕裂、片状黄斑撕裂、玻璃体黄斑牵引 (<https://www.screenretina.com/>)。因此，开发的目的是诊断病情，评估过程的动态。该项目尚未注册为医疗设备。
- Altris AI平台（美国）自动选择病理光学相干断层扫描并检测70多种病理和病理征象，包括视网膜上纤维化、视网膜内囊样积液、假性囊肿、弥漫性水肿、视网膜色素上皮纤维血管脱离、视网膜下高反射信号物质等病理 (<https://www.altris.ai/>)。该项目的任务是诊断病情（疾病）和培训医务人员。该开发项目已在生产国获得作为医疗设备使用的授权（美国食品药品监督管理局）。

我们正在开发的产品包含更多的评估功能（123项），其目标不是诊断，而是改变诊断和治疗过程的组织形式：将常规工作从医生转移到中层医务人员，缩短检查时间，增加医疗服务的可用性。

有必要修订护理人员职业标准，其中规定在对病人进行动态观察时使用人工智能信息服务。此外，还需要更新对眼后段病变患者进行防治观察的监管框架，包括将这种病变纳入卫生部于2023年3月15日第168n号命令《关于批准成人防治观察流程》中。

主要研究成果概述

眼球后段病变患者防治观察组织技术的方法论基础已经形成，描述视网膜的结构性分类器也已准备就绪，用于该病变患者防治观察的医疗决策支持系统也已开发完成。

对主要研究成果的讨论

俄罗斯联邦卫生部于2020年9月7日第947n号命令《关于批准以电子文件形式保存医疗记录的健康保

护领域文件管理系统组织流程》规定了使用电子医疗文件的流程。目前，俄罗斯已开发、批准并使用了大量结构化电子医疗文件。在联邦国家预算机构俄罗斯联邦卫生部《医疗组织和信息化中央研究所》的活动框架内，结构化电子医疗文件开发中心开展工作，通过制定、更新和升级结构化电子医疗文件的实施准则，确保完成俄罗斯联邦卫生部的任务，改善医疗领域的文件管理组织。所编写的参考书可作为使用计算机分析仪对视网膜进行仪器检查的医疗文件协议的基础。

结构化信息的积累将有助于改善已制定的医疗决策支持系统。监管框架的变化将有助于加快实施组织技术，利用基于人工智能的医疗决策支持系统对眼球后段病变患者进行防治观察。

研究局限性

研究结果被用于眼球后段病变患者的动态（防治）观察。研究结果不能用于视觉器官、附属器官和眼眶病变的初步诊断。

结论

在俄罗斯联邦的法律领域，没有可能将解释医疗检查结果的部分医疗职能委托给护理人员，这就需要完善视觉器官、附属器官和眼眶疾病概况的专业标准和监管框架。目前还没有统一的规则来创建包含

使用计算机分析仪解读视网膜检查结果的结构化电子医疗文件。我们开发的分类器可以（在60000张医疗图像的基础上）创建和训练一个医疗决策支持系统，该医疗决策支持系统作为一种信息服务，无需诊断即可改变动态观察过程的组织结构。病人路由的形成是我们开发的医疗决策支持系统的主要服务。如果出现临床症状恶化的迹象，就会将病人送往眼科医疗中心进行动态评估，并提供包括高科技在内的专门医疗服务。

ADDITIONAL INFO

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. A.D. Chuprov, I.P. Bolodurina — development of the concept, approval of the final version of the manuscript; A.O. Lositskiy — development of methodology, database collection, writing and editing the text of the article; A.Yu. Zhigalov — development of methodology, conducting research.

REFERENCES

1. *Diabetes mellitus: diabetic retinopathy, diabetic macular edema. Clinical guidelines.* ID 115. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2023. Available from: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/115_2 (In Russ).
2. *Age-related macular degeneration. Clinical guidelines.* ID 114. Approved by the Scientific and Practical Council of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2021. Available from: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/114_2 (In Russ).
3. Health Tech Digital [Internet]. c2018-2024. Digital Therapeutics and Wellness App Users to Reach 1.4 Billion Globally by 2025, as Pandemic Accelerates Regulatory Acceptance. Available from: <https://www.healthtechdigital.com/digital-therapeutics-and-wellness-app-users-to-reach-1-4-billion-globally-by-2025-as-pandemic-accelerates-regulatory-acceptance/> Cited 2023 Nov 22.
4. Pugachev PS, Gusev AV, Kobyakova OS, et al. Global trends in the digital transformation of the healthcare industry. *National Health Care (Russia)*. 2021;2(2):5–12. EDN: JADWXN doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12
5. STADA Health Report 2020. Available from: https://www.stada.com/media/5774/stada_healthreport2020_en.pdf Cited 2023 Nov 22.
6. Medvedeva EI, Aleksandrova OA, Kroshilin SV. Telemedicine in modern conditions: the attitude of society and the vector of development. *Economic And Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2022;15(3):200–222. doi: 10.15838/esc.2022.3.81.11
7. Lumbroso B, Rispoli M. *Retinal OCT. Method of analysis and interpretation.* Neroev VV, Zaitseva OV, editors. Moscow: April'; 2012. (In Russ).
8. Avetisov S, Kats M. Using optical coherent tomography in diagnosis of retinal diseases. (review of literature). *Universum: meditsina i farmakologiya*. 2017;(4(38)):15–26. EDN: YJAYXT

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинические рекомендации — Сахарный диабет: ретинопатия диабетическая, макулярный отек диабетический. ID 115. Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава РФ. 2023. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/115_2 Дата обращения: 22.11.2023.
2. Клинические рекомендации — Макулярная дегенерация возрастная. ID 114. Одобрено Научно-практическим Советом Минздрава РФ. 2021. Режим доступа: https://cr.minzdrav.gov.ru/recomend/114_2 Дата обращения: 22.11.2023.
3. Health Tech Digital [Internet]. c2018-2024. Digital Therapeutics and Wellness App Users to Reach 1.4 Billion Globally by 2025, as Pandemic Accelerates Regulatory Acceptance. Доступ по ссылке: <https://www.healthtechdigital.com/digital-therapeutics-and-wellness-app-users-to-reach-1-4-billion-globally-by-2025-as-pandemic-accelerates-regulatory-acceptance/> Cited 2023 Nov 22.

pandemic-accelerates-regulatory-acceptance/ Дата обращения: 22.11.2023.

4. Пугачев П.С., Гусев А.В., Кобякова О.С., и др. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения // Национальное здравоохранение. 2021. Т. 2, № 2. С. 5–12. EDN: JADWXN doi: 10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12

5. STADA Health Report 2020. Режим доступа: https://www.stada.com/media/5774/stada_healthreport2020_en.pdf Дата обращения: 22.11.2023.

6. Медведева Е.И., Александрова О.А., Крошилин С.В. Теле-медицина в современных условиях: отношение социума и

вектор развития // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2022. Т. 15, № 3. С. 200–222 doi: 10.15838/esc.2022.3.81.11

7. Ламброзо Б., Рисполи М. ОКТ сетчатки. Метод анализа и интерпретации / под ред. В.В. Нероева, О.В. Зайцевой. Москва : Апрель, 2012.

8. Аветисов С.Э., Кац М.В. Использование оптической когерентной томографии в диагностике заболеваний сетчатки (обзор литературы) // Unversum: медицина и фармакология. 2017. № 4(38). С. 15–26. EDN: YJAYXT

AUTHORS' INFO

* **Aleksandr O. Lositskiy**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 17 Salmyshskaya street, 460047 Orenburg, Russia;
ORCID: 0000-0002-8716-6438;
eLibrary SPIN: 2044-3410;
e-mail: eyedoct@yandex.ru

Aleksandr D. Chuprov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-7011-4220;
e-mail: nauka@ofmntk.ru

Irina P. Bolodurina, Dr. Sci. (Engineering), Professor;
ORCID: 0000-0003-0096-2587;
eLibrary SPIN: 4848-0669;
e-mail: prmat@mail.osu.ru

Artur Yu. Zhigalov;
ORCID: 0000-0003-3208-1629;
eLibrary SPIN: 4692-9037;
e-mail: prmat@mail.osu.ru

ОБ АВТОРАХ

* **Лосицкий Александр Олегович**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 460047, Оренбург, улица Салмышская, д. 17;
ORCID: 0000-0002-8716-6438;
eLibrary SPIN: 2044-3410;
e-mail: eyedoct@yandex.ru

Чупров Александр Дмитриевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-7011-4220;
e-mail: nauka@ofmntk.ru

Болодурина Ирина Павловна, д-р техн. наук, профессор;
ORCID: 0000-0003-0096-2587;
eLibrary SPIN: 4848-0669;
e-mail: prmat@mail.osu.ru

Жигалов Артур Юрьевич;
ORCID: 0000-0003-3208-1629;
eLibrary SPIN: 4692-9037;
e-mail: prmat@mail.osu.ru

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку