



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Thiago Gonçalves dos Santos Martins

MODELO E METODOLOGIA PARA ENSINO DE OFTALMOSCOPIA
DIRETA E SUA APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
ALGORITMOS PARA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS
OFTALMOLÓGICAS

Tese no âmbito do Programa de Doutoramento em Ciências da Saúde – ramo de Medicina, em regime de cotutela com a Universidade Federal de São Paulo, orientada pelo Professor Doutor Rufino Martins Silva e pelo Professor Doutor Paulo Schor, e apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Dezembro de 2020



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Thiago Gonçalves dos Santos Martins

MODELO E METODOLOGIA PARA ENSINO DE OFTALMOSCOPIA
DIRETA E SUA APLICAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE
ALGORITMOS PARA INTERPRETAÇÃO DE IMAGENS
OFTALMOLÓGICAS

Tese no âmbito do Programa de Doutoramento em Ciências da Saúde – ramo de Medicina, em regime de cotutela com a Universidade Federal de São Paulo, orientada pelo Professor Doutor Rufino Martins Silva e pelo Professor Doutor Paulo Schor, e apresentada à Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Dezembro de 2020

Gonçalves dos Santos Martins, Thiago

Modelo e metodologia para o ensino de oftalmoscopia direta e sua aplicação no desenvolvimento de algoritmos para interpretação de imagens oftalmológicas / Thiago Gonçalves dos Santos Martins.

- São Paulo, 2021.

xiii, 184 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Programa de pós-graduação em Ciências da Saúde.

Tese em Cotutela com a Universidade de Coimbra, Faculdade de Medicina. Programa em Ciências da Saúde.

Título em inglês: Model and methodology for teaching direct ophthalmoscopy and its application in the development of algorithms for interpreting ophthalmic images.

1. Oftalmologia/educação. 2. Oftalmoscopia/métodos. 3. Inteligência artificial.

Dedico este trabalho aos meus avós que vieram de Portugal e sempre me cercaram de carinho, me apoiando e ajudando a concretizar esse sonho.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus e São Judas Tadeu pela proteção e sabedoria para lidar com as dificuldades da vida; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar.

Aos meus mestres e orientadores, **Professor Doutor Paulo Schor e Professor Doutor Rufino Silva**, modelos de ética e profissionalismo, a mais sincera gratidão pela confiança, paciência, incentivo e exemplo profissional e pessoal.

À **Professora Dra. Elizabeth Martins**, a primeira pessoa a me acolher na pós-graduação e me permitir chegar até aqui.

Ao **Professor Doutor Otaviano Helene**, pelo apoio e contribuição valiosa em todos os projetos, sendo dentro ou fora da tese.

Ao **Professor Doutor André Helene**, pela disponibilidade em ajudar em todos os momentos.

Ao **Professor Doutor Vagner Rogério dos Santos**, à disposição em ajudar e o bom humor desde o início da minha trajetória na pós graduação.

A **Professora Doutora Denise de Freitas, Professor Doutor Rubens Belfort e Professora Doutora Lia Rita Azeredo Bittencourt**, por toda ajuda e incentivo para realizar minhas pesquisas e meu sonho de pesquisar em Coimbra.

Ao estimado **Professor Doutor Milton Ruiz Alves**, pela dedicação e incentivo desde o início da minha formação na oftalmologia.

Ao estimado **Professor Doutor Márcio Alexandre Marques**, pelo apoio durante meu período de pesquisas.

Ao **Professor Doutor José Carlos Eudes Carani e Professor Doutor Ernst Werner Oltrogge**, pela amizade e apoio ao longo dos anos.

Agradeço a todos que abriram as portas de suas instituições de ensino durante o meu período de pesquisa e aprendizado como: **Dr Kenneth R. Kenyon** do Tufts Medical

Center, **Dra Teresa C. Chen** do Massachusetts Eye and Ear, **Dr Harry A Quigley** do Wilmer Eye Institute e **Ramesh Raskar** do Camera Culture Media Lab- MIT.

Agradeço ao **Dr Karstern Körtum, Andreas Anschütz, Dr Christoph Kern e Dra. Leoni Keidel e todos amigos** da Augenlinik da Ludwig-Maximilians-Universität München por toda ajuda, carinho e receptividade durante meu período de pesquisa em Munique. Vielen dank!

Agradeço a **doutora Susan B. Fowler** da Walden University e Thomas Edison State University pela sua orientação e contribuição nas minhas publicações.

Agradeço ao **Professor Doutor Joaquim Neto Murta, Professor Doutor Jose Guilherme Cunha Vaz, Dra Claudia Farinha, Professor Doutor João Pereira Figueira, Professor Doutor Miguel Morgado, Professora Doutora Andreia Rosa, Professora Doutora Maria João Quadrado, Dr João Gil, Dr Pedro Gil, Dr Luis Guilherme Arneiro Mendes, Dra Ana Rita Santos , Dr Jorge Simão, Celina Canguero e Dr Miguel Raimundo** e todos os internos e funcionários do serviço de oftalmologia da Universidade de Coimbra e da Associação para a Investigação Biomédica e Inovação em luz e imagem (AIBILI) que me receberam muito bem e ajudaram no meu período de pesquisa.

A todos os meus **professores**, que me apresentaram essa aventura maravilhosa de ensinar e aprender, me apontando o caminho, mas deixando que eu caminhasse com meus próprios pés. Com eles, aprendi que só conseguimos ganhar quando aprendemos a perder, só conseguimos receber quando aprendemos a nos doar.

A toda **minha família**, a minha querida companheira de todos os momentos, **noiva Flávia**, e **amigos** pelo apoio incondicional nessa caminhada, tornando-a mais significativa. Agradeço ao **Kinder, Nana, Cid, Mozilla, Simba** e a todos que me ensinaram que podemos ser companheiros sem dizer uma palavra.

A **Portugal** e a **cidade de Coimbra**, que me conquistaram com seus encantos e levarei sempre comigo, especialmente a todos meus **primos de Viseu** e amigos do AIBILI e do hospital de Coimbra.

A todos os alunos e funcionários que me ajudaram nesse projeto, compartilhando minha vontade de melhorar a educação na Graduação de Medicina.

Aos pacientes e colegas de trabalho que tanto me ensinaram ao longo da minha formação.

Aos **Medhackers**, que me ensinaram a pensar fora da caixa.

A **Joelma Silva e Susana Costa** por todo apoio e paciência em me auxiliar para realização do meu doutorado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES).

Finalmente, à **Universidade Federal de São Paulo** e ao **Departamento de Oftalmologia**, meu sincero agradecimento por todas as oportunidades de convívio com os maiores nomes da Medicina contemporânea.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

Cora Coralina

Esta tese deu origem às seguintes publicações:

1. Martins TGS, Costa ALFA, Martins RV, Martins EM, Alves MR, Helene O, Schor P. Modelo para o ensino da oftalmoscopia direta. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo 2014 36(2): 1-8. 2014 (SJR): 0.208; Quartile: Q3
2. Martins TGS, Costa ALFA, Marques M, Souza BC. Teaching Medicine to machines. *Insight (San Francisco, Calif.)*, 2017(1): 30-31. 2017 (SJR): 0.107; Quartile: Q4
3. Martins TG, Costa ALF, Helene O, Martins RV, Helene AF, Schor P. Training of direct ophthalmoscopy using models. *Clin Teach.* 2017 Dec;14(6):423-426. doi: 10.1111/tct.12641. Epub 2017 Apr 12. PMID: 28401735. 2017 (SJR): 0.389; Quartile: Q3
4. Dos Santos Martins TG, de Azevedo Costa ALF, Martins RV, Schor P. A Teaching Model for the Bruckner Test: Improving Screening for Congenital Cataract. *Insight.* 2017; 42(1):33-34. 2017(SJR): 0.107; Quartile: Q4
5. Martins TGS, Silva R, Schor P. Distribuição de médicos e oftalmologistas no Brasil e Portugal, *Acta Med Port* 2020 Oct;33(10):635-637. (SJR): 0.19; Quartile: Q3
6. Holmberg, O.G., Köhler, N.D., Martins, T. *et al.* Self-supervised retinal thickness prediction enables deep learning from unlabelled data to boost classification of diabetic retinopathy. *Nat Mach Intell* 2020 2 :719–726. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00247-1> 2019. (JCR) 15 Quartile: Q1
7. Dos Santos Martins TG, Schor P, Stuchi JA, Fowler SB. New Direct and Indirect Ophthalmoscopy Teaching Methodology for Veterinary Doctors: Teaching Tip. *J Vet Med Educ.* 2021 Apr 21:e20200089. doi: 10.3138/jvme-2020-0089. Epub ahead of print. PMID: 33929299.(SJR): 0.58; Quartile: Q2
8. Martins TG, Rangel FS, Mendes LG, Silva R. Políticas públicas na era informacional: uma perspectiva comparada no contexto da pandemia em dois países lusófonos. *einstein (São Paulo)*. 2021;19:eED6251.2019 (SJR): 0.26; Quartile: Q3
9. Martins T, Costa AL, Helene O, Schor P, Martins R. Low-cost model for teaching ophthalmoscopy. *Med Educ.* 2015 May;49(5):528. doi: 10.1111/medu.12703. PMID: 25924147. 2015(SJR): 2,085; Quartile: Q1
10. Martins TGS, Andreghetto LAF, Brio RM, Provenzano LB, Fowler SB. The prevalence of ophthalmological manifestations in newborns from a maternity in São Paulo/ Brazil. Submetido para a Revista São Paulo Medical Journal. 2019 (SJR): 0.39; Quartile: Q3

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos.....	iiv
Lista de publicações.....	viii
Lista de figuras e tabelas	x
Lista de símbolos	xi
Resumo	xii
Abstract.....	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Distribuição de médicos no Brasil e Portugal.....	2
1.2 Neurociência e ensino	5
1.3 Ensino de oftalmologia na graduação de medicina	6
1.4 Modelos no ensino	7
1.5 Oftalmoscopia direta	8
1.6 Inteligência artificial e telemedicina.....	9
1.7 Repercussões de uma pandemia no atendimento e ensino oftalmológico.....	12
2 OBJETIVO.....	14
3 ARTIGOS	15
3.1 Modelo para o ensino da oftalmoscopia direta	16
3.2 Teaching Medicine to machines.....	36
3.3 Training of direct ophthalmoscopy using models	42
3.4 A Teaching Model for the Bruckner Test: Improving Screening for Congenital Cataract	50
3.5 Distribuição de médicos oftalmologistas no Brasil e Portugal	55
3.6. Self-supervised retinal thickness prediction enables deep learning from unlabeled data to boost classification of diabetic retinopathy.....	62
3.7 New direct and indirect ophthalmology teaching methodology for veterinary doctors: teaching tip.....	82
3.8 Políticas públicas na era informacional: uma perspectiva comparada no contexto da pandemia em dois países lusófonos.....	98
3.9 Low-cost model for teaching ophthalmoscopy	112
3.10 The prevalence of ophthalmological manifestations in newborns from a maternity in São Paulo/ Brazil	115
4 DISCUSSÃO	132
5 CONCLUSÕES	141
REFERÊNCIAS.....	146
ANEXOS.....	
Bibliografia consultada	

Lista de figuras

Figura 1: Distribuição dos médicos participantes do inquérito segundo o ano de formatura 131

Figura 2: Abscissa: nível de confiança; ordenada: frequência das respostas. Médicos sem especialidade em oftalmologia (vermelho) comparados com neurologistas (azul) no diagnóstico de: retinopatia hipertensiva (A); retinopatia diabética (B); escavação de disco suspeita (C); papiledema (D) através da oftalmoscopia direta. 132

Lista de tabelas

Tabela 1: Números de faculdades de medicina até junho de 2021.....2

Lista de Símbolos

=	igual
p	probabilidade de significância estatística
+	mais
-	negativo
%	porcento
rad	radiano
n	índice de refração do meio
sen	seno

Resumo

Objetivo: Desenvolver métodos de melhorias do atendimento oftalmológico, com um novo modelo e metodologia de ensino para o estudo da oftalmoscopia direta e desenvolvimento de novas tecnologias para análise de dados e imagens.

Método: Após o estudo da distribuição irregular de oftalmologistas em países como Brasil e Portugal, foi realizado um questionário com médicos não oftalmologistas para avaliar o nível de confiança no exame de oftalmoscopia direta. A seguir, um modelo de olho humano foi confeccionado a partir de cálculos físicos utilizando-se papel cartão com fundo preto, esfera de acrílico e de gesso. O modelo foi aplicado no ensino de oftalmoscopia direta e teste de reflexo vermelho. Foram desenvolvidas novas tecnologias de análise de imagens e dados. Foi desenvolvido um algoritmo para avaliação de edema de mácula em retinografias e um programa de análise de imagem e controle de coriorretinite por toxoplasmose.

Resultados: Os resultados do questionário demonstraram que os médicos se sentem pouco confiantes no diagnóstico através da oftalmoscopia direta. O modelo se mostrou eficaz no ensino de oftalmoscopia direta e teste do reflexo vermelho. Sua versatilidade permitiu que fosse utilizado para o ensino de alunos de medicina veterinária. O algoritmo desenvolvido se mostrou útil na detecção de edema em retinografias de pacientes diabéticos e o programa de análise de imagens se mostrou útil para o acompanhamento de pacientes com uveíte por toxoplasmose.

Conclusão: Buscando alternativas para melhorar o atendimento oftalmológico da população, foi desenvolvido um modelo simples e de baixo custo do olho humano para ser utilizado no ensino da oftalmoscopia direta e teste de reflexo vermelho, o que possibilitou o ensino e treinamento dessa técnica, sendo inclusive adaptado para o ensino de oftalmoscopia direta em alunos de medicina veterinária. Esse pode ser um método de ensino facilmente adotado por qualquer instituição de ensino devido a seu baixo custo e efetividade. O desenvolvimento de novas tecnologias de análise de dados e imagens se demonstraram como alternativas úteis para o diagnóstico e acompanhamento de doenças oftalmológicas em situações em que não possuímos acesso adequado ao atendimento oftalmológico.

Palavras-Chave: Oftalmoscopia direta, modelo, ensino de estudantes de medicina, neurociência, tecnologia, inovação, inteligência artificial

Abstract

Objective: Develop methods to improve eye care, with a new model and teaching methodology for the study of direct ophthalmoscopy and development of new technologies for data and image analysis.

Method: After studying the irregular distribution of ophthalmologists in countries like Brazil and Portugal, a questionnaire was carried out with non-ophthalmologists to assess the level of confidence in the direct ophthalmoscopy exam. Next, the human eye model was made from physical calculations using cardboard paper with a black background, acrylic sphere, and plaster. The model was applied in the teaching of direct ophthalmoscopy and red reflex test. New image and data analysis technologies have been developed. An algorithm was developed for the evaluation of macula edema in fundus color photography and an image analysis and control program for toxoplasmosis chorioretinitis.

Results: The results of the questionnaire showed that doctors feel less confident in the diagnosis through direct ophthalmoscopy. The model proved to be effective in teaching direct ophthalmoscopy and red reflex test. Its versatility allowed it to be used for teaching veterinary medicine students. The developed algorithm proved to be useful in the detection of edema in fundus color photography of diabetic patients and the image analysis program proved to be useful for the monitoring of patients with toxoplasmosis uveitis.

Conclusion: Searching for alternatives to improve the population's ophthalmic service, a simple and low-cost model of the human eye was developed to be used in the teaching of direct ophthalmoscopy and red reflex test, which enabled the teaching and training of this technique, including adapted for the teaching of direct ophthalmoscopy in veterinary medicine students. This can be a teaching method easily adopted by any educational institution due to its low cost and effectiveness. The development of new data and image analysis technologies has proven to be useful alternatives for the diagnosis and monitoring of ophthalmic diseases in situations where we do not have adequate access to eye care.

Keywords: Direct ophthalmoscopy, model, medical students teaching, neuroscience, technology, innovation, artificial intelligence.

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Distribuição de médicos no Brasil e Portugal

A distribuição dos médicos no território brasileiro é irregular, e uma das explicações para essa irregularidade está na localização das faculdades de medicina. Atualmente, o Brasil possui 347 faculdades de medicina que formam cerca de 36.158 novos médicos por ano. Entre os anos de 2011 e 2021, foram inauguradas 137 novas faculdades de medicina, enquanto entre 1808 e 1994 foram criadas 82 (tabela 1). De 2011 até o ano de 2021, já foram criadas mais de 20 mil novas vagas de medicina nas universidades brasileiras. Apesar do aumento rápido no número de faculdades de medicina nos últimos anos, a concentração dessas instituições se mantém nas regiões Sul e Sudeste. Mais da metade dessas faculdades tem sede em apenas 45 municípios, e a maioria situa-se nas regiões Sul e Sudeste (Tabela 1).(1)

Tabela 1: Número de faculdades de medicina até junho de 2021.

ESCOLAS MÉDICAS DO BRASIL				
REGIÃO	NÚMERO ESCOLAS		NÚMERO DE VAGAS	
	2015	2021	2015	2021
SUDESTE	107	145	10.577	16.350
NORDESTE	63	80	5.553	8.602
SUL	41	61	3.449	5.379
CENTRO-OESTE	24	36	1.917	3.063
NORTE	22	31	1.787	2.764
TOTAL	289	347	23.283	35.558

Fonte: (Escolas médicas do Brasil: 2021)

De acordo com dados do Conselho Federal de Medicina tem ocorrido um aumento progressivo no número de médicos formados no Brasil, superando o número de formados por 100 mil habitantes de países como os Estados Unidos. Tais mudanças têm relação com políticas nacionais de ofertas de vagas em cursos de medicina. (2). Contudo, o aumento do número de médicos formados não tem sido acompanhado pela melhora da qualidade de ensino e o número de médicos aumenta

em uma proporção maior que o crescimento da população geral no mesmo período. O Brasil não dispõe de uma infraestrutura hospitalar de ensino que permita o aumento do número de vagas de residência para acompanhar o aumento de médicos formados. (1)

O Brasil apresenta uma irregularidade na distribuição dos médicos que se concentram principalmente nas regiões mais ricas em contraponto a uma menor oferta na região Norte e Nordeste (3). Essa irregularidade é decorrência da concentração dos centros formadores de especialistas médicos, que costumam estar localizados em lugares com melhor infraestrutura para atendimento e ensino (4). Essa distribuição irregular de especialistas também ocorre na oftalmologia, deixando praticamente um quarto de todo território brasileiro com deficiência de atendimento oftalmológico. Outro fator que contribui para essa concentração irregular é o fato dos oftalmologistas se concentrarem nos hospitais com maior volume de atendimento e não nas unidades básicas de atendimento, que realizam a assistência da maior parte da população. (5)

Portugal que possui um sistema de saúde universal, também dispõe de uma distribuição irregular de médicos. Esses se concentram principalmente na região do Porto, Coimbra e Lisboa (6). Contudo, devido às melhores condições de transporte público e s menores distâncias entre as cidades, essa concentração de médicos não possui consequências tão graves para a população como acontece no Brasil. Entretanto, a demanda por oftalmologistas tem aumentado cada vez mais em Portugal devido ao envelhecimento da população, por possuir um número proporcional de idosos superior ao Brasil. (7-9). Dessa forma, não basta um simples aumento do número de especialistas para um melhor atendimento oftalmológico da população, sendo necessário o desenvolvimento de novas políticas públicas de saúde, com consequente melhor distribuição dos especialistas.

1.2 Neurociência e ensino

A neurociência aplicada ao ensino pode ser definida como o estudo sobre o aprendizado em nível cerebral. Sua implantação prática tem o objetivo de entender como ocorre o aprendizado e melhorar a aquisição de novos conhecimentos.

Através dos registros na memória de longo prazo, é possível relembrar acontecimentos passados quando se deseja e com isso ter as mesmas sensações,

como se o momento fosse revivido. Isso é possível porque as mesmas áreas cerebrais envolvidas no episódio são novamente ativadas, gerando uma espécie de “viagem mental”. Apesar disso, as memórias frequentemente se modificam a cada lembrança, pois não se consegue relembrar a experiência vivida em detalhes. A memória humana está em constante transformação, modificando-se a cada lembrança. (10)

A carga emocional de uma experiência vivida, seja ela positiva ou negativa, determina diretamente se a memória será ou não fixada. Ela se aplica ao interesse que se dedica a determinada tarefa. Quanto maior a carga emocional e o interesse dedicados, maior a contribuição para que o evento seja armazenado na memória de longo prazo. (10)

A atualização regular das memórias é essencial no aprendizado, e por isso a repetição deve ser valorizada. A atenção dedicada a determinada atividade, assim como o efeito emocional relacionado, é essencial para a fixação da memória.(11)

A memória de curto prazo dura em torno de 30 minutos a algumas horas, enquanto a de longo prazo permanece até por anos. A memória de curta duração oferece acesso rápido e limitado, auxilia o raciocínio rápido e a elaboração de comportamentos. A formação da memória de longo prazo consiste em um processo lento e delicado de uma série de etapas seguidas, em que a falha de uma delas gera a perda de toda informação. A repetição das informações reforça a memória adquirida pelo recrutamento de novos circuitos nervosos, atualizando as informações e evitando o esquecimento.

A fixação da memória tem relação direta com a emoção vivenciada. As informações de menor carga emocional, que passam despercebidas, perdem-se rapidamente. Esta relação explica-se pelo fato de as áreas cerebrais relacionadas com a memória também serem parte do sistema límbico, que está diretamente relacionado com as emoções. (12) As chamadas “memórias emocionais” são as que deixam marcas mais fortes no cérebro e são baseadas principalmente em uma emoção sentida no passado. A conexão entre emoção e memória é mediada pela dopamina que é liberada durante os momentos de emoção e que inicia uma cascata de reações químicas que aumentam a intensidade e a percepção da experiência.

Sentimentos de felicidade facilitam a retenção de informações. Este fenômeno acontece em qualquer estado de humor; a informação será aprendida de forma mais

eficaz quando for compatível com o estado de humor do indivíduo no exato momento da aprendizagem.(12)

Dessa forma, é importante o papel da emoção na aprendizagem. O desenvolvimento de modelos de ensino que ativem o sistema límbico e permitam a repetição e fixação do conhecimento podem auxiliar no ensino da oftalmologia.

1.3 Ensino de Oftalmologia na graduação de Medicina

O ensino da oftalmologia tem sido reduzido no currículo das faculdades de medicina, o que aumenta a insegurança dos médicos em lidar com problemas básicos de oftalmologia, aumentando a demanda de avaliação oftalmológica dos especialistas. (13-15) Dentre os conhecimentos esperados dos alunos de medicina está a oftalmoscopia direta, que tem tido seu tempo de ensino reduzido nos cursos de medicina. (16) Um estudo transversal realizado em uma universidade canadense demonstrou que aproximadamente metade dos 208 alunos entrevistados tinham pouca confiança na realização do exame de oftalmoscopia direta e quase 90 % dos entrevistados tinham interesse em aperfeiçoar os conhecimentos nessa área. (17) Isso se reflete no volume de exames realizados. Um estudo levantou prontuários preenchidos por 364 alunos do terceiro ano de medicina, e apenas 11% dos casos apresentavam documentação do exame de oftalmoscopia direta, e apenas 2% sugeriam uma real observação do fundo de olho. (16)

Em 2006 o Conselho Internacional de Oftalmologia determinou que o mínimo de conhecimento oftalmológico esperado para os alunos de medicina incluiria: reconhecimento do reflexo vermelho, ajuste do foco do oftalmoscópio direto, reconhecimento de palidez de nervo ótico, edema de papila e sinais de retinopatia diabética e hipertensiva, além de escavação de nervo assimétrica, compreendendo as principais causas de cegueira na população adulta e infantil. Por esse motivo, é de fundamental importância a formação dos médicos generalistas nessa subespecialidade que costuma representar quase 5 % de todas as urgências médicas. (18,19)

A grande maioria dos médicos egressos das faculdades não vão exercer oftalmologia e em alguns países como o Canadá, mais da metade dos currículos das faculdades de medicina não contemplam o ensino obrigatório de oftalmologia. Isso

demonstra a necessidade da importância do aprendizado das bases desse ramo da medicina durante a graduação.(20)

A recomendação do Conselho Internacional de Oftalmologia é um currículo mínimo de 60 horas de ensino de oftalmologia, o que é difícil de alcançar com menos de duas semanas de aula. Normalmente, a oftalmologia é ensinada no terceiro e quarto anos de medicina, quando os estudantes já possuem conhecimento sobre as patologias estudadas. (20,21)

Os alunos costumam classificar a oftalmoscopia direta como um dos exames mais difíceis no exame físico do paciente. Essa dificuldade pode ser explicada parcialmente pela dificuldade do professor em determinar se o aluno realmente está vendo o fundo de olho do paciente durante a metodologia tradicional de ensino, não havendo uma avaliação adequada do aprendizado imediato. (21)

O exame de oftalmoscopia direta deve ser ensinado principalmente durante estágios de pediatria, medicina de família, emergência e clínica médica, mas essa averiguação não é realizada a não ser que o problema ocular seja a queixa principal do paciente. Assim, mesmo quando a carga horária de ensino de oftalmologia é considerada suficiente de acordo com as diretrizes do Conselho, a maioria das faculdades de medicina não possui uma metodologia de ensino adequada e atrativa o suficiente para o ensino efetivo da oftalmoscopia direta. (22,23)

1.4 Modelos no ensino

O emprego de modelos para o ensino e treinamento não é atividade recente, pelo contrário, existem evidências do uso de modelos com esse objetivo desde a era romana, há mais de dois milênios, quando espadas de madeira cobertas com couro e proteção nas pontas eram utilizadas para manter a integridade física dos militares em treinamento. O uso da simulação na medicina pode ser aplicado em diversas áreas do conhecimento, permitindo que o aluno aprenda situações mais próximas da realidade no seu próprio ritmo. (24) Essa estratégia também aumenta a participação do estudante no processo de ensino, melhorando sua interação com os professores. Esse objetivo, contudo, é difícil de ser alcançado pela falta de instrutores qualificados, centros de simulação e os custos dos simuladores. (13,25)

A literatura conta com o relato de inúmeros modelos, inclusive para o ensino da oftalmoscopia direta. Entre estes, existem modelos que utilizam fotos reveladas e uma iluminação interna para a simulação do procedimento. (26) Modelos mais recentes permitem que o professor utilize manequins com fotos digitalizadas e possuem uma contração da pupila automática quando o aluno utiliza o aparelho de oftalmoscopia direta. (27-32)

A internet disponibiliza aulas gravadas em plataformas como o Youtube, para que os alunos tenham um aprendizado fora do ambiente da faculdade. A dificuldade de conservação e questões éticas têm reduzido o uso de olhos de seres vivos no treinamento oftalmológico. O uso de impressoras 3D tem contribuído para a customização de alguns modelos de ensino na área de saúde. (33-34) Os modelos de realidade virtual apesar do alto custo, têm sido cada vez mais usados nos treinamentos médicos. Esse treinamento também permite que o aluno desenvolva o aprendizado no seu ritmo, mas depende de uma adequada capacitação do instrutor para utilização do aparelho. (35) Os modelos acoplados a smartphones permitem o ensino do exame de fundoscopia em tempo real para os alunos, além de poder utilizar o material gerado para programas de telemedicina. (36)

Devido à delicadeza e complexidade do olho humano, os simuladores e modelos estão em constante aperfeiçoamento, permitindo a geração de uma grande quantidade de dados e novas interfaces de interação. (37-42)

1.5 Oftalmoscopia direta

A curiosidade e o desejo de observar o interior dos olhos acompanhou o ser humano por séculos. Os ancestrais já observavam a luminosidade nos olhos de animais, sem entender seu mecanismo. Acreditava-se naquela época que a luz tinha origem no interior do olho. Prévost foi o primeiro a deduzir que o brilho observado era na verdade a luz incidente que era refletida. Ernst Wilhelm von Brücke (1819-1892) e Johannes Evangelista Purkinje (1787-1869) utilizaram lentes na tentativa de observar o fundo do olho e quase conseguiram. O matemático Babbage, em 1847, conseguiu criar uma ferramenta para observar o interior dos olhos, mas a descoberta somente foi reconhecida quando em 17 de dezembro de 1850 Hermann Von Helmholtz (1821-

1894)¹ a reinventou e comunicou a seu pai através de uma carta. Ele conseguiu trabalhar em 3 elementos essenciais na oftalmoscopia direta: fonte de iluminação (que começou com uma simples vela), fonte refletora de luz e meio de corrigir o foco da imagem da retina. Em 1869 Lionel Beale transformou a fonte de iluminação em lâmpada de óleo. Em 1885 Willian Denneto inventou o primeiro oftalmoscópio com fonte elétrica de luz.(43) O instrumento passou a ser portátil quando o médico grego Andreas Anagnostakis adicionou um espelho côncavo e começou a utilizá-lo em sua prática clínica. O mesmo médico apresentou o instrumento em um congresso de oftalmologia em Bruxelas em 1857, tornando-o ferramenta muito popular a partir de então. Jaeger incluiu lentes côncavas e convexas para corrigir os erros refrativos do examinador e paciente. Em 1915, Francis A. Welch e William Noah Allyn inventaram o primeiro oftalmoscópio direto iluminado portátil do mundo. Alguns refinamentos e atualizações foram realizados até chegar no modelo popularizado nos dias de hoje.(43)

A descoberta da oftalmoscopia direta revolucionou a medicina, permitindo o melhor controle de quadros clínicos sistêmicos. (43) Esse importante exame tem uma curva de aprendizado um pouco demorada e tem sua sensibilidade e especificidade diretamente relacionadas. Isso demonstra a importância de um adequado ensino dessa técnica de exame que pode diagnosticar precocemente causas comuns de perda de visão como retinopatia diabética e glaucoma, além de poder diagnosticar doenças em crianças, permitindo um adequado desenvolvimento visual. (16)

1.6 Inteligência artificial e telemedicina

Esse termo surgiu no ano de 1956, no encontro de Dartmouth, onde estavam presentes indivíduos que tinham grande conhecimento da ciência convencional. A inteligência artificial pode ser definida como sendo uma coleção de técnicas aceitas dentro dos computadores que possuem uma grande função de emular algum tipo de capacidade humana como resolução de problemas. O uso de algoritmos na medicina tem permitido o acompanhamento e classificação de imagens oftalmológicas com

¹ **Hermann Helmholtz** era filho do chefe do ginásio de Potsdam, Ferdinand Helmholtz. Enquanto o jovem Helmholtz estava interessado na ciência natural, seu pai queria que ele estudasse medicina na Charité, pois na ocasião havia ajuda financeira para os estudantes de medicina. Durante sua vida, dedicou-se ao estudo de diversos assuntos relacionados à matemática, engenharia, física e fisiologia. Na fisiologia, contribuiu com teorias da visão, da percepção visual, percepção espacial, visão a cores, sensação de tom sonoro, percepção do som.

acurácia semelhante à avaliada pelos especialistas. Demonstrando sua grande importância no armazenamento de dados, auxílio no diagnóstico de doenças e interpretação de imagens. (44-47)

Os algoritmos de inteligência artificial podem ser usados em programas de telemedicina para atender a populações de países que possuem uma distribuição irregular de oftalmologistas em seu território, facilitando o acesso aos exames oftalmológicos com a consequente identificação precoce de doenças. (48,49)

Os algoritmos são formados a partir de uma rede neural profunda, semelhante ao córtex humano. A rede neural do algoritmo utiliza filtros para classificar um conjunto de dados apresentados em uma resposta final. Os dados utilizados na fase de treinamento não devem ser os mesmos da fase de validação, ou seja, a imagem que está em um dos conjuntos de dados (por exemplo, treinamento) não deve ser usada em qualquer um dos outros conjuntos de dados (por exemplo, validação). O conjunto de dados utilizados na validação é usado para a seleção de parâmetros e ajustes e na implementação de condições para o treinamento. É importante que os algoritmos sejam testados com dados independentes, capturando e usando diferentes dispositivos, populações e contextos clínicos.

Ao examinar os resultados de desempenho de um algoritmo é importante avaliar o projeto e o método técnico utilizados. Com o desenvolvimento da Inteligência artificial, é possível o desenvolvimento de algoritmos que conseguem realizar identificação de lesões em exames oftalmológicos sem a intervenção humana, permitindo a análise de uma grande quantidade de dados que são gerados, de uma maneira automática supervisionada, semissupervisionada ou não supervisionada.

Para o treinamento atual dos computadores são necessárias milhares de imagens classificadas por oftalmologistas. Essas imagens são apresentadas aos algoritmos para terem as respectivas classificações. A técnica de machine learning permite que o algoritmo chegue a conclusões com imagens nunca apresentadas a ele. Esse número de imagens pode ser aumentado com técnicas de espelhamento, translações e rotações da imagem, que passam a ser interpretadas como imagens diferentes pelo algoritmo, ao contrário da percepção humana. O algoritmo interpreta imagens com rotações de 5 graus como diferentes. Contudo, os algoritmos de deep learning muitas vezes utilizam padrões que não são percebidos pelos seres humanos para a classificação das imagens, como algoritmos desenvolvidos que conseguem

prever o gênero do paciente pela retinografia. Esses padrões podem ser estudados e utilizados para o melhor entendimento de certas patologias oculares. Isso é chamado de “caixa preta”, quando alguns algoritmos possuem uma alta sensibilidade e especificidade para chegar a um diagnóstico, mas não se sabe explicar como chegaram a esse resultado. (50-58)

Em 2018, foi desenvolvido o primeiro sistema autônomo de Inteligência artificial para triagem de retinopatia diabética. Têm sido realizado esforços para o desenvolvimento de scanners de tomografia de coerência óptica para que os pacientes utilizem em suas casas nas pesquisas de telemedicina. Começam a ser usados algoritmos associados ao uso de smartphones para o diagnóstico de glaucoma, catarata e retinopatia da prematuridade. (59)

Outra forma de conseguir melhorar o atendimento da população com áreas carentes de oftalmologistas é com o desenvolvimento de telemedicina. Já existem câmeras que fazem aquisição de imagens de lâmpada de fenda e retina dos pacientes, podendo ser enviadas para oftalmologistas que farão o diagnóstico e acompanhamento desses pacientes a distância. Isso permite um encaminhamento precoce de casos mais graves para o oftalmologista. Para isso, as imagens adquiridas devem ser de boa qualidade e deve existir uma boa capacidade para o envio dos dados capturados. (60-61)

1.7 Repercussões de uma pandemia no atendimento e ensino oftalmológico

Em dezembro de 2019, um surto de infecção causada pelo coronavírus 2 ocorreu em Wuhan, China, e se espalhou por todo o planeta. Em 12 de fevereiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde nomeou oficialmente a doença causada pelo novo coronavírus como doença coronavírus 2019 (COVID-19). (62,63). Sua principal via de transmissão é através de gotículas respiratórias, fômites e via oral fecal além da transmissão por contato (com mucosas orais, nasais e oculares). Alguns pacientes apresentaram um episódio de conjuntivite antes do quadro de pneumonia, levantando uma hipótese da mucosa ocular ser uma possível rota de transmissão do SARS-CoV-2, já que a córnea e a conjuntiva apresentam a expressão do receptor ACE2, responsável pela entrada celular do vírus. (67-69)

O exame oftalmológico deve ser realizado em local ventilado e devem ser tomadas todas as medidas para evitar infecção cruzadas entre os pacientes oftalmológicos. Os pacientes com suspeita de infecção pelo coronavírus devem ser atendidos em ambientes isolados e de preferência com pressão negativa e proteção contra dispersão de aerossol. Médicos que apresentam fatores de risco sistêmicos devem evitar o atendimento a pacientes com sintomas de coronavírus. Além disso, devem manter a higiene constante das mãos com água e sabão e desinfetantes e álcool 70% das superfícies. (70-74)

Devido à proximidade entre o examinado e o examinador durante atendimento oftalmológico, os especialistas devem usar equipamentos especiais de proteção pessoal, como máscaras N95 ou PFF2 e óculos de proteção, mantendo sempre que possível um distanciamento dos pacientes na sala de espera. Para garantir uma maior segurança na reutilização é importante seguir as instruções do fabricante do produto, obedecendo ao número máximo de utilização fornecidas por ele. Contudo, é recomendado o descarte imediato caso o profissional de saúde realize procedimentos geradores de aerossóis ou a máscara seja contaminada por sangue ou secreções respiratórias. Essas máscaras só são eficazes se estiverem firmemente encaixadas no rosto. Os pacientes devem ser orientados a usar máscara em todo momento da consulta e que evitem agendar atendimentos com sintomas suspeitos de infecção pelo coronavírus. O uso de programas de tele orientação tem sido útil no auxílio do acompanhamento de algumas doenças oftalmológicas, permitindo que somente os pacientes que necessitem de atendimento estejam presentes nas clínicas de oftalmologia. (75)

Além do material de proteção pessoal, devem ser evitados exames de oftalmoscopia direta e utilizados escudos de acrílico acoplados nas lâmpadas de fenda e nos forópteros. Os procedimentos cirúrgicos eletivos devem ser evitados durante o período de pandemia, principalmente os realizados sob anestesia geral que necessitam de intubação pelo risco de produção de aerossol. Médicos com sintomas da infecção pelo coronavírus devem ser afastados de suas atividades até serem testados e só retornar ao atendimento quando estiverem assintomáticos e sem risco de transmissão do vírus aos pacientes e aos outros colegas de trabalho.

A telemedicina surgiu como uma opção para auxiliar o treinamento médico durante a pandemia associado ao uso de simuladores de exames clínicos e cirurgias.

Essa estratégia foi aprovada para uso emergencial pelo conselho Federal de Medicina do Brasil no fim de março de 2020. Tanto o serviço de saúde privado quanto o público estão autorizados a realizar o teleatendimento. O atendimento pode ser feito por telefone ou computador. Mesmo nesse regime de exceção o médico ainda deve garantir a segurança dos dados dos pacientes e preencher obrigatoriamente o prontuário eletrônico deles. (76-79)

Os pacientes podem também ser atendidos através da teleoftalmologia, o que pode ser aperfeiçoado com o treinamento adequado de profissionais de saúde para capturar imagens de qualidade e enviar para oftalmologistas em outras localidades e em casos especiais de epidemias, algumas imagens podem ser capturadas pelos próprios pacientes com uso de smartphones. (80-83)

O uso da inteligência artificial pode ser usado para melhorar o atendimento de regiões com recursos médicos limitados, que ficaram mais evidentes após a pandemia do coronavírus. A tecnologia pode ser incorporada em smartphones para facilitar a detecção de possíveis pessoas contaminadas, diminuindo o risco de contaminação da sociedade e ajudando no desenvolvimento de políticas públicas de saúde locais, com algoritmos desenvolvidos para a detecção de pacientes portadores e assintomáticos (84-88). O uso da inteligência artificial pode ser útil não apenas para o acompanhamento de doenças oftalmológicas, mas para o fornecimento e análise de uma grande quantidade de dados em tempo real, permitindo respostas mais rápidas e efetivas no combate à pandemia pelo coronavírus. O ganho com essa tecnologia será importante no monitoramento e diagnóstico de diversas doenças no futuro. (89-91)

2 OBJETIVO

Melhorar o atendimento oftalmológico por meio do aperfeiçoamento da qualidade de ensino da oftalmologia e do desenvolvimento de novas tecnologias.

2.1 Desenvolver um modelo de olho humano de baixo custo e relativa simplicidade para auxiliar na melhoria do ensino da técnica de oftalmoscopia direta e teste de Brückner através da simulação com modelos.

2.2 Desenvolver algoritmos e tecnologias que possam ser usados para auxiliar no diagnóstico e acompanhamento de doenças oftalmológicas.

ARTIGOS

3 ARTIGOS

3.1 Modelo para o ensino da oftalmoscopia direta

Martins TGS, Costa ALFA, Martins RV, Martins EM, Alves MR, Helene O, Schor P.
Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo 2014 36(2): 1-8. 2014 (SJR): 0.208; Quartile: Q3

Resumo

Este trabalho apresenta um modelo de olho humano de simples construção para ser usado no ensino da técnica de oftalmoscopia direta para estudantes de medicina. O modelo facilita o aprendizado e contribui para a formação de médicos adequadamente preparados para diagnosticar doenças que podem levar à cegueira, permitindo o rápido encaminhamento dos pacientes para os serviços especializados. Discutimos aqui alguns aspectos básicos da óptica do olho humano e do oftalmoscópio direto, bem como do seu uso.

Palavras-chave: óptica, olho humano, oftalmoscópio, oftalmologia

Abstract

This paper presents a simple construction model of the human eye to be used to teach the technique of direct ophthalmoscopy to medical students. The model facilitates the learning process and contributes to the training of physicians adequately prepared to diagnose diseases that can lead to blindness, allowing rapid referral of patients to specialized services. Here we discuss some basic aspects of the human eye optics and direct ophthalmoscope as well as its use.

Keywords: optics, human eye, ophthalmoscope, ophthalmology

1. Introdução

Os primeiros registros históricos do uso de modelos para treinamento datam da era Romana, há mais de dois milênios [1], quando espadas de madeira cobertas com couro e com as pontas protegidas permitiam a simulação de batalhas, evitando maiores danos durante os exercícios para preparação de militares. Na atualidade, há muitos exemplos de treinamentos com o uso de modelos, sendo um dos mais conhecidos o simulador de vôo para o treinamento e aperfeiçoamento de pilotos.

Existem atualmente milhares de artigos relacionados à simulação para ensino em medicina, mostrando que os estudantes melhoram suas performances e conhecimentos na área estudada [2]. O tempo que as faculdades de medicina têm dedicado ao ensino da oftalmologia no último século tem-se reduzido cada vez mais [3]. Conseqüentemente, observa-se com o passar dos anos um maior número de

médicos inseguros em lidar com os mais básicos problemas oftalmológicos [4,5], conforme constatado por Lippa e colaboradores em estudo recente [6].

Existe uma necessidade de melhorar o ensino da oftalmologia para alunos da graduação [6,7]. Para promover esta realidade, os departamentos de oftalmologia devem desenvolver novos métodos de ensino que consigam transmitir ao aluno, de maneira didática, o conhecimento básico que todo médico generalista necessita ter para lidar com as questões mais simples do cotidiano oftalmológico.

Objetivando colaborar com essa tarefa, apresentamos um modelo simples e de baixo custo para preparar e treinar estudantes de medicina na prática da oftalmoscopia direta. O modelo inclui vários aspectos de óptica, sendo pertinente, então, um breve estudo da óptica aplicada ao olho humano, assunto do qual muitos estudantes encontram dificuldades no entendimento dos princípios básicos.

OFTALMOSCOPIA DIRETA

Em 1847, Charles Babbage, utilizando um espelho côncavo para fazer incidir luz sobre o fundo do olho, pôde observá-lo através do orifício que existia no centro do espelho. Com esta técnica, Babbage acreditou haver descoberto o oftalmoscópio. Durante o século XIX, Brücke, Purkinge e Kussmal trabalharam intensamente procurando desenvolver um oftalmoscópio. Entretanto, coube a Hermann von Helmholtz, em 17 de dezembro de 1850, comunicar a sua invenção em carta ao seu pai.

Este novo método de exame tornou-se rapidamente popular. Albrecht von Graaf, um dos fundadores da oftalmologia moderna, afirmou: “Isso abriu um novo mundo”. Isso ajudou não apenas na fundação e extensão da oftalmologia, como é hoje ainda a mais importante conexão entre a oftalmologia e outras especialidades médicas [8].

Com o exame do fundo de olho, o médico avalia a forma, cor, tamanho e escavação do nervo óptico, que possui em média 1,5 a 2,0 mm de diâmetro, além dos vasos e da retina propriamente dita [9]. Durante o exame, o escurecimento do ambiente promove dilatação da pupila, que facilita a observação. A oftalmoscopia direta (Fig. 1) permite observar a superfície interior do olho com magnificação de 15 vezes em um campo de visão restrito a aproximadamente 10 a 15 graus, não sendo adequado para avaliar a periferia da retina [10]. No entanto, a área oferece boa visão

da papila, região da retina onde se encontra o nervo óptico e cujo exame é fundamental para o diagnóstico de afecções visuais [8,9]. Durante o exame, o médico usa apenas um olho para observar, o que impossibilita perceber a profundidade de uma eventual lesão.

Figura 1: Na oftalmoscopia direta (A), o exame é feito pedindo-se para que o paciente fixe um ponto à sua frente ao longe, e o examinador deve se aproximar com o oftalmoscópio tão perto quanto possível da pupila do paciente, procurando ver retina, vasos, disco óptico e mácula, ajustando o foco no botão lateral do aparelho. Tal exame pode ser realizado com ou sem dilatação pupilar, embora com a pupila do paciente dilatada, seja mais fácil a observação das estruturas do fundo de olho. Neste exame, o médico observa uma imagem direita do fundo do olho. Na oftalmoscopia indireta (B), observa-se uma região mais ampla da retina. Nesta técnica, o examinador permanece afastado do paciente, e com o uso de uma lente de 20 dioptrias colocada na frente do olho examinado observa uma imagem invertida do fundo do olho aumentada de 3,5 vezes.



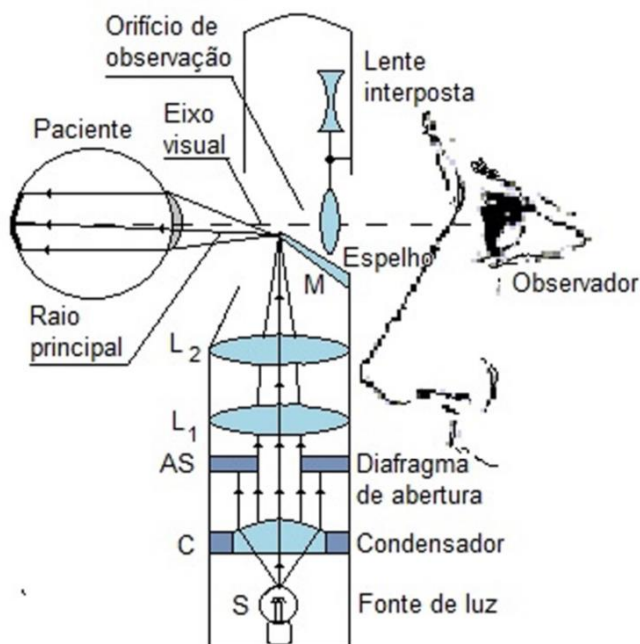
Fonte: (Martins et al 2014, p.2)

O princípio básico do oftalmoscópio direto consiste em raios que se originam da retina de um paciente emétrepe² e focam-se sobre os olhos do observador também emétrepe. Neste caso, o oftalmoscópio direto só requer uma fonte de luz apropriada para a iluminação da retina, e de lentes para corrigir possíveis condições de ametropia. O alinhamento da fonte de luz é crítico, porque a retina só é vista quando

² Um olho emétrepe é aquele no qual a imagem de um objeto distante é formada sobre a retina; quando há perda de nitidez da imagem, por causa da miopia, hipermetropia, astigmatismo ou outro problema de refração, o olho é dito amétrepe.

a área iluminada e a área observada do fundo de olho coincidem. Esse alinhamento pode ser feito por meio de um divisor de feixe, espelho ou prisma. Na maioria dos oftalmoscópios diretos, a metade inferior da pupila do paciente é iluminada por reflexão de luz pelo prisma ou espelho e a metade superior da pupila é usada para observação (Fig. 2).

Figura 2: No oftalmoscópio direto, um feixe de luz parte da fonte S, passa por um condensador C, sai paralelamente e atinge o diafragma de abertura do sistema de lentes de iluminação L1 e L2. Esse diafragma é variável, para permitir ao observador escolher a abertura conforme a necessidade do ângulo visual da retina ser estreito ou largo. As lentes L1 e L2 permitem variar o tamanho do foco de luz formado sobre o M e, conseqüentemente, varia a área iluminada do fundo do olho. O campo visual de observação é determinado pelo diâmetro da pupila do paciente. O fato de o feixe de luz da iluminação estar fora do eixo visual permite que as reflexões indesejáveis oriundas da superfície anterior da córnea sejam reduzidas significativamente.

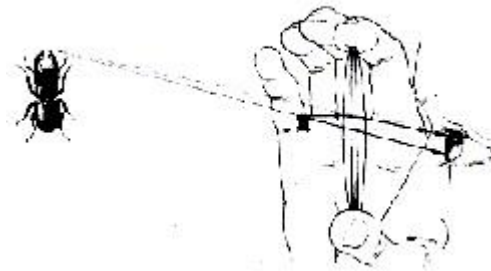


Fonte: (Martins et al 2014, p.3)

Quando paciente e observador são emétopes, a magnificação obtida com o oftalmoscópio direto é de aproximadamente 15 vezes. Esse aumento deve-se ao fato de o poder focal do olho do paciente ser de 60 dioptrias, o que corresponde a uma lupa com distância focal de aproximadamente 1,7 cm. (A distância focal de uma lente, em metros, é igual ao inverso de sua vergência quando esta é medida em dioptrias.) Assim, é como se o observador estivesse examinando a retina do paciente com o

auxílio de uma lupa (Fig. 3), cujo aumento angular é igual a razão entre a distância de visão mais nítida, da ordem de 25 cm para uma pessoa emétrepe, e a distância focal da lente [11].

Figura 3: Do objeto observado através de uma lupa obtemos uma imagem direita.



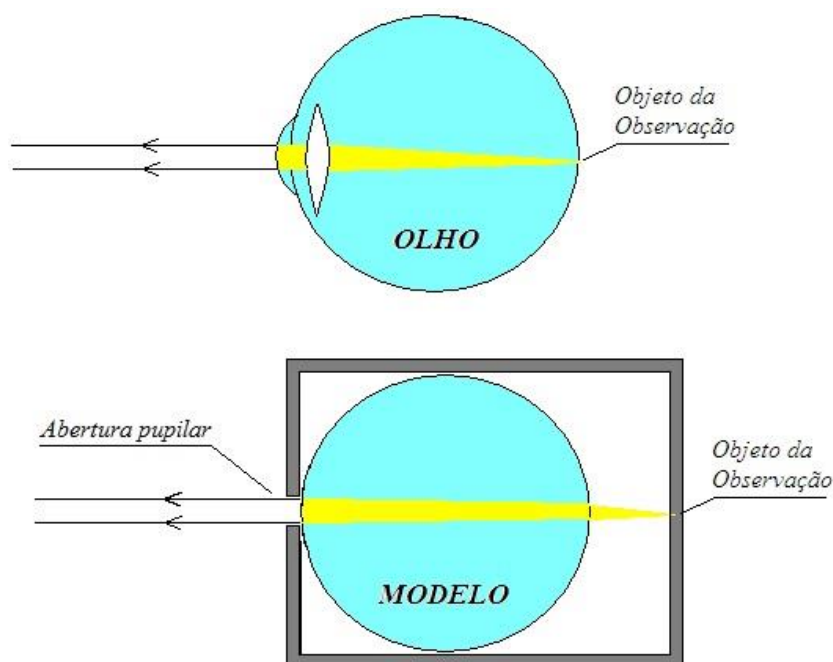
Fonte: (Martins et al 2014, p.3)

O uso do oftalmoscópio é de grande importância na medicina moderna. No entanto, seu aprendizado nem sempre se faz com facilidade. Um fator simplificador do ensino poderia ser obtido substituindo-se o olho do paciente por um instrumento didático, que permitisse àquele que aprende observar demoradamente diferentes imagens de retinas. O principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de tal instrumento didático, eficiente e de baixo custo.

2. Desenvolvimento do modelo

Com este modelo, remontamos o objetivo básico da criação de qualquer modelo, que pretende demonstrar uma situação sem a necessidade de atuar sobre a complexidade do real e suas consequências inerentes a curva de aprendizado. O modelo de olho humano proposto neste trabalho consiste em uma esfera transparente contida no interior de uma câmara escura com uma única abertura para a entrada e saída da luz, a pupila. A esfera, como uma lupa, permitirá a observação de imagens ampliadas de fotografias de retinas que podem ser modificadas para representar diversas alterações.

Figura 4: O princípio de funcionamento do modelo didático.



Fonte: (Martins et al 2014, p.3)

A pequena abertura pupilar, como no olho humano, limitará a aberração esférica no nosso modelo, o que nos possibilitará obter praticamente um único ponto imagem, o foco imagem, de um conjunto de raios paralelos que penetram a câmara escura através do orifício pupilar. Como veremos a seguir, não será possível obter um ponto focal sobre a superfície da esfera, como ocorre no olho. O *Princípio do Caminho Inverso*³ da luz nos permite afirmar que, de um ponto objeto localizado no foco imagem da esfera, obteremos um feixe de raios paralelos emergentes pelo orifício pupilar, Fig. 4. Desta forma, poderemos construir o modelo colocando o objeto da observação, uma foto da retina, sobre o plano focal da esfera. Portanto, na construção do modelo é necessário determinar a posição do plano focal do sistema óptico, considerando a esfera escolhida para construir o modelo.

No olho que produz visão com nitidez, a imagem de um objeto é formada sobre a retina. Neste caso, para cada ponto do objeto, o sistema óptico do olho fará corresponder um único ponto imagem. Tal correspondência biunívoca caracteriza um sistema óptico estigmata. Assim sendo, considerando o princípio do caminho inverso

³ A Óptica Geométrica é uma teoria construída sobre três princípios (Propagação Retilínea; Independência dos Caminhos; Caminho Inverso) e duas leis (Reflexão; Refração).

da luz, também o olho estigmata deverá fornecer uma imagem nítida da retina iluminada. Essa deverá ser a principal característica do modelo desenvolvido, fornece uma imagem de uma foto que simula a retina de um paciente examinado através do oftalmoscópio, em condições que valorizem o aprendizado do ato do exame.

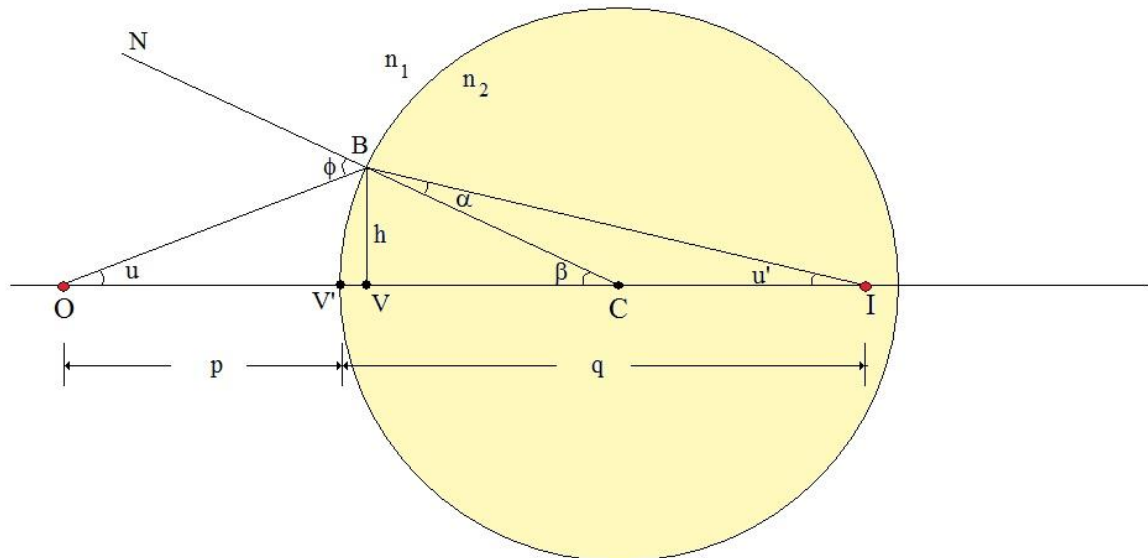
Como o modelo didático deve ser simples e de fácil reprodução, optamos por um sistema óptico formado por uma simples esfera. No entanto, para avaliar em que condições a esfera poderá satisfazer o que se espera do sistema óptico do modelo, precisamos estudar a óptica de uma interface esférica.

2.1 Interface esférica

A luz que se propaga no ar e penetra uma esfera de raio R , sofre refração em uma interface esférica. Todo raio incidente terá sua direção original modificada com a exceção daquele que se propaga sobre uma reta que passa pelo centro de curvatura da esfera, o eixo óptico do sistema. O ponto objeto real é o local de onde diverge uma infinidade de raios luminosos, enquanto um ponto imagem real é o lugar para onde convergem os raios luminosos provenientes do ponto objeto. Para estudar um dioptra esférico, consideramos um ponto objeto real e seu correspondente ponto imagem real, ambos localizados sobre o eixo principal, como mostra a Fig. 5.

Embora a óptica de um dioptra esférico seja tratada nos livros de física básica [11], desenvolveremos aqui as principais equações, tanto para facilitar o entendimento do que seguirá, bem como para usar algumas das passagens intermediárias da dedução. O artigo da referência [12] aborda alguns pontos complementares da óptica do olho humano, e pode ser lido por aqueles que desejarem complementar alguns aspectos considerados no presente trabalho.

Figura 5: Dioptro esférico



Fonte: (Martins et al 2014, p.4)

Um raio que parte do ponto objeto O e incide no dioptro no ponto B, estará a uma distância h do eixo principal. Quando o ponto B está próximo do eixo principal, denominamos o raio incidente de paraxial. Para raios paraxiais, o ponto V estará muito próximo do ponto V'.

Em nossa análise de uma interface esférica, só consideraremos os raios provenientes do ponto objeto que são paraxiais, como ocorre com um olho real. Assim sendo, os ângulos mostrados na figura serão menores que 10° (0,17 rad), o que nos permitirá constatar, com boa precisão, que o valor dos ângulos, medidos em radiano, se confundirá com os valores do seno e da tangente do ângulo, isto é:

$$u \approx \text{tg } u \approx \frac{h}{p} \quad (1)$$

$$u' \approx \text{tg } u' \approx \frac{h}{q} \quad (2)$$

$$\beta \approx \text{tg } \beta \approx \frac{h}{R} \quad (3)$$

O raio que incide em B, passando do meio de índice de refração n_1 para o meio de índice de refração n_2 , terá suas direções de incidência e refração medidas em relação à normal N ao ponto de incidência B. As direções de incidência e de refração do raio luminoso poderão ser comparadas pela Lei da Refração:

$$n_1 \cdot \text{sen } \phi = n_2 \cdot \text{sen } \alpha$$

Como o raio incidente é paraxial, poderemos escrever:

$$\begin{aligned} n_1 \cdot \phi &\approx n_2 \cdot \alpha \\ \alpha &\approx \frac{n_1}{n_2} \cdot \phi \quad (4) \end{aligned}$$

Na geometria euclidiana, a soma dos ângulos internos de um triângulo é igual a π radianos (180°). Logo, comparando os ângulos que determinam o triângulo OBC, poderemos dizer que:

$$\phi = \beta + u \quad (5)$$

Ao substituir os valores de β e u , obtidos nas equações (1) e (3), na equação (5), teremos:

$$\phi = \frac{h}{R} + \frac{h}{p} \quad (6)$$

Da mesma forma, comparando os ângulos no triângulo IBC, diremos sobre o ângulo β :

$$\beta = \alpha + u' \quad (7)$$

Ao substituir na equação (7) os valores de β , α e u' , fornecidos pelas equações (3), (4) e (2), respectivamente, teremos:

$$\frac{h}{R} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \phi + \frac{h}{q} \quad (8)$$

Ao substituir o valor de ϕ , fornecido pela equação (6) na equação (8), obteremos:

$$\frac{1}{R} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{p} \right) + \frac{1}{q} \quad (9)$$

A equação (9) poderá ser apresentada em sua forma mais conhecida:

$$\frac{(n_2 - n_1)}{R} = \frac{n_1}{p} + \frac{n_2}{q} \quad (10)$$

A equação (10) nos mostra que, de um ponto objeto real localizado sobre o eixo principal, a uma distância p do ponto V, o dióptro esférico produzirá um ponto imagem real, também localizado sobre o eixo principal, a uma distância de V igual a q . Esta equação, conhecida como *Equação dos Pontos Conjugados*, também mostra que, se o objeto for colocado na posição da imagem, a uma distância q de V, a sua correspondente imagem estará localizada onde antes estava o objeto, a uma distância p de V.

2.2 Qual deverá ser a medida do diâmetro do orifício pupilar do modelo?

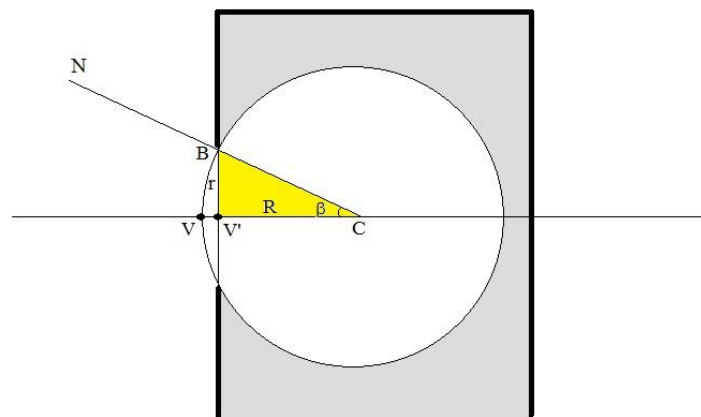
A equação (10) nos certifica de que todos os raios paraxiais provenientes de um ponto objeto localizado sobre o eixo principal do sistema óptico irão praticamente convergir em um único ponto, a imagem do ponto objeto. Portanto, um dioptra esférico apenas poderá ser considerado um sistema óptico estigmata para raios paraxiais, o que limita os ângulos da Fig. 5 a valores relativamente pequenos e que consideraremos menores que 0,17 radiano. Tal fato nos obrigará a usar uma superfície opaca com um orifício pupilar para que apenas raios paraxiais incidam sobre a superfície da esfera (Fig. 4). Tratando-se de raios paraxiais, os pontos V e V' são praticamente coincidentes. Por isso, no triângulo CVB da Fig. 6, a tangente do ângulo β será:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{r}{R} \quad (11)$$

O valor máximo de β deverá ser tal que ainda permita afirmar, com boa precisão, que o valor do ângulo, em radiano, se iguale ao valor da tangente, que consideramos 0,17. Assim sendo, da equação (11) poderemos determinar, com o valor máximo de β (0,17), o valor máximo do raio r , raio do orifício pupilar do modelo:

$$0,17 = \frac{r_{\text{máximo}}}{R} \quad (12)$$

Figura 6: A esfera do modelo deverá ser mantida no interior de uma câmara escura onde a luz deverá penetrar pelo orifício pupilar de raio r .



Fonte: (Martins et al 2014, p.5)

Como o diâmetro é o dobro do valor do raio, o diâmetro máximo D da pupila do modelo deverá ser:

$$D = 0,34 \cdot R \quad (13)$$

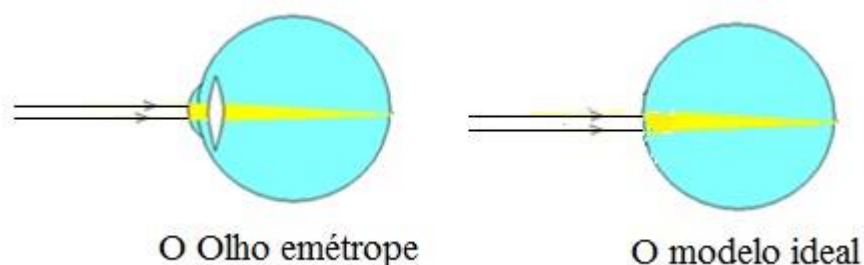
No caso de usarmos uma esfera de raio R igual a 1,1cm, o diâmetro da pupila ideal deverá limitar-se ao valor máximo de 3,74 milímetros, a fim de que não comprometa a qualidade do sistema óptico pela aberração esférica. Como no olho humano a forma da pupila normal é circular, com diâmetro entre 3 mm e 5 mm na luz ambiente, o uso de uma esfera de raio 1,1cm parece ser uma boa escolha para a confecção do modelo, considerando o diâmetro da pupila do olho humano em luz ambiente⁴.

2.3 Qual deverá ser o índice de refração do meio que constitui a esfera do modelo?

No olho humano emétrepe, de um ponto objeto distante obtém-se um ponto imagem real localizado na retina. Para que a esfera reproduza esta condição, devemos verificar na equação (10) qual deverá ser o índice de refração da substância que constituirá a esfera.

De um ponto objeto localizado a uma distância p muito maior que R , a esfera fará corresponder um ponto imagem localizado a uma distância $q=2R$ do ponto V (Fig. 5).

Figura 7: No modelo ideal, a esfera deverá fornecer, de um objeto a uma distância muito maior que o raio da esfera, uma imagem real localizada na superfície da esfera.



Fonte: (Martins et al 2014, p.5)

⁴ As pupilas com menos de 3mm de diâmetro são denominadas mióticas e aquelas com mais de 7mm midriáticas [13].

Na equação (10), se considerarmos o meio externo, o ar, com índice de refração $n_1=1,0$, e o meio interno com índice de refração n_2 , para um valor em que p é muito maior que R (e tendendo a infinito), teremos:

$$\frac{(n_2 - 1,0)}{R} = \frac{n_2}{2R}$$

ou,

$$\frac{n_2}{R} - \frac{n_2}{2R} = \frac{1,0}{R}$$

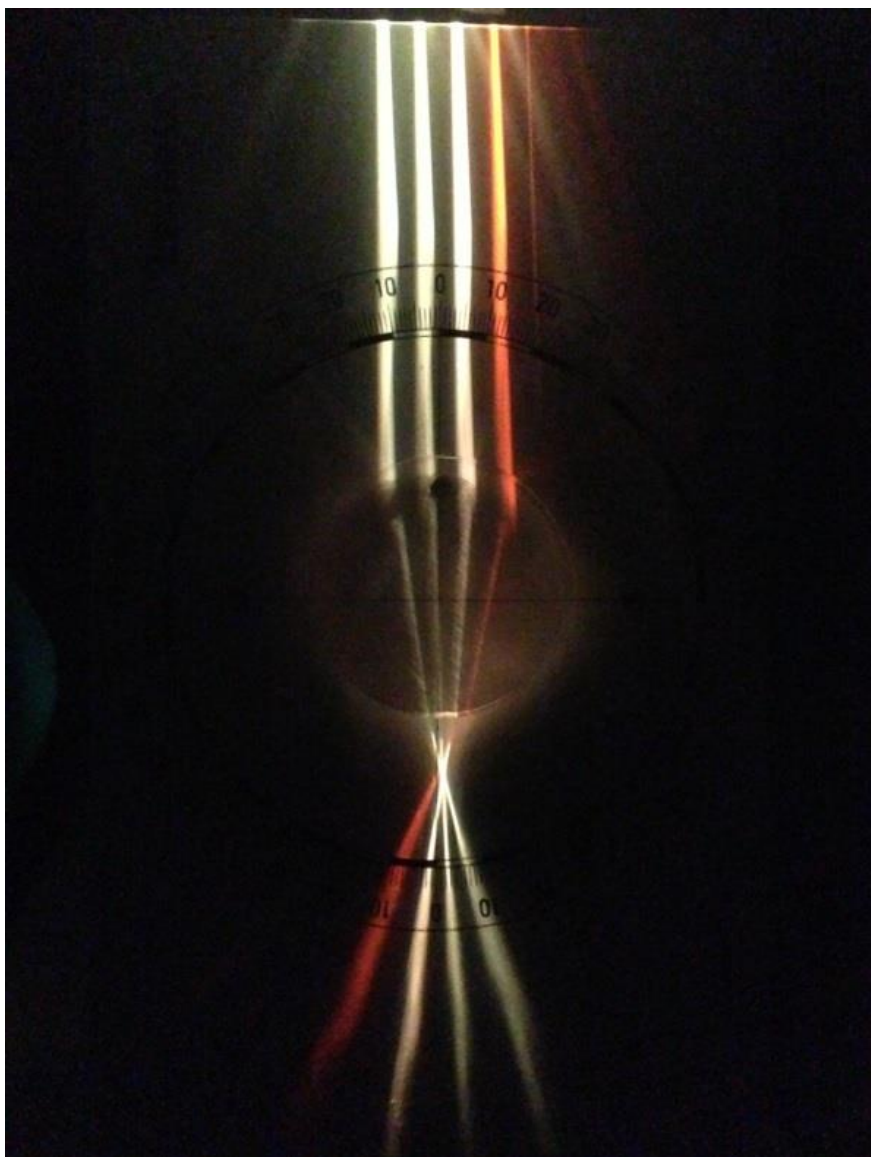
o que leva a

$$n_2 = 2,0$$

O resultado nos leva a concluir que, no modelo ideal, deve-se empregar uma esfera de índice de refração igual a 2,0, um valor muito alto, considerando o que a tecnologia atual permite produzir. O vidro óptico do tipo Crown tem índice de refração 1,53. O polimetilmetacrilato (PMMA), uma substância com excelentes propriedades ópticas, com índice de refração 1,49, poderá ser a substância mais adequada para compor as esferas empregadas no modelo didático, considerando seu baixo custo e sua resistência mecânica.

O índice de refração de uma esfera composta por PMMA é inferior a 2,0, o que significa que fornecerá uma imagem maior que $2R$ de um objeto situado a uma distância V . Portanto, o modelo real se afastará da condição ideal, que corresponderia ao olho emétrepe, e irá corresponder a um olho hipermétrope (Fig. 8). Poderíamos corrigir este problema aumentando a vergência do sistema óptico do modelo, justapondo-se uma lente de contato convergente à esfera de PMMA (Fig. 9). No entanto, o uso de lentes de contato rígidas no projeto aumentaria seu custo e a dificuldade de construção do modelo. A pretensão com o sistema óptico do modelo é obter uma superfície que represente a retina, o que dispensa, a princípio, a utilização da lente até que seja analisada a eficiência do modelo construído apenas com a esfera de PMMA de raio 1,1cm.

Figura 8: A foto nos mostra como um feixe de raios paralelos é focalizado por uma esfera de acrílico em um ponto focal localizado fora da esfera, como ocorre em um olho hipermetrope.



Fonte: (Martins et al 2014, p.6)

Figura 9: Esfera de PMMA sobre a qual foi colocada uma lente de contato com o objetivo de aproximar o foco do sistema da superfície da esfera.



Fonte: (Martins et al 2014, p.6)

A impossibilidade de se conseguir uma esfera com índice de refração suficientemente alto para que a imagem seja projetada a uma distância $2R$ de sua superfície, nos motiva a uma pequena digressão sobre a razão para a existência da córnea e do cristalino. O índice de refração da água é, aproximadamente, 1,3. Não é estranho, portanto, que os índices de refração das substâncias transparentes do nosso corpo sejam da mesma ordem, nem muito maiores, nem muito menores do que 1,3, e bem abaixo do valor 2,0, que seria necessário para que a imagem de um objeto distante fosse projetada na retina de um olho esférico ou quase esférico. Portanto, para que a imagem de um objeto que observamos seja formada no lugar correto, a retina, ou o olho deve ser mais longo, elipsoidal, ou a curvatura de sua parte frontal – a córnea – deve ser maior que a do olho. É isto o que ocorre no olho humano: enquanto o raio do olho de um adulto é da ordem de 11 a 12 mm, o raio de curvatura da superfície frontal da córnea é da ordem de 8 mm. Além disso, o cristalino complementa a necessidade de convergência da luz na retina por meio da acomodação, a partir da alteração de sua curvatura pelo músculo ciliar.

2.4 Qual deverá ser a posição da superfície que observaremos através da esfera?

Um objeto plano, como a palavra RETINA, poderá ser impresso sobre uma superfície de papel e observado através de uma esfera.

Figura 10: Objeto plano observado através de um dioptra esférico.



Fonte: (Martins et al 2014, p.6)

Como podemos observar na Fig. 10, a imagem de pontos que se afastam do ponto onde o plano do papel tangencia a esfera, são degradadas pela aberração esférica. Assim sendo, para solucionar este problema, o objeto de observação deve ter uma superfície que possua a mesma curvatura que a superfície da esfera, e ser justaposta à ela.

Figura 11: Observação de um objeto localizado na superfície externa da esfera.



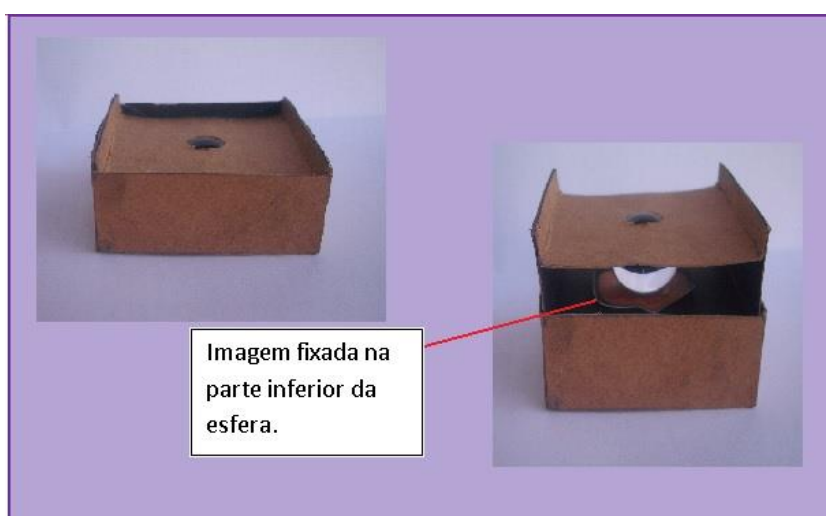
Fonte: (Martins et al 2014, p.7)

Com a própria esfera utilizada no modelo, podemos modelar sobre o gesso uma superfície com a mesma curvatura da esfera. Ao colocar o objeto da observação interposto entre a esfera e a superfície côncava, moldada sobre o gesso, como mostra a Fig. 11, obtém-se melhor resultado. A Fig. 12 mostra o modelo desenvolvido montado dentro de uma caixa opaca, com um pequeno orifício circular simulando a pupila.

Considerando que a observação se fará através desse orifício pupilar, o olho do observador sempre estará localizado próximo do eixo principal da esfera, o que tornará o resultado ainda mais satisfatório.

Concluimos que a melhor solução a ser empregada na construção do modelo didático para o aprendizado de oftalmoscopia direta são as esferas de PMMA de raio 1,1cm.

Figura 12: Modelo para ensino de oftalmoscopia direta



Fonte: (Martins et al 2014, p.7)

3. Conclusão

O modelo apresentado neste trabalho tem como objetivo ajudar os alunos de medicina a realizarem o importante exame de fundo de olho, o que pode salvar a visão de muitos pacientes quando corretamente realizado. O modelo desenvolvido baseia-se na principal maneira de aprendizado, que se constitui da prática e repetição [9]. O modelo permite a realização de vários exames repetidos com diferentes níveis de dificuldade. Com isso, pode-se avaliar se o aluno está vendo e interpretando corretamente o fundo de olho proposto, assim como detectar o desenvolvimento da

habilidade. Pode-se utilizar, no lugar de imagens, frases, para que o aluno transcreva em seguida.

A possibilidade de utilizar diferentes tamanhos de esferas de vidro, diferentes aberturas pupilares (3 e 8 mm) e a troca de fotos do modelo, permite que obtenhamos diferentes objetivos e níveis de dificuldade no treinamento, reproduzindo algumas dificuldades encontradas na prática. É notório que existem outros modelos mais sofisticados do olho humano, mas a proposta deste trabalho é a junção da simplicidade e baixo custo para atender a necessidade de ensino desse importante exame médico.

O estudo da visão, sua evolução, a existência de diferentes tipos de olhos e células sensíveis à luz é enriquecedora, tanto para profissionais relacionados a essas áreas quanto para as demais, que podem se beneficiar do melhor entendimento da visão humana [14]. Como a visão humana envolve, obviamente, muitos aspectos da óptica geométrica, é uma área na qual físicos podem contribuir significativamente.

O resultado do investimento na educação baseada em simulação com modelos é a formação de médicos mais bem embasados e seguros, que valorizam o exame fundoscópico, entendendo que sua realização pode levar ao correto encaminhamento e diagnóstico precoce de doenças que podem colocar em risco a visão e a vida do paciente. Desta forma, a população será mais bem assistida e os pacientes serão encaminhados precocemente para um serviço de oftalmologia.

Agradecimentos:

Lincoln Yudi Shigio e Dario Elizardo Seckler pela sua ajuda com figuras.

Referências

- [1] Cater M. J., *Buttons and Wooden Swords: Polybius 10.20.3 Livy 26.51, and the Rudis*. Classical Philology 101 (2): 153-160 (2006).
- [2] Roberts E, Morgan R, King D, and Clerkin L., *Fundoscopy: a forgotten art* Postgrad Med 75;282-4 (1999)
- [3] Quillen DA, Harper RA, and Haik BG, *Medical student education in ophthalmology crises and opportunity*. Ophthalmology 112: 1867-8 (2005)
- [4] Stern GA, Association of University Professors of Ophthalmology Education Committee. *Teaching ophthalmology to primary care physicians*. Arch Ophtahlmolol 113: 722-4 (1995)
- [5] Sussman EJ, Tsiarcs WG, Sopper KA. *Diagnosis of diabetic eye disease* JAMA 247: 3231-4 (1982)

-
- [6] Lippa LM, Boker J, Duke A, Amir A. *A novel 3 – year longitudinal pilot study of medical student’s acquisition and retention of screening eye examination skills.* *Ophthalmology* 113: 113-9. (2006)
- [7] Clarkson JG. *Training in ophthalmology is critical for all physicians.* *Arch Ophthalmol.* 121: 1327 (2003)
- [8] Issenber SB, McGahie WC, Petrusa ER, et AL. *Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review,* *Med Teach* 2005 27:10-28 (2005)
- [9] Vaughan & Asbury’s. *General Ophthalmology.* 17 edição. Páginas 39-42. (2008)
- [10] E. Roberts, R. Morgan, D. King, L. Clerkin, *Fundoscopy: a forgotten art.* *Postgrad Med J* 75;282-4 (1999)
- [11] H. M. Nussenzevig, *Curso de Física Básica* (Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1998), v. 4.
- [12] O. Helene and A. F. Helene, *alguns aspectos da óptica do olho humano.* *Rev. Bras. Ensino Fís.* 33-3, artigo 3312 (2011)
- [13] Pavan-Langston, Deborah. *Manual de Oftalmologia – Diagnóstico e Tratamento.* 2ª edição, MEDSI, Rio de Janeiro, 1988, p.9).
- [14] T.G.S. Martins, A. L. F. de Azevedo Costa, E.N. Martis, R.V. Martins e O. Helene, *Desvendando a Visão.* *Ciência Hoje* 2014 312: 26-31.

3.2 Teaching medicine to Machines

Martins TGS, Costa ALFA, Souza BCS, Marques MA. *Insight* (San Fransisco, Calif.), 2017(1): 30-31. 2017 (SJR): 0.107; Quartile: Q4

Ophthalmic services are of difficult access for many people, especially in developing countries. The lack of ophthalmic diagnosis and monitoring of eye diseases has inspired us to develop a program to assist in the monitoring of patients with uveitis to provide better health care in areas that do not have enough ophthalmologists.

The use of screening techniques with teleretinography has proven to be cost-effective, enabling quicker access and preventing diseases from developing into later stages that could ultimately increase treatment costs (Rachapelle et al., 2013). Teleretinography is considered an important tool in teleophthalmology. Retina or fundus cameras on smart phones are being utilized today in emergency rooms, and pictures of diabetic retinopathy, central retinal vein occlusion, central retinal artery occlusion, papilledema, papillitis, and other disorders taken in clinic settings are being referred to consultants.

Uveitis is the inflammation of the uvea, comprised of the iris, ciliary body, and choroid. Without timely and proper treatment, it can cause damage, such as retinal detachment and scarring of the retina, which can reduce visual acuity or even cause irreversible blindness. For this reason, patients with uveitis require specialized medical care (Gonzalez, Woods, & Eddins, 2009). However, uveitic lesions are difficult to photograph.

In view of this difficulty, we used processing digital imaging (PDI) techniques on retina images in order to facilitate the identification and observation of uveitis in the posterior segment, and to assist physicians in the diagnosis and monitoring of patient treatment by quantifying the pathology. We studied and implemented PDI techniques, which were applied to images of inflammatory reactions. This technique assists in the documentation of changes in retinal and enables follow-up treatment.

Image Analysis for Improving Uveitis Care

We implemented techniques, such as spatial filtering and smoothing adjustments of gray levels, to improve the image quality. After applying these methods to the original image, we used region growth techniques and a fuzzy average to

perform quantitative analysis by identifying and segmenting the regions of interest (Gonzalez et al., 2009; Rangayyan, 2005) (see Figures 1 and 2).

The processes used for image segmentation are usually based on the gray level properties of an image, using the characteristics of discontinuities or similarities (see Figures 1 and 2). In the case of discontinuities, the algorithms for segmentation are based on abrupt changes in gray levels. In the case of similarities, the algorithms look for image points that have certain characteristics in common. To do this, we use the methods of thresholding, growth regions, division, and fusion regions (Gonzalez et al., 2009; Rangayyan, 2005).

Growing regions is a technique that groups pixels or subregions into larger regions according to a similarity criterion. In this process, regions are formed from a set of points called "seeds." Each region is composed of a seed pixel, and if the neighboring pixels have similar properties to them (power analysis), they are added to the region. Then new neighbors are identified, and these new pixels are analyzed and (may or not be added) to the region. Thus, the process continues until there are no more neighbors that have characteristics that might belong to this region (Gonzalez et al., 2009; Rangayyan, 2005).

Growing regions by fuzzy logic is a technique, based on the concept of fuzzy logic, in which a degree of relevance (between zero and one) is determined for each pixel of the image. This calculated relevance value indicates whether this pixel belongs to the region. For each neighbor analysis, the relevance value used depends on the chosen threshold level, the maximum distance seed pixel, and the current pixel (Gonzalez et al., 2009; Rangayyan, 2005).

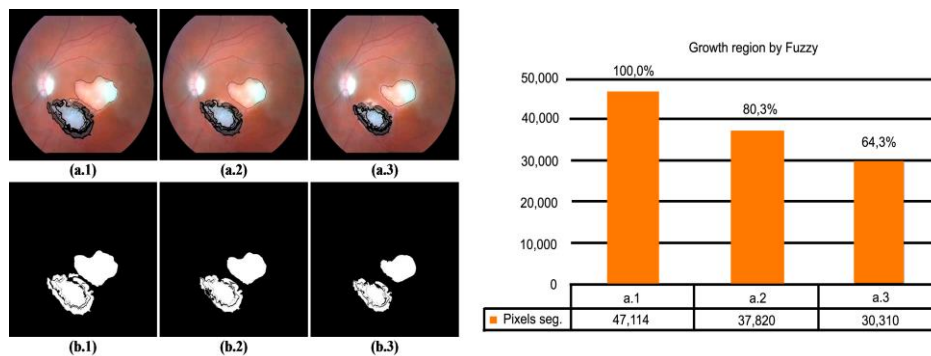
Region segmentation by average also uses the relevance analysis process of each neighboring pixel, but it is obtained from the pixel average in analysis with its adjacent area.

For each neighbor, the difference is calculated between the intensity value thereof and the average area used as a similarity measure. If this calculated value is smaller than a given threshold, the pixel is assigned to the region; otherwise, it is discarded. The region grows iteratively, comparing all new neighboring pixels, with the process being interrupted when this difference becomes greater than a certain threshold (Gonzalez et al., 2009; Rangayyan 2005). For the implementation of the

algorithms, we used the MATLAB software, which enabled the employment of techniques with all the images.

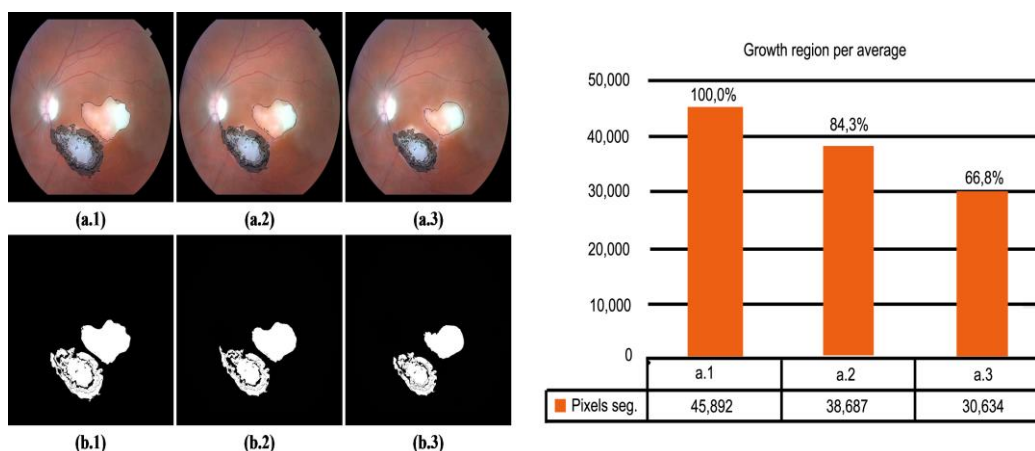
Figure 1 shows the images obtained after using the region growth method by fuzzy (a.1, a.2, and a.3) and the respective segmented images (b.1, b.2, and b.3). The numerical representation of the number of pixels in the damaged areas and the selection of the segmented images obtained using this technique is also illustrated in the figure. Similarly, Figure 2 shows the results obtained by the region growth technique per average, as well as the numerical representation of the number of pixels in the damaged and targeted areas.

Figure 1. Images after region growth by fuzzy (a.1, a.2, and a.3), the segmented regions (b.1, b.2, and b. 3), and quantification of pixels in the damaged and segmented areas.



Source: (Martins et al 2017, p.3)

Figure 2. Images after the region growth per average (a.1, a.2, and a.3), the segmented regions (b.1, b.2, and b.3), and quantification of pixels in the damaged and targeted areas.



Source: (Martins et al 2017, p.3)

Considering the images obtained after the use of these techniques—growth regions by fuzzy (Figure 1) and per average (Figure 2)—the results were effective in respect to segmentation and quantification of pixels in the regions of interest, and both generated very similar results in the segmentation and quantification of areas affected by uveitis. In both cases, there was a proportional decrease in the number of pixels in the targeted areas, which shows that the methods implemented in the image processing phase identified and segmented areas satisfactorily. Furthermore, using these methods was possible to quantify these regions, assisting the ophthalmologist in diagnosis.

Teaching Medicine to Machines

For the development of this artificial intelligence in machines, teaching relevant aspects of medicine to engineers was important, using a more accessible language without losing the specificity and complexity that the project required. The doctors were responsible for teaching the engineers the patterns of change in the retina, and the engineers were responsible for the use of algorithms and image processing techniques, whose information was downloaded into the program for a further analysis of the resulting images. We began to "teach medicine" to computers, improving and changing our teaching notions. We incorporated mathematical, physical, and computational knowledge in our training and developed a technique for teaching

machines that have a high capacity for retention and reproduction of stored knowledge. Through the processing of original images, we found that we can reduce the noise and the lack of contrast, making it easy to identify the lesions. With this method, we can quantify the lesion region in pixels, which assists us with the monitoring and treatment of uveitis.

There are still barriers to be overcome in the process of transferring information to machines so they will be able to better help in the diagnosis and monitoring of diseases that can lead to blindness, such as uveitis, but much has been learned in this regard and great innovations have emerged.

Acknowledgment: Paulo Schor and Camera Culture MIT Media Lab.

References

- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2009). *Digital image processing using MATLAB* (2nd ed.). Knoxville, TN: Gatesmark Publishing.
- Rachapelle, S., Legood, R., Alavi, Y., Lindfield, R., Sharma, T., Kuper, H., & Polack, S. (2013). The cost-utility of telemedicine to screen for diabetic retinopathy in India. *Ophthalmology*, *120*(3), 566–573. doi:10.1016/j.ophtha.2012.09.002
- Rangayyan, R. M. (2005). *Biomedical image analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press.

3.3 Training of direct ophthalmoscopy using models

Martins TGS, Costa ALFA, Helene O, Martins RV, Helen AF, Schor P.
Clin Teach. 2017 Dec;14(6):423-426. 2017 (SJR): 0.389; Quartile: Q3

ABSTRACT:

Background: The ophthalmology training time in medical schools has been reduced over the last decades, while the number of doctors unable to solve the most basic ophthalmic problems has increased.

Methods: We conducted a questionnaire with non-ophthalmologist physicians to assess the confidence level of their direct ophthalmoscopy examination performance. This test is very important for the diagnosis of diseases that could lead to blindness and should be learned by all medical students.

Results: The results showed that the physicians had difficulty and lacked confidence doing the exam. For this reason, we have developed a new model and teaching method of direct ophthalmoscopy based on neuroscientific concepts.

Discussion: This model provides more involvement of the students with the learning process since they build their own model, a practice that shows the concepts of the physics behind direct ophthalmoscopy.

Implication: This will benefit the population by providing an early diagnosis of diseases that threaten life and vision.

Keywords: direct ophthalmoscopy, model, teaching medical students, neuroscience.

INTRODUCTION

The teaching method "see one, do one, teach one" has been replaced by educational methodologies that provide more safety to the patient¹.

The ophthalmology training time in medical schools has been reduced over the last decades², while the number of doctors unable to solve the most basic ophthalmic problems has increased^{3,4}.

Good performance of a learned technique is the result of memory formation, especially the long-term memories: declarative and procedural. With increased interest and intensity of experiences, more will be stored in long-term memory⁵. Different strategies involving repetitive training can lead to performance improvement⁶. Therefore, it is necessary for students to practice until they have perfected the skills, to ensure that the neural pathway connections of memory have become permanent^{6,7}.

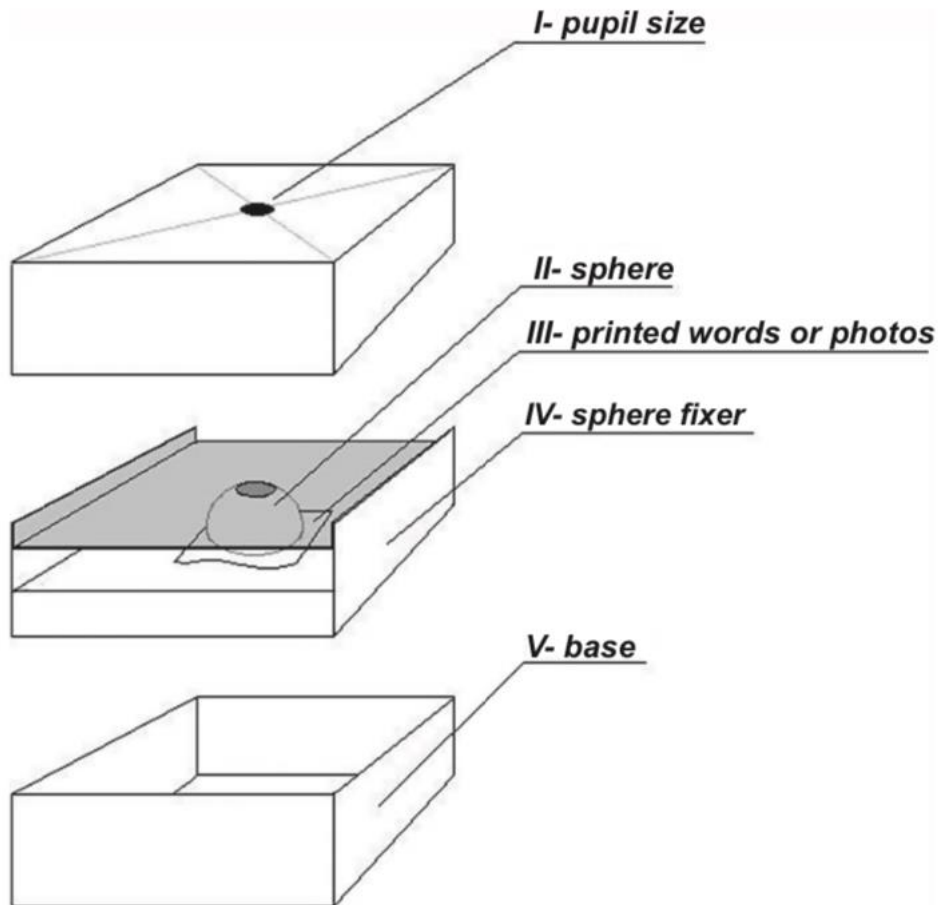
The objective of this study was to develop a human eye model for direct ophthalmoscopy examinations, which improves learning in a more enjoyable manner.

METHODS

A survey of 133 doctors without postgraduate training in ophthalmology was conducted. Physicians reported the level of confidence in the diagnosis of hypertensive and diabetic retinopathy, papilledema, and suspicious cup disk ratio, using the direct ophthalmoscope. Questions were based on the expected level of knowledge of medical students according to the International Council of Ophthalmology⁷. Prevalent diseases that threaten vision and the lives of patients were included. The level of confidence was assessed from a scale of zero (low confidence) to four (maximum reliability). Most doctors felt insecure (65% gave scores of 0 or 1). Thus, a model of the human eye simulating its main features was developed to practice direct ophthalmoscopy. With the simple step-by-step manual described in the article, students can construct this model.

A transparent acrylic sphere of radius R equal to 1.1 cm was placed inside a cardboard box with a hole of 3 mm for simulating the miotic pupil and 5 mm the mydriatic pupil⁸. Different images of 1x1cm with words, numbers and fundus of real patients were placed within the model. Each letter and number had 1.5mm. The cost of the model was about one dollar, and each student spent about one hour building their own (figure 1).

Figure 1. Model for teaching direct ophthalmoscopy: I, pupil size; II, sphere; III, printed words and photos; IV, sphere fixer; V, base



Source: (Martins et al 2017, p.2)

To ensure that the image of an object at infinity will be projected onto the “retina”, its ideal sphere should have a refractive index of 2.0, which would be unfeasible. Acrylic is a low-cost material with excellent optical properties and a refractive index of 1.49, suitable for the spheres. However, they produce sharp images from a distant object beyond the ball diameter. We could have solved this problem by increasing the convergence of the optical system with a juxtaposed rigid contact lens onto the acrylic⁸ sphere, but that would increase the cost.

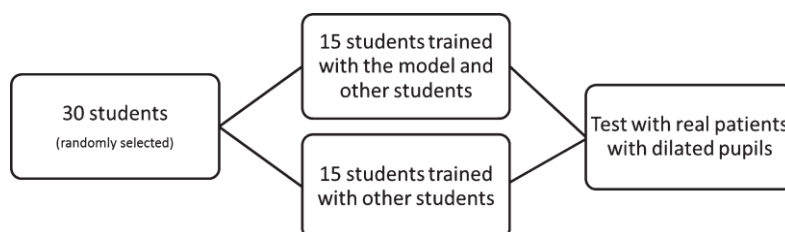
The ideal position of the observed object is at the focal surface, on the back of the sphere. To facilitate the construction of the model and minimize the cost, we put the observed object in contact with the surface of the sphere. Thus, the object is

located within the focal distance, and the sphere will act like a magnifying glass, creating a virtual, non-inverted and larger image.

A flat object contacts the sphere at a single point. The other points of the flat surface, which gradually move away from the tangent point, have degraded images due to spherical aberration. To alleviate this problem, the observed object must have the same curvature as the sphere surface. Nine hundred dpi 1x1cm images of fundus photographs with various pathologies were reduced and printed on sheets of paper that were placed inside a hollow cavity formed by the curvature of the sphere, simulating a real retina and keeping the optical disc at its anatomical size of 1.5 mm⁸.

We randomly selected 30 students out of a first semester fourth-year class with 40 students with no previous lecture of ophthalmology. The total duration of the medical course is six years. The 30 students agreed to participate, and we divided them in two groups of 15 students each. Initially, the two groups were given the same lecture on direct ophthalmoscopy. Next, the first group practiced the examination technique on the other students while the second group trained with the model and the students. Both groups were given the same training time (figure 2). The sample size was sufficient to detect the difference between the two training methods.

Figure 2. Flow diagram of the two groups: 30 students were divided into two groups of 15 students each



Source: (Martins et al 2017, p.3)

The 15 students that trained with the model had to read words and numbers inside the model. They performed this exercise with different pupil sizes (3, 4 and 5 mm).

One week after the first training, we asked all 30 students about retina injuries of patients with dilated pupils. One patient with a chorioretinitis scar and another with

a venous occlusion had their retinas observed by students, who described the injuries. The success rates of the two groups were compared, considering the correct description of the injury, not the diagnosis.

RESULTS

In the group of 15 students trained with the model, we recorded the success rate and the time taken to identify a six-number sequence in the model with different pupil sizes (3, 4 and 5 mm). They also trained with photos of reduced fundus. After the training with the model, students did the training with other students, and finally after one week, carried out a real examination on patients with dilated pupils. We recorded the success rate and time spent by students to identify injuries. They spent on average 12 seconds to identify a six-number sequence in the model.

In the group of 15 students that trained without the model, only two students identified injuries, one in 26 seconds and the other in 66 seconds. In the group that trained with the model, all the lesions were identified in 4 to 140 seconds.

We conducted a questionnaire for all students participating in the study with the model, all the students answered and 93% of the respondents said that the enjoyable activity with the model, which increased their interest on the subject, and the repeated training with the model, were important for the retention of knowledge and the reduction of anxiety.

DISCUSSION

This study describes the construction of a low-cost eye model, built by the students, and a new teaching method of direct ophthalmoscopy based on neuroscientific theories. We presented increasing levels of difficulty and repeated the process for the retention of knowledge before training with real patients. Moreover, this model enabled the teacher to get immediate feedback regarding the students' difficulties.

The model representing the eyes was used to motivate students to find out what was written on the inside of the model using the ophthalmoscope. Thus, we sought to generate a learning process with a methodology that emphasized the role of the activation of the limbic system of the students to retain long-term memories. The

construction of the model by the student was also a strategy used to increase interest, creating the possibility for each student to have their own model to train with at other times that could further reinforce their learning^{9,10}.

There are other more sophisticated models of the human eye⁷ available on the market, but our goal was to create a simple, low-cost model to enable student interaction from the beginning. There are some limitations of this study. Other studies with a larger number of students in a longer period can be made to evaluate other methods that can improve the involvement of the students with the subject.

The model also has an increasing level of difficulty by changing the pupil sizes and by using different images. It is possible to assess whether students are performing the exam correctly with the use of words and numerical sequences.

Many students are anxious and insecure to take the examination for the first time with patients. However, most of the students who used the model reported a decreased anxiety level doing the exam with patients.

CONCLUSION

This model provides greater involvement of the students with the learning process, since they build their own model, a practice that shows the concepts of the physics behind the direct ophthalmoscopy. The growing levels of difficulty also can motivate students to try harder and overcome the obstacles that may appear in any learning process. It is simple and low cost, but it does not simulate the reality of the exam of direct ophthalmoscopy in detail. Students feel more secure to examine other classmates and patients after this training, leading to better results. This will benefit the population by providing an early diagnosis of diseases that threaten life and vision. Training with the model does not substitute training with real patients and should be considered as a complementary teaching method.

REFERENCES:

1. Littlewood KE. High fidelity simulation as a research tool. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2011 25 473-487.
2. Quillen DA, Harper RA, Haik BG. Medical student education in ophthalmology crises and opportunity. *Ophthalmology*;2005 112: 1867-8.
3. Chan TY, Rai AS, Lee E, Glicksman JT, Hutnik CM. Needs assessment of ophthalmology education for primary care physicians in training: comparison with

the International Council of Ophthalmology recommendations. Clin Ophthalmol.2011;5:311-9

4. Tso MO, Goldberg MF, Lee AG, Selvarajah S, Parrish RK 2nd, Zagorski Z. An international strategic plan to preserve and restore vision: four curricula of ophthalmic education. Am J Ophthalmol.2007 May;143(5):859-65
5. Squire LR. Memory systems of the brain: A brief history and current perspective. Neurobiology of Learning and Memory 2004 2004 Nov;82(3):171-7
6. Buckner RI, Kelley VM, S.E. Petersen. Frontal cortex contributes to human memory formation. Nature Neuroscience 1999 Apr;2(4):311-4.
7. Bensassat J, Polak BCP, Javitt JC. Objectives of teaching direct ophthalmoscopy to medical students. Acta Ophthalmologica 2012 Sep;90(6):503-7.
8. Martins TGS, Costa ALFA, Martins EN, Martins RV, Schor P, Helene O. Model for teaching direct Ophthalmoscopy. *Revista Brasileira de Ensino de Física* 2014; 36:2303. (in Portuguese).
9. Conn JJ, Lake FR, Mccoll GJ, et al. Clinical teaching and learning: from theory and research to application. Med J Aust; 2012 May 7;196(8):527.
10. Levy A, Churchill AJ. Training and testing competence in direct ophthalmoscopy. Med Educ 2003 May;37(5):483-4

3.4 Teaching model used for the Bruckner test: Improving Screening for Congenital Cataract

Martins TGS, Costa ALFA, Martins RV, Schor P. *Insight*. 2017; 42(1):33-34. 2017(SJR): 0.107; Quartile: Q4

Introduction

The diagnosis and early treatment of congenital cataracts are a priority in the overall program Vision 2020 (AAP, AAPOS, & AAO, 2003a). It is the leading cause of preventable blindness in children (AAP, AAPOS, & AAO, 2003b). Untreated congenital cataract is responsible for 10% of cases of childhood blindness (AAP, AAPOS, & AAO, 2003b). It is related to intra-uterine infection, metabolic diseases, and chromosomal disorders (AAP, AAPOS, & AAO, 2003b). It is important to treat eye diseases in the early newborn, avoiding visual problems and saving lives. Congenital cataract surgery should be performed early to avoid the risk of amblyopia (AAP, 2008).

The red reflex test was originally described by Brückner in 1962. Although originally described as red, it can be yellow, orange or any combination of red and yellow. The Brückner test is used to screen a variety of diseases including cataracts, congenital glaucoma, retinoblastoma, retinal abnormalities, and systemic diseases with ocular manifestations. It must be performed in the routine physical examination of newborns (AAP, AAPOS, & AAO, 2003a; AAP, 2008).

The examination should be performed on both eyes in a dark room with an ophthalmoscope about 45 cm away from the eye. Findings of dark spots in the red reflex, absence of red reflex or white reflection should be referred to an ophthalmologist. A red reflection change indicates a lack of transparency of the cornea, lens or vitreous humor (AAP, AAPOS, & AAO, 2003a; AAP, APOS, & AAO, 2003b; AAP, 2008). If the test cannot be performed at birth due to edema of the eyelids, it should be conducted on the second day of life (AAP, AAOS, & AAO, 2003a).

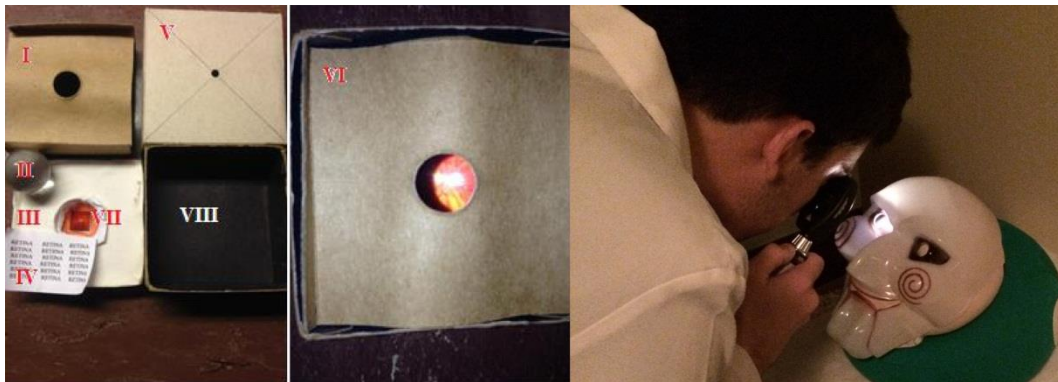
The red reflex test has a specificity of 65% (measures the proportion of negatives that are correctly identified) and a sensitivity of 86% (measures the proportion of positives that are correctly identified), which tends to increase during the training period and give a low false positive rate (7 in 11500) (Lloyd, Ashworth, Biswas, & Abadi, 2007; AAP, 2008). All newborns should have the red reflex test performed by a pediatrician before hospital discharge and be referred to an ophthalmologist in case of changes (AAP, 2002).

Methodology

We developed a model for teaching administration of the red reflex examination with cardboard, acrylic spheres of different sizes to simulate anisometropia, plastic to

simulate opacity medium, and photographs to simulate different changes in the retina (see Figures 1 and 2).

Figure 1: Model for teaching red reflex: I – sphere fixer; II –sphere; III – plaster base; IV – white paper; V – model cover with pupillary hole; VI – model without the cover; VII – printed photos; VIII – box which contains the other parts. Right: Model adapted to the mask



Source: (Martins et al 2017, p.2)

Figure 2: Model simulating asymmetric red reflex



Source: (Martins et al 2017, p.2)

Following investigation of use of the model a questionnaire was administered and completed by 30 student participants, after ethics committee approval of Federal University of São Paulo. The students of the fourth year of medical school of Federal University of São Paulo were randomly selected. All the students signed a consent and were engaged in creating their own model. Ninety-three per cent of respondents identified that playful use of the model increased their interest in the subject and repeated training with the model would contribute to knowledge retention.

Discussion

Recognition and early treatment of amblyopia is critical for good child vision. Eye screening is not done in many children (AAP, 2002). Thus, screening tests should be performed by doctors in primary care settings with early referrals and to eye specialists. The red reflex test can be used to screen amblyopiogenic factors such as anisometropia, strabismus and medium opacity in pre-verbal children. A major advantage of this examination is that it only requires a direct ophthalmoscope. However, the test is difficult to perform on noncompliant patients with small pupils and dark colored retinas.

Complex and difficult screening tests can reduce the confidence in performance of health professionals resulting in less routine use of these tests. We demonstrated that a model in which students participate in its construction and utilization helped in understand the principle of this important screening test. Training is of primary importance to achieve greater sensitivity and specificity with testing. With more confident and better trained healthcare professionals at basic health care facilities, we have the potential for a larger number of children referred early to ophthalmologists, avoiding many of the causes of blindness.

Conclusion

The red reflex test is simple and quick and requires little equipment. But the main determinant of its specificity is the health care professional's learning curve. Consequently, we must carry out training of health professionals and encourage the use of the test on all newborns to detect eye diseases at an early stage, thus possibly preventing visual impairment in many children.

References

- American Academy of Pediatrics, American Association of Pediatric Ophthalmology and Strabismus, and the American Academy of Ophthalmology. (2003a). Eye examination in infants, children, and young adults by pediatricians. *Pediatrics*, *111*, 902-907.
- American Academy of Pediatrics, American Association of Pediatric Ophthalmology and Strabismus, and the American Academy of Ophthalmology. (2003b). Eye examination in infants, children, and young adults by pediatricians: organizational principles to guide and define the child health care system and/or improve the health of all children. *Ophthalmology*, *110*, 860-865.
- American Academy of Pediatrics. (2008). Red reflex examination in neonates, infants, and children. *Pediatrics*, *122*, 1401-1404.
- American Academy of Pediatrics, Section on Ophthalmology. (2002). Red reflex examination in infants and children. *Pediatrics*, *109*, 980 –981.
- Lloyd, I.C., Ashworth, J., Biswas, S., & Abadi, R. V. (2007). Advances in the management of congenital and infantile cataract. *Eye*, *21*, 1301-1309.

3.5 Distribution of Physicians and Ophthalmologists in Brazil and Portugal

Martins TGS, Silva R, Schor P. Acta Med Port 2020 Oct;33(10):635-637. 2019 (SJ): 0.19; Quartile: Q3.

INTRODUÇÃO

Portugal e Brasil são países lusófonos com sistemas de saúde universais e situação econômica distinta. Em Portugal, a constituição estabelece que todos têm direito à proteção da saúde por meio de um Serviço Nacional de Saúde e que cabe ao Estado garantir uma cobertura eficiente de recursos humanos em saúde. No Brasil, de 1960 até 2015, o número de médicos para cada mil habitantes quadruplicou, e o aumento da oferta de postos de trabalho médico devido à expansão do sistema de saúde contribuiu para esse crescimento. Em 2017, o Brasil apresentava uma taxa de 10,2 médicos recém-formados por 100 mil habitantes, a mesma de Portugal e acima dos Estados Unidos (5,5).^{1,2} O objetivo deste artigo é analisar alguns fatores comparativos sobre a distribuição de médicos e oftalmologistas desses dois países.

Distribuição de médicos e oftalmologistas no Brasil

O crescimento do número de vagas e de faculdades gerou aumento do número de médicos formados, mas não foi acompanhado por uma melhoria no nível da qualidade de ensino de acordo com os resultados dos exames promovidos anualmente pelo Conselho Regional de Medicina de São Paulo desde 2005. O exame realizado pelos formandos de 30 das faculdades de medicina do estado de São Paulo avaliadas em 2015 demonstrou que, dos 2726 participantes, 48,13% acertaram menos de 60% das 120 questões. Em sete anos de história, este exame também constatou que 46,7% dos participantes saíram das faculdades mal preparados, sem condições mínimas de exercer Medicina.

A irregularidade na distribuição dos médicos pode ser evidenciada quando determinamos a razão médicos/1000 habitantes em diferentes regiões brasileiras. Os menores valores ocorrem nas regiões Norte (1,16) e Nordeste (1,41), os quais estão abaixo da média nacional de 2,11 médicos por 1000 habitantes. Em contraste, as outras três regiões apresentam médias acima da nacional, como a região Sudeste (2,81).

Em 2018, quando a população do Brasil era de 208 494 000 habitantes, havia 452 801 médicos, o que corresponde a uma razão de 2,17 médicos por mil habitantes. Essa densidade de profissionais é semelhante à de países desenvolvidos como a Inglaterra (2,8 por mil habitantes), Estados Unidos (2,7 por mil habitantes) e Canadá (2,7 por mil habitantes). No Brasil, 55,3% dos médicos e 42% da população estão

situados na região Sudeste, enquanto na região Nordeste encontramos 17,4% dos médicos e 27,8% do total da população brasileira.

Para se comparar regiões e estados quanto à presença e concentração de médicos especialistas usamos a razão especialista/generalista (médico sem título de especialista). Sendo os considerados generalistas os médicos que se formaram na faculdade de medicina e não realizaram o internato.

Em 2018, quando existiam 280 mil especialistas no Brasil, havia 1,67 especialistas para cada generalista. A diferença entre esta razão nos diversos estados pode parecer pouco acentuada, mas o número absoluto de especialistas difere bastante. A maior parte dos médicos especialistas encontram-se na região Sul (2,27) contra a menor concentração na região Norte (1,06). Embora tenha ocorrido um aumento das faculdades de Medicina no interior do país, essas não conseguiram fixar médicos no local onde estudaram. Há que realçar que 43% das vagas de Medicina ainda estão nas capitais.² As distribuições irregulares também podem ser explicadas pela irregularidade na distribuição das vagas de internato. No ano de 2019, o Brasil tinha 56 255 vagas de residência médica por ano, as quais se concentravam em apenas 5% dos municípios brasileiros. A distribuição das vagas de internato acompanha as diferenças sociodemográficas do Brasil: a região Norte apresenta o menor número de programas. Essa oferta é desigual dentro das próprias regiões; na região Sul, por exemplo, apenas 5% dos municípios possuem vagas para formação específica dos internos. Na região Centro-Oeste são 2% dos municípios, e nas regiões Nordeste 3% dos municípios. Essa tendência repete-se na região Sudeste com 7% dos municípios e na região Norte com 4% dos municípios. Isso demonstra a carência e concentração de centros de formação de especialistas médicos no Brasil.³

Os oftalmologistas representam 3,6% de todos os especialistas no Brasil e a sua distribuição desigual é somente o reflexo da distribuição dos médicos. Essa realidade prejudica o atendimento da população com doenças oftalmológicas. De acordo com o censo realizado pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia, apenas 15% dos municípios brasileiros contam com oftalmologistas, ou seja, 85% das localidades - e praticamente um quarto dos 201 milhões de habitantes do país - carecem de assistência oftalmológica. Na região Sudeste vive 42% da população brasileira e 57% dos oftalmologistas, um profissional para cada 8601 habitantes. Nas regiões Sul, Centro-Oeste e Nordeste estão, respectivamente, 15%, 7% e 19% desses

profissionais. Em contraste, no Norte brasileiro há apenas um oftalmologista para cada 30 491 habitantes. Essa relação tem piorado ao longo dos anos, com o aumento da população e a manutenção do número de oftalmologistas na região. Todos os estados do Norte apresentam significativa carência de especialistas, onde trabalham 3,8 % dos oftalmologistas. Catorze municípios concentram 50% de todos os oftalmologistas brasileiros, sendo 10 capitais, três municípios do interior de São Paulo e um do Rio de Janeiro. Noventa e sete por cento dos oftalmologistas trabalham em cidades com mais de 40 mil habitantes. Analisando os censos realizados nos últimos anos pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia nos anos de 2001 e 2014, houve um expressivo aumento do número de oftalmologistas, mas as regiões Norte e Centro-Oeste continuam a apresentar as maiores carências. A proporção de oftalmologistas no Brasil era em 2001 de 1/17 620 habitantes, e em 2014 apresentou uma relação de 1/11 604 habitantes.⁴

A organização hierarquizada do Sistema Único de Saúde (SUS) dificulta ainda mais o atendimento oftalmológico à população brasileira, pois a oftalmologia está situada longe da porta de entrada do sistema. As políticas desenvolvidas pelo Ministério da Saúde colocam o serviço oftalmológico em níveis secundário e terciário de complexidade.

Outra causa da dificuldade de acesso ao atendimento oftalmológico é o número de médicos que trabalham apenas no sistema privado, o que reduz a assistência a grande parte da população dependente do sistema público de saúde. De acordo com os dados do sistema de saúde, 21,6% dos médicos trabalham exclusivamente no setor público e 26,9% só atuam no setor privado. Os demais 51,5%, atuam nas duas esferas, a pública e a privada. A desigualdade de concentração dos médicos a favor do setor privado é grande, quando consideradas as populações cobertas pelo Sistema Único de Saúde (75% da população utiliza exclusivamente o SUS) e pela assistência médica suplementar (25% da população, além do direito ao SUS, têm planos ou seguros de saúde).

A presença de médicos nos centros de saúde e estratégia de saúde da família (23% dos que atuam no setor público estão nessas estruturas, enquanto 51% trabalham em hospitais) pode não ser suficiente para a efetivação dos cuidados de saúde primários como porta de entrada no sistema de saúde. Pior ainda é a situação dos cuidados de saúde secundária e especializada do SUS, no qual atuam menos de

5% dos médicos. A forte atuação de especialistas em consultórios particulares, em contraste com a baixa presença nos ambulatórios do Sistema Único de Saúde, é um grande obstáculo à ampliação, na rede pública, da oferta de assistência médica especializada. De acordo com uma pesquisa realizada entre estudantes do primeiro ano de Medicina em 2018, essa situação permanece inalterada, já que 50,2% desejam trabalhar em consultório particular, enquanto apenas 19,4% desejam trabalhar no SUS.²

Distribuição de médicos e oftalmologistas em Portugal

Em Portugal, existe uma desigualdade menos acentuada na distribuição de médicos com uma relação médico por 10 000 habitantes de 38,7, superior ao número de 18,9 do Brasil.⁵

Em Portugal existe uma assimetria na distribuição de médicos. Há uma concentração de médicos nas zonas do Porto, Coimbra e Lisboa e *défice* em regiões como Alentejo, Algarve e Beira Interior. O Algarve, com 1900 habitantes por médico, é a região que apresenta a menor cobertura.⁶ Outro dado a ter em conta é que cerca de metade dos estudantes de Medicina em Portugal são da área da Grande Lisboa, o que poderá acentuar ainda mais as assimetrias regionais na distribuição de médicos. No que se refere ao acesso a cuidados de saúde, 26% da população já tem um seguro privado de saúde.⁷ Em 2015, quando a população do país era de 10 368 346 habitantes existiam, segundo uma pesquisa realizada pelo Conselho Internacional de Oftalmologia (ICO), 600 oftalmologistas em Portugal, o que corresponde a 57,9 oftalmologistas por milhão de pessoas, com um número de 36,2 oftalmologistas por milhão de pessoas realizando cirurgias de catarata e um número de 50,7 oftalmologistas por milhão de pessoas realizando refração. Comparando com os dados do Brasil, este país apresentava no mesmo período 14 000 oftalmologistas, o que representava 67,4 oftalmologistas por milhão de pessoas, 25,3 oftalmologistas por milhões de pessoas realizando cirurgias de catarata e 58,9 oftalmologistas por milhões de habitantes realizando refração.⁸ A necessidade de atendimento oftalmológico em idosos tem vindo a aumentar em Portugal, já que o país deverá apresentar em 2050 uma percentagem de idosos superior a 35%.⁶ Em 1971, Portugal apresentava uma percentagem de pessoas acima de 65 anos de 9,7 %. Em 2018, essa faixa etária representava 21,7% da população, com um rácio de 157,4 idosos

para cada 100 jovens. A percentagem de oftalmologistas em Portugal relativamente a todos os médicos especialistas baixou de 4 em 1990 para 2,8% em 2018, apesar do aumento do número absoluto de 446 oftalmologistas em 1990 para 1096 em 2018.⁹ Quanto à a distribuição territorial de oftalmologistas em Portugal, apesar do aumento do número absoluto de profissionais em todas regiões entre os anos de 2001 e 2018, a área metropolitana de Lisboa continua a concentrar o maior número de especialistas (44,3%) e a região do Algarve a menor concentração (3,1%), na região continental. Nos Açores e na Ilha da Madeira encontram-se apenas 1 % dos especialistas em oftalmologia.⁹

Comentários finais

Os dados discutidos neste artigo referem-se aos médicos inscritos no Conselho Federal de Medicina no Brasil e na Ordem dos Médicos em Portugal. Apesar de alguns números Brasileiros serem superiores aos Portugueses, isso acaba por não ter impacto no atendimento da população. Isto deve-se a problemas de mobilidade urbana e isolamento desses especialistas face à população necessitada, o que resulta na concentração de especialistas e em diferenças geográficas e organizacionais a nível dos sistemas de saúde. A comparação da realidade nos dois países reforça a ideia de que um simples aumento no número de especialistas não é o suficiente para melhorar a qualidade do atendimento oftalmológico à população. Além disso, Portugal possui um maior investimento em saúde, que passou - 8,4% do PIB em 2000 para 9,0% em 2018, enquanto o Brasil tem um gasto atual de 3,8% do PIB em Saúde (Tabela 1). Essas diferenças em termos de investimentos também pesam na qualidade de atendimento da população.⁹

Tabela 1 - Dados obtidos pelo Conselho Federal de Medicina (2018), Conselho Brasileiro de oftalmologia (2014) e Ordem dos Médicos (2018)^{2,4,9}

	BRASIL	PORTUGAL
Médicos/ mil habitantes	2,18	5,21
Oftalmologista (%de especialistas)	3,6%	2,8%
Região com maior % de oftalmologistas	Sudeste (57%)	Lisboa (44,3%)
Região com menor % de oftalmologistas	Norte (3,8%)	Açores (1%) e ilha da Madeira (1%)
Gasto com saúde	3,8% do PIB	9,0% do PIB

Fonte: (Martins et al 2020, p.3)

REFERÊNCIA

1. Oliveira N, Alaves L. Ensino médico, SUS e início da profissão: como se sente quem está se formando? *Reva Brase Educ Med.* 2011; 35:26-36.
2. Scheffer M, Biancarelli A, Cassenote A. Demografia médica no Brasil 2018. São Paulo: Conselho Federal de Medicina; 2018.
3. Campos V, Fidelis F, Silva P, Teixeira A, Batista A. Recorte demográfico da residência médica brasileira em 2019. *Revista Consensus.* 2019;32.
4. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. Censo oftalmológico 2014 [Internet]. São Paulo (SP): CBO; 2014. [consultado 2015 out 25]. Disponível em <https://www.cbo.net.br/novo/publicacoes/CensoCBO2014.pdf>
5. Organização Mundial de Saúde. Estatísticas Sanitária Mundial. Genebra: OMS; 2012.
6. Correia I, Veiga P. Geographic distribution of physicians in Portugal. *Eur J Health Econ.* 2010; 11:383-93.
7. Campos L. Uma perspectiva sobre o Relatório da OCDE “Health at a Glance 2017”. *Acta Med Port.* 2018; 31:9 -11.
8. Resnikoff S, Lansingh V, Washburn L, Felch W, Gauthier T, Taylor H, et al. Estimated number of ophthalmologists worldwide (International Council of Ophthalmology update): will we meet the needs? *Br J Ophthalmol.* 2020;104:588-92.
9. Fundação Francisco Manuel dos Santos. (2013). *Retrato de Portugal: indicadores 2011*. Paris: PORDATA. [consultado 2020 jan 30]. Disponível em <https://www.pordata.pt/Portugal>.

3.6 Self-supervised retinal thickness prediction enables deep learning from unlabeled data to boost classification of diabetic retinopathy

Holmberg, O.G., Köhler, N.D., Martins, T. *et al. Nat Mach Intell* 2020 2 :719–726.
2019: (JCR) 15 Quartile: Q1

Abstract

Access to large, annotated samples represents a considerable challenge for training accurate deep-learning models in medical imaging. While current leading-edge transfer learning from pre-trained models can help with cases lacking data, it limits design choices, and generally results in the use of unnecessarily large models. We proposed a novel, self-supervised training scheme for obtaining high-quality, pre-trained networks from unlabeled, cross-modal medical imaging data, which will allow for creating accurate and efficient models. We demonstrate this by accurately predicting optical coherence tomography (OCT)-based retinal thickness measurements from simple infrared (IR) fundus images. Subsequently, learned representations outperformed advanced classifiers on a separate diabetic retinopathy classification task in a scenario of scarce training data. Our cross-modal, three-staged scheme effectively replaced 26,343 diabetic retinopathy annotations with 1,009 semantic segmentations on OCT and reached the same classification accuracy using only 25% of fundus images, without any drawbacks, since OCT is not required for predictions. We expect this concept will also apply to other multimodal clinical data-imaging, health records, and genomics data, and be applicable to corresponding sample-starved learning problems.

Main

Ophthalmology is a field that is pioneering artificial intelligence applications in medicine and has recently experienced many promising results that can significantly change the future of eye care. The field has benefited from recent advances in deep learning,^{1,2} particularly in the case of deep convolutional neural networks (CNNs) when applied to large data sets, such as two-dimensional (2D) fundus photography, a low-key imaging technology that captures the back of the eye. These images can be taken using a smartphone and are available in a standardized fashion, often in very large quantities.³ Using data from diabetes screening programs and biobanks, cardiovascular risk factors, presence of diabetic retinopathy, and even gender, can be predicted with a high degree of accuracy.^{4,5,6} More recently, CNNs were applied to three-dimensional optical coherence tomography (OCT) of the retina to segment tissue layers and predict retinal referral decisions.^{7,8} In all these approaches, large data sets

and ever-developing leading edge models from natural image domains have been used, often requiring cumbersome annotations as well as substantial computational complexity. Regarding the widespread clinical use of deep learning, which often needs to be embedded in mobile and on-device applications,⁹ the issue of large-scale samples with expensive annotations, as well as computationally expensive models, must be addressed.

While machine learning concepts, such as transfer learning and domain adaptation, have made significant progress in terms of enabling the use of deep-learning algorithms on smaller data sets,^{10,11} features learned from natural images, such as those in ImageNet,¹² do not necessarily transfer meaningfully to the medical domain, where visual features, resolution, and output targets may differ considerably.⁹ In addition, ImageNet-based model architectures are specifically designed for predicting 1,000 output classes, and are often heavily overparameterized in the context of medical imaging problems.⁹ Natural image features, combined with non-optimal model architectures, inhibit transfer learning from ImageNet for medical image data sets. To address these problems, we believe effective transfer learning, using pre-trained medical data models, is required, along with greater model flexibility. However, a large, annotated medical image data set, comparable to ImageNet dimensions, does not currently exist.

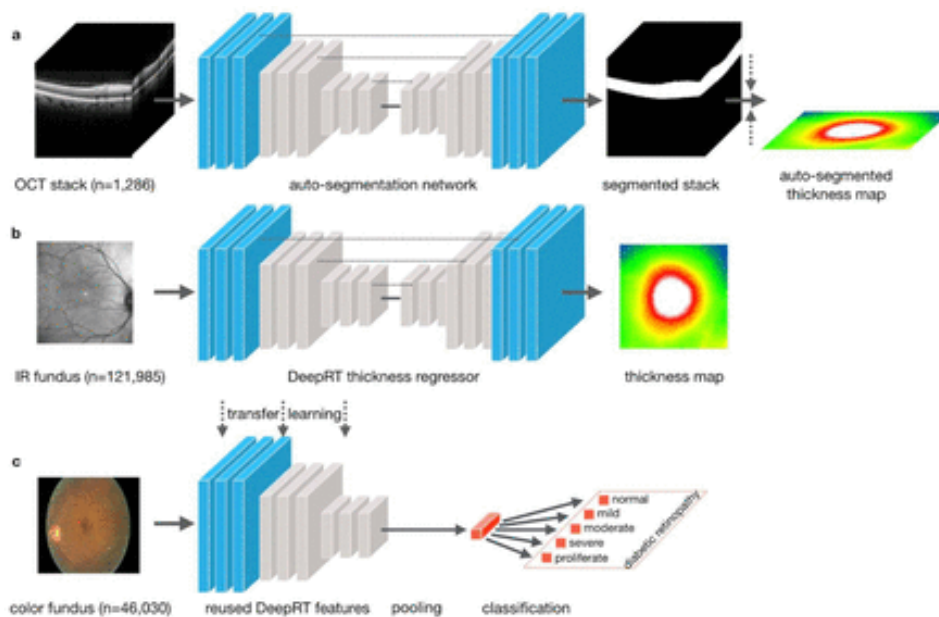
The concept of self-supervised learning (SSL) may offer a solution to this problem. The notion of SSL is to determine useful representations from unlabeled data by solving pretext tasks. A pretext task is an inference problem for which labels can automatically be generated. Through training according to these labels, the model learns to extract relevant (visual) features.¹³ Examples of such an approach include restoring color to grayscale images, predicting correct rotation, or recovering the correct semantic ordering of natural images.^{13,14} Recent SSL approaches using more abstract formulations by, for example, learning context-consistent, patch-wise image representations, indicate that it is possible to match fully supervised ImageNet pre-training performance in effective transfer learning tasks using natural images.¹⁵ Drawing inspiration from recent work on SSL to recover partially masked input signals through the use of multimodal observations,^{16,17} we implemented large-scale cross-modality SSL in the medical domain, while keeping the necessary annotations effort low.

For the successful application of SSL, it is necessary that the chosen pretext task must learn embeddings which are meaningful for the respective downstream tasks. Defining an effective pretext task for medical imaging data is particularly challenging since relevant pathology-related features are often represented through subtle and small-scale phenomena. These render conventional SSL tasks less effective since they are tailored toward the presence of dominant objects in natural images. This also holds true in the field of ophthalmology, where subtle changes in the eye can refer to significant differences. For example, in clinical routine examinations, patients often undergo unnecessary treatment for neovascular age-related macular degeneration (nAMD), using anti-vascular endothelial growth factor (anti-VEGF) medication.¹⁸ The underlying disease is actually macular telangiectasia, a rare retinal disease that resembles nAMD OCT in appearance, but does not respond to this specific treatment.¹⁹ Other subtle and rare retinal changes include retinal angiomatous proliferation or polypoidal choroidal vasculopathy,^{20,21} which is often mistaken for nAMD, thereby preventing the correct treatment. A successful SSL pretext task must ignore an image's large, non-informative aspects and focus on representing disease encoding subtleties.

In this paper, we propose a novel SSL pretext task for medical data in ophthalmology, by encoding shared information between two entirely different high-dimensional medical modalities, namely, OCT and infrared (IR) fundus photography. More specifically, we first extracted fundus retinal thickness maps from co-registered OCT (**Fig. 1a**) with little labeling, then predicted these maps from the IR fundus images directly, using a deep CNN-based model (DeepRT) (**Fig. 1b**). We showed that this SSL pretext task learned a fundus representation containing disease-relevant features, thereby enabling transfer learning, significantly improving downstream disease classification using limited samples. We demonstrated this novel deep-learning pipeline (**Fig. 1**) on a large data set, provided by the Munich University Eye Hospital²² and showed that the OCT-derived retinal thickness map was predicted accurately directly from fundus photography. To evaluate this pretext task, we ensured that the DeepRT learned disease-relevant signals by numeric evaluation and tested our predictions against the ground truth, via a consortium of doctors, within a typical disease screening setting. We then employed the learned feature representations for transfer learning onto a public diabetic retinopathy detection data set (**Fig. 1c**), and

showed that the self-supervised network outperformed both random and ImageNet initializations for diabetic retinopathy classification in a scarce training data scenario, while reducing model size by more than two orders of magnitude.

Figure 1: Cross-modality self-supervision workflow: absorbing physical devices and algorithms into a single neural network learning disease, using relevant features from unlabeled data.
a. Deep learning powered OCT segmentation enabled ground truth retinal thickness maps.
b. Ground truth thickness maps used for cross-modal prediction of retinal thickness directly from fundus images.
c. Features learned in b were transferred to an independent, single modality downstream classification task.



Source: (Holmberg et al 2020, p.5)

Results

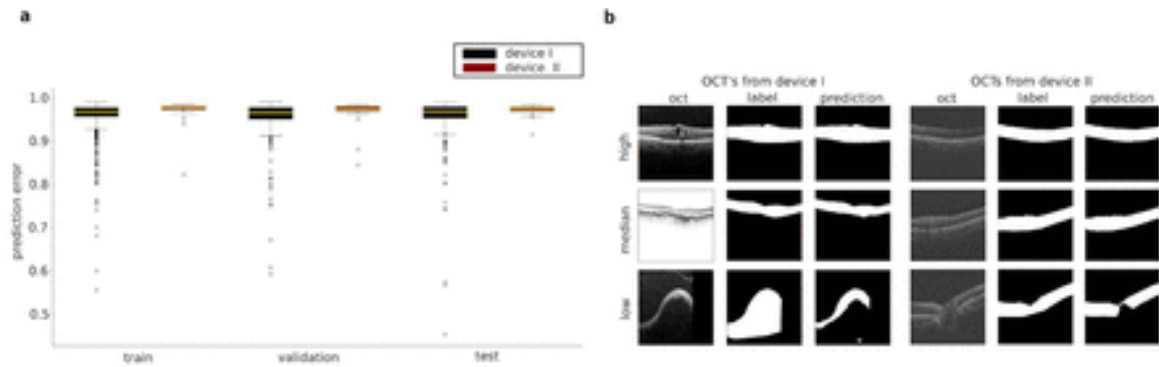
Deep learning allowed for gaining robustly segmented OCT retinal tissue

To prepare training data for the thickness predictor (DeepRT), we set up a U-net based²³ deep-learning system for automatic pixel-wise tissue segmentation (**Fig. 1a**). The algorithm was trained and validated on 1,009, and tested on 277, manually annotated OCT brightness (B)-scans across two different devices, Spectralis²⁴ (device I) and Topcon 3D²⁵ (device II). The algorithm performed according to a high mean intersection over union (IoU)²⁶ of 0.94 on the training, validation, and test set alike (**Fig. 2a**). Examples of segmentations from devices I and II show how the algorithm was able to segment OCTs from different devices with high accuracy (**Fig. 2a, b**). The

algorithm was then applied to segment the total set of 121,985 volume scans, each with a stack of 49 OCT images, from 20,995 unique patients.

Figure 2: Accurate device-agnostic OCT thickness segmentation.

a. IOU scores on training, validation, and test set for device I and II. **b.** Randomly selected OCTs from device I with high (0.98 IoU), low (0.45 IoU), and median (0.97 IoU) performance, and from device II with high (0.98 IoU), low (0.91 IoU), and median (0.97 IoU) performance.



Source: (Holmberg et al 2020, p.6)

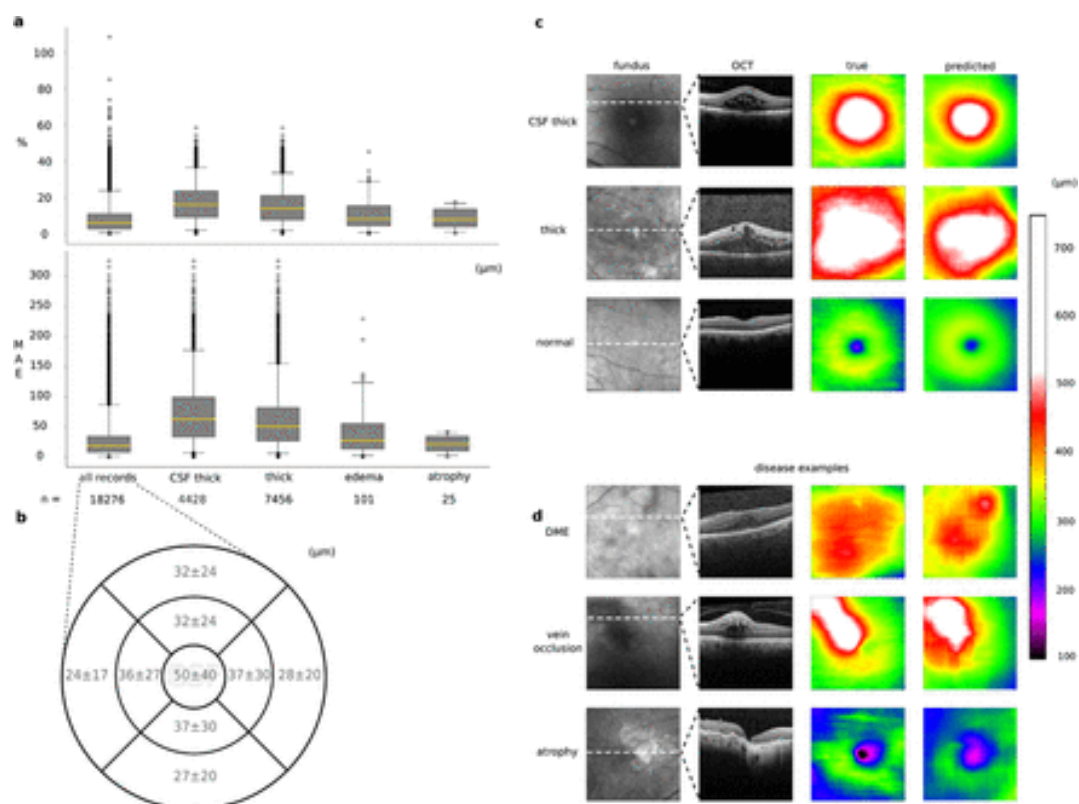
DeepRT accurately predicted high-resolution thickness maps directly from fundus images

Once all OCT scans had been segmented, we set up an SSL pretext task using DeepRT to predict thickness directly from the fundus photographs. To evaluate the DeepRT, we calculated the mean absolute error (MAE) and average deviance percentage on an independent test subset of 17,969 scans. The deviance percentage was calculated as the relative difference, with respect to the ground truth value, for each pixel. The MAE and deviance percentage were presented for all test records, test records with an observed ground truth thickness above $400\ \mu\text{m}$ in the central subfield (CSF) region, or overall thickness map, and for test records, including the known presence of edema or atrophy (**Fig. 3a**). DeepRT's predicted retinal thickness on average with a $33\ \mu\text{m}$ deviation from the ground truth (**Fig. 3a**), which is on average less than 10% deviance with respect to each individual pixel. Thickness maps observing measurements of $400\ \mu\text{m}$ or thicker in the overall or CSF region had MAEs of $50 \pm 27\ \mu\text{m}$ and $61 \pm 32\ \mu\text{m}$, respectively. This corresponded to a 13% and 15% deviance. In addition to pixel-wise validation, we compared the average values over the clinically relevant score that is common in ophthalmology, namely, the nine macular

sectors, based on areas defined in the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)²⁷ (**Fig. 3b**). Finally, we captured thickness information with low percentage deviance, between 5%–10%, and high spatial awareness in cases of normal, as well as pathological, fundus images of diabetic macular edema (DME), vein occlusion and atrophy (**Fig. 3c, d**).

Figure 3: DeepRT consistently predicted retinal thickness across devices based on fundus images.

a. Relative error and MAE plots for all, CSF thick, overall thick, edema, and atrophy test records. b. Spatially resolved errors across the ETDRS grid. c. Examples from the test set showing accurate thickness predictions in relation to OCT segmented thickness maps d. Examples of particular disease profiles found in real world clinical data.



Source: (Holmberg et al 2020, p.7)

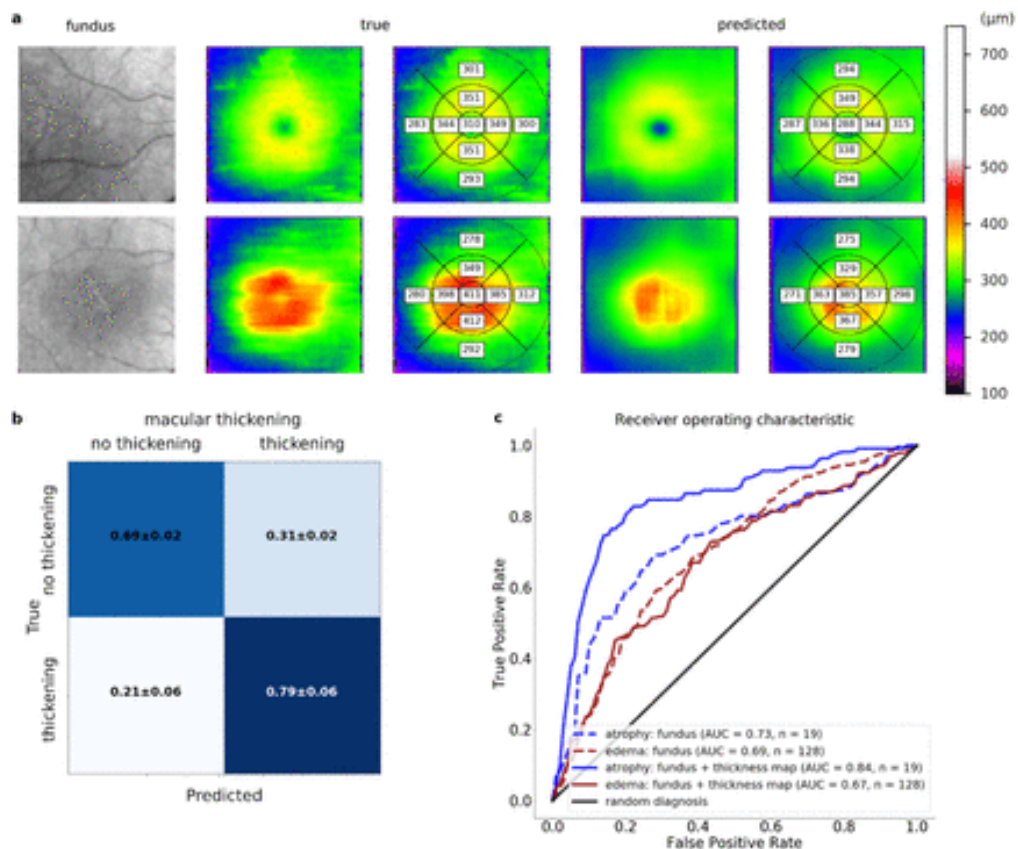
Clinical decision supported by predicted thickness

For additional evaluation of whether DeepRT learned disease-relevant representations, in addition to the standalone utility of the predicted thickness maps, we presented 261 randomly selected examples, actual and predicted, and employing various thickness profiles, to three retinal specialists (J.S., T.H., and T.M.), who were tasked with classifying the presence of macular thickening (**Fig. 4a**). These specialists were randomly shown real and predicted thickness maps, individually for each patient,

and the information that two maps belonged to the same patient was not disclosed. On $79\% \pm 6\%$ of the maps, the specialists all came to the same conclusion for both true and predicted maps, with regard to detecting thickening, and on $69\% \pm 2\%$ for non-thickened retinas (**Fig. 4b**). For examples of true and predicted thickness maps causing different outcomes see supplementary information. Inter-doctor alignment rate was $89\% \pm 6\%$ in the case of macular thickening; that is, on average, in 10% of cases, the predicted thickness maps caused the specialists to reach different conclusions than from the OCT-based ground truth. Finally, we asked the specialists to evaluate 261 patient records for detectable edema and atrophy using only the fundus, or the fundus and predicted thickness map available. The association was then modeled using a linear mixed effect model, accounting for each specialist as a covariate (see methods section). The ground truth diagnosis, the so-called *gold standard*, was determined using full OCT scans alongside fundus images, as well as patient history available at the eye clinic, and noted in electronic medical records. Macular thickening was defined if the central retinal thickness (CRT) in OCT was more than $400\ \mu\text{m}$, and atrophy if the CRT was lower than $250\ \mu\text{m}$. The resulting per class receiver operating characteristic (ROC) curve showed a higher area under the curve (AUC), detecting atrophy when the specialists had access to the predicted thickness map, which was not the case for detecting edema, where the AUCs were roughly the same (**Fig. 4c**).

Figure 4: Inferring the gold standard from answers with or without access to a predicted thickness map, demonstrating that the proposed method increased the diagnostic capability of physicians.

a. Example of true and predicted thickness maps given to specialists for determining the presence of macular thickening, edema, or atrophy. **b.** Alignment rates between true and predicted thickness maps when detecting macular thickening. **c.** ROC-curve for the mixed model, inferring the gold standard from answers, with or without access to a predicted thickness map.



Source: (Holmberg et al 2020, p.8)

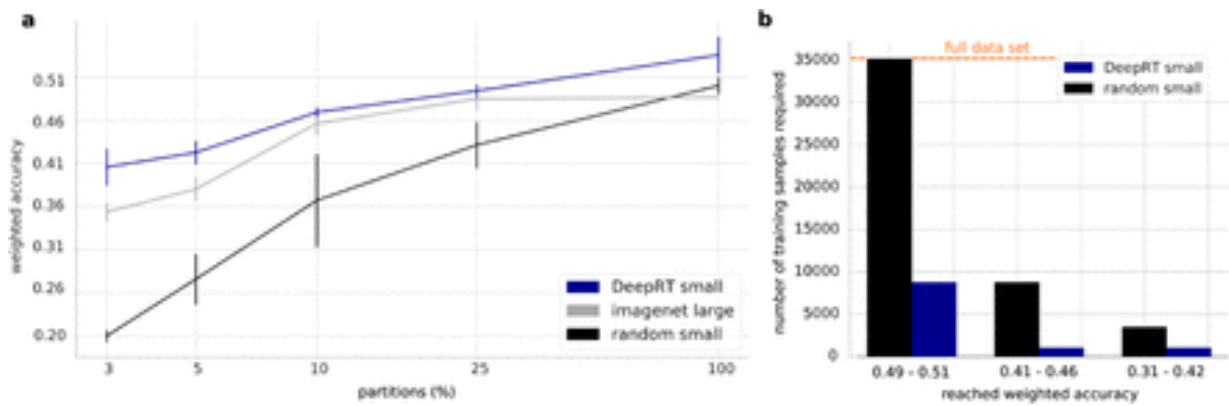
Self-supervised learning improved training and test performance in the context of classifying diabetic retinopathy

To address our original hypothesis, i.e., that SSL may lower the need for annotated samples in ophthalmology, we studied the effect of transferring weights learned in the DeepRT encoder to classify diabetic retinopathy on fundus images in an independent cohort of patients. The DeepRT thickness prediction allows flexible network design choices and is herein constructed as a ~ 125,000 parameter model, which is extremely lightweight compared to the full ResNet50 of ~23 million parameters. As the heavily parametrized ImageNet models, optimized for the natural image's domain, render transfer learning onto medical data sets inherently inhibitive,

this flexibility is an important feature of the DeepRT SSL pretext task and enables optimal medical task model design. To evaluate the DeepRT initialization, we repeated training five times with random and DeepRT initializations of the small CNN architecture against a state-of-the-art Imagenet pretrained Resnet50 (CNN), using a Kaggle diabetic retinopathy data set provided by EyePACS,²⁸ a free platform for retinopathy screening. We used the initial 35,124 training images and an independent public test data set of 10,906 images. Furthermore, to evaluate the more realistic and lighter sample setting, the above procedure was repeated on five data partitions, each excluding parts of the data, thus reducing the data set size to 25%, 10%, 5%, and 3% of the original set, stratified by class. For evaluation, we used weighted accuracy as a primary metric. Furthermore, weighted binary precision and recall, cohens quadratic kappa as well as cross entropy was observed (see supplementary information). Following extensive hyper parameter comparison, we found that the DeepRT-initialized model outperformed other initializations, particularly on the smaller partitions, against both the random lightweight and the ResNet50 ImageNet initialized models (**Fig. 5a**). Additionally, given its ideal lightweight architecture, the DeepRT initialization only needed 8,781 labeled examples (25%) to reach the same weighted accuracy, compared to when the equivalent model was randomly initialized, effectively replacing 26,343 annotated color fundus photographs. Across all partitions, the DeepRT initialization required substantially fewer annotated examples than the standard random initialization (**Fig. 5b**).

Figure 5: Self-supervised learning reduced annotated sample need four-fold.

a. Average weighted accuracy and error bars displaying inter-model standard deviation across five models, trained on each partition, displayed on x axis in logarithmic scale, for random, ImageNet, and DeepRT initialization. b. Required number of annotated examples for achieved weighted accuracies of a random classifier as read from panel a, and corresponding number of samples needed for the DeepRT initialization to achieve the same result.



Source: (Holmberg et al 2020, p.9)

Discussion

We showed how the presence of multimodal information, namely OCT and fundus IR images, can be exploited to reduce labeling efforts greatly, in a bid to achieve high accuracy on the downstream task of diabetic retinopathy classification. In our cross-modal approach, we used the fact that different medical signals can be learned from different modalities with varying difficulty. In the case of OCT, retinal thickness was directly extractable by training an efficient, leading-edge, U-net-based architecture to segment the retinal layer. The 1,009 annotations necessary for model training were generated in less than one week of annotation effort for a single clinician, after which the model reached a high mIoU of 0.94, allowing for the complete automated set-up of the efficient DeepRT SSL pretext task.

Since the SSL's effectiveness depends on DeepRT's capability to learn disease-relevant features, multiple evaluations of the predicted thickness maps were made. While small numerical differences (**Fig. 3a**) serve as a good indication of successful learning, they do not directly indicate to what degree DeepRT predictions can substitute for OCT-calculated thickness maps, arguably the most important goal, or test whether DeepRT has learned the variations in the fundus that encode the

pathology-relevant thickness information from the OCT. To do this, we proceeded to evaluate our predictions in a typical screening setting to determine whether trained clinicians observed the same pathologies in predicted and ground truth thickness maps (**Fig. 4**). Our specialists achieved a high ($79\% \pm 6\%$) alignment rate between predictions and ground truth maps when detecting macular thickening, particularly considering the inter-doctor variance of $89\% \pm 6\%$. Together with numerical evaluation (**Fig. 3**), the DeepRT proved its ability to capture disease-relevant features in most cases (**Fig. 4b**). Furthermore, when analyzing the standalone utility of our thickness maps, providing our panelists with the fundus only or fundus and predicted thickness map, we observed a considerable improvement in detecting atrophy in the retina (**Fig. 4c**). Depending on the cause, atrophy of the fundus is often non-trivial to observe. This is particularly true in generally reduced nerve fiber layer atrophy, as observed in neural degeneration or glaucoma. DeepRT thickness maps can help identify patients with these diseases since they can represent both pathologically thick and thin examples from fundus images. Surprisingly, specialists were able to detect edema, or lack thereof, from fundus photographs only; adding a thickness map did not make a difference in this regard. Thickness maps would be less important in long-standing edema, which create characteristic changes in the retina and therefore could be visible in the fundus. However, subtle edemas are difficult to identify in fundus imaging only. Our results indicate that a large part of retinal thickness information is encoded in both modalities (OCT and IR fundus) (**Fig. 4c**)

In the final stage of this work (**Fig. 1c**), we showed that learning this shared, cross-modal information in a self-supervised manner is an effective approach for initializing a diabetic retinopathy classification model using color fundus images. Remarkably, our self-supervised network steadily outperformed random and ImageNet initializations by a significant margin, despite the fact that the model was derived from training on small-field-of-view infrared images (**Fig. 5a**). With only 25% of the training data, the DeepRT-initialized algorithm nearly recovered the full weighted accuracy reached, compared to training conducted on the complete data set, reducing labeling efforts by a factor of four. Specifically, we showed that the proposed three-stage process can replace 26,343 expert diabetic retinopathy annotations (**Fig. 5b**) over an equivalent, randomly initialized model, with 1,009 relatively simplistic semantic OCT annotations, which medical staff trained at a lower level can achieve accurately. In addition, the process

also reached an even higher classification accuracy than leading-edge transfer learning from ImageNet, while allowing a 200-fold decrease in model size, which is critical for the mobile and on-device applications that are often necessary for deploying deep-learning models in real scenarios. These results are supported by work in the research community, which indicates that, in medical imaging, features of interest are often subtle, represented within small areas, and therefore difficult to discover. Furthermore, model architectures suitable for medical imaging problems appeared to be considerably different from those used on ImageNet, making general features and models learned from natural images less useful for increasing medical data efficiency.⁹

Our model training strategy includes two other benefits over most multimodal approaches,^{29,30} which are typically structured around absorbing multiple modalities in a single model, in order to improve classification accuracy. First, although our training strategy relied heavily on multimodal data sources, it used only OCT information for pre-training purposes. The final model operated completely independently of OCT data at inference time; that is, we did not require an OCT measurement as input for the final diabetic retinopathy prediction model, which operates on a single-color fundus image. This presents the benefit that our training strategy does not present additional complexities for clinical application (e.g., data fusion, missing data, and increased runtime), which are associated with multimodal modeling approaches. Second, we were able to learn from disjointed data sources, in the sense that we were able to effectively use patient OCT information to improve color fundus models on a completely different data set, with no patient overlap. We expect that this indirect use of multimodal patient information in the form of self-supervision will be particularly useful for deep learning in the medical domain, where multiple measurement modalities, coupled with disjointed patient groups, render simultaneous inclusion in shared models impossible and, as a result, exclude important studies and data sets.

Study limitations and future outlook

Cross-modal, self-supervised pre-training incorporates medical knowledge and intuition in the form of the regression of retinal thickness, which is known to reflect a large portion of the relevant pathology for diabetic retinopathy. While incorporating this medical prior is one of the method's core strengths, it also limits the method's general transferability to similar medical challenges with limited existing knowledge since the

procedure requires extensive collaboration between medical staff and software engineers to conceptualize, implement, and evaluate a suitable pretext task. Furthermore, we only evaluated a single pretext task in this work. Cross-modal self-supervision between the fundus and OCT modality offers several possible extensions. For example, to additionally predict other OCT quantifiable clinical features such as epiretinal membrane detachments, directly from fundus photographs, could improve the effectiveness of capturing disease-relevant features. Further, new methods such as Cycle-Consistent Adversarial Networks³¹, have shown great success in image-to-image translation and could be applied to OCT and fundus pairs, potentially enabling even more effective self-supervised learning. Finally, recent progress on guided model architecture design has enabled more efficient models to be trained on natural images.³² These models were not evaluated in this work nor in previous studies on transfer learning onto medical images.⁹ Guided model design could offer additional efficiency gains from both Imagenet and medical SSL pre-training, enabling smaller and more accurate models on medical data.

Online methods

In the next section, we explain the primary method-related information for this project. First, a brief explanation of the OCT and fundus image modality in ophthalmic practice is presented. Then, we explain the data sets, followed by the implemented algorithms.

OCT and fundus images

Optical coherence tomography is a three-dimensional (3D) volumetric imaging technique that measures the reflection of infrared light in human tissue at a spatial resolution of less than 5 μm .³³ A typical OCT examination yields an infrared image of the patient's fundus and an accompanying co-registered stack of OCT images, providing a 3D view of the patient's retinal morphology. This tomographic information is used to compute retinal thickness maps, which provide retinal experts and ophthalmologists with important information about pathologies and abnormalities in the eyes of their patients. Variations in this imaging modality are key to distinguishing and

classifying various forms of macular diseases.^{34–37} Due to the high-resolution tomographic view provided by OCT, the fundus and OCT pair are routinely obtained at specialized eye clinics today; therefore, this information exists in large volumes.

Tissue segmentation data set

The tissue segmentation data set comprised 1,286 OCT B-scans; 1,066 of the scans were obtained from the LMU eye clinic's standard Spectralis OCT device, where each scan was selected from a different patient and annotated by a team of four doctors using an open source software called LabelMe (v3.16.1).³⁸ Additionally, 110 publicly available OCT images were obtained from the Duke Enterprise Data Unified Content Explorer³⁹ and from Golabbakhsh et al. (2013),⁴⁰ respectively, all with provided annotations. The Duke repository OCTs were also obtained using standard Spectralis OCT, while for Golabbakhsh et al the Topcon 3D OCT-1000 device was used. The images were randomly split into 744 training, 265 validation, and 277 test images, with no patient overlap.

Thickness prediction data set

The LMU eye clinic data set consisted of fundus and OCT pairs of 121,985 eyes, from 20,995 unique patients, generated from patient visits between 2012–09–24 and 2018–12–04. After filtering out faulty and too-low-quality records (see supplementary data), the data set consisted of 96,824 OCT volumes from 19,812 unique patients. These were segmented, superimposed, and linearly interpolated for thickness map calculation (see supplementary data). The DeepRT was then trained and evaluated using the 96,824 filtered fundus and thickness map pairs.

Screening evaluation data set

The screening evaluation data set comprised OCT scans of 261 different patients, which were randomly selected according to the following criteria: only one eye from each patient could be included. Additionally, OCT scans of all diagnoses were included. Half of all scans showed no pathological changes, whereas the other half showed pathologies. Scans with thickening were overrepresented since this feature is

more common. The data set was then analyzed by one clinician (K.U.K.) for correct alignment, and the correct category was decided on (normal, thickened, or atrophic).

Kaggle diabetic retinopathy data set

The public diabetic retinopathy data set used for transfer learning (**Fig. 1c**) was taken from a previous Kaggle competition.²⁸ The data set consisted of 35,126 color fundus images for training, and 10,906 images from the public test set for evaluation. The images were classified into five different stages of diabetic retinopathy: 0: none; 1: mild; 2: moderate; 3: severe; 4: proliferative diabetic retinopathy.⁴¹

Tissue segmentation algorithm

Where tissue segmentation was concerned, a U-net architecture neural network was used, as in Ronneberger et al. (2015),²³ with batch normalization and rectified linear unit activations after each convolutional layer, and added drop-out after each max pooling layer. As thickness information is easily extractable from the OCT modality, standard training configurations and preprocessing were used (see supplementary technical notes).

DeepRT algorithm

The DeepRT network was modeled as a deep pixel-wise regression network. It consisted of an encoder and a decoder (**Fig. 1b**), the former a lightweight ~ 125,000 parameter model consisting of six units, each with two residual blocks containing skip connections, created with transfer learning for medical image tasks in mind. The decoder was a regular decoder, similar to a structure using coupled de-convolutional processes and sets of convolutional operations to process and increase data to input size (see supplementary technical notes).

Linear mixed effect model

The responses from specialists detecting edema, atrophy, and/or normal patient records (**Fig. 4c**) were modeled using a linear mixed effect model. This is a logistic regression model in which the specialist is modeled as a covariate. Thus, each answer and specialist were considered covariates, and the outcome was gold standard values.

This was subsequently modeled for all records where the gold standard was determined as edema, atrophy, or normal, as well as for fundus and fundus with predicted thickness map, individually.

Kaggle diabetic retinopathy detection (DRD) transfer learning

When transferring the DeepRT weights, and benchmarking against random and ImageNet initializations, DeepRT and randomly initialized models were lightweight (~125,000 parameter) compared to ImageNet ResNet50 (~23 million parameter) models. During training, images were preprocessed using Gaussian blurring (sigma parameter 10), circle cropping, channel wise mean subtraction, and intensity standard deviance scaling, calculated from the training data. Images were augmented by random flipping and rotation, hyperparameter optimization of learning rates, learning rate decay schedules, and individual momentum for each configuration. Training was stopped manually inspecting loss convergence.

Acknowledgements

We thank the administrative teams at Helmholtz Zentrum Munich and LMU's University Hospital (LMU-UH) for the fast data-sharing agreement. LMU-UH data protection officer G. Meyer for constructive and fast approval of data processing. We acknowledge the previous work of M. Müller for setting-up and maintaining the data warehouse at LMU-UH, A. Anschütz for its continuation. R. Wolff and A. Babenko for creating the electronic medical records in our hospital and C. Kern for the medical oversight. M. Rohm and I. Manakov for fruitful discussions on our data.

Footnotes

- Figure 5a has been changed to show a log scale on the x-axis. Fig 5b has been updated to show binned values on the x-axis. The discussion has been extended. Additional supplement figure has been added.

References

1. Ting, D. S. W. et al. Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. *Br. J. Ophthalmol.* **103**, 167–175 (2019).
2. Schmidt-Erfurth, U., Sadeghipour, A., Gerendas, B. S., Waldstein, S. M. & Bogunović, H. Artificial intelligence in retina. *Prog. Retin. Eye Res.* **67**, 1–29 (2018).
3. Rajalakshmi, R. et al. Validation of Smartphone Based Retinal Photography for Diabetic Retinopathy Screening. *PLoS One* **10**, e0138285 (2015).

4. Ting, D. S. W. et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images from Multiethnic Populations with Diabetes. *JAMA* **318**, 2211–2223 (2017).
5. Poplin, R. et al. Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning. *Nat Biomed Eng* **2**, 158–164 (2018).
6. Gulshan, V. et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA* **316**, 2402–2410 (2016).
7. De Fauw, J. et al. Clinically applicable deep learning for diagnosis and referral in retinal disease. *Nat. Med.* **24**, 1342–1350 (2018).
8. Schlegl, T. et al. Fully Automated Detection and Quantification of Macular Fluid in OCT Using Deep Learning. *Ophthalmology* **125**, 549–558 (2018).
9. Raghu, M., Zhang, C., Kleinberg, J. & Bengio, S. Transfusion: Understanding Transfer Learning for Medical Imaging. *arXiv [cs.CV]* (2019).
10. Bengio, Y. Deep learning of representations for unsupervised and transfer learning. in *Proceedings of ICML workshop on unsupervised and transfer learning* 17–36 (2012).
11. Ghahramani, Z., Welling, M., Cortes, C., Lawrence, N. D. & Weinberger, K. Q. Yosinski, J., Clune, J., Bengio, Y. & Lipson, H. How transferable are features in deep neural networks? in *Advances in Neural Information Processing Systems* 27 (eds. Ghahramani, Z., Welling, M., Cortes, C., Lawrence, N. D. & Weinberger, K. Q.) 3320–3328 (Curran Associates, Inc., 2014).
12. Deng, J. et al. ImageNet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2009). doi: 10.1109/cvprw.2009.5206848.
13. Jing, L. & Tian, Y. Self-supervised Visual Feature Learning with Deep Neural Networks: A Survey. *arXiv [cs.CV]* (2019).
14. Pathak, D., Krahenbuhl, P., Donahue, J., Darrell, T. & Efros, A. A. Context Encoders: Feature Learning by Inpainting. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (2016). doi:10.1109/cvpr.2016.278
15. Hénaff, O. J., Razavi, A., Doersch, C., Ali Eslami, S. M. & van den Oord, A. Data-Efficient Image Recognition with Contrastive Predictive Coding. *arXiv [cs.CV]* (2019).
16. Arandjelovic, R. & Zisserman, A. Look, listen and learn. in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision* 609–617 (2017).
17. Sayed, N., Brattoli, B. & Ommer, B. Cross and Learn: Cross-Modal Self-supervision. in *Pattern Recognition* 228–243 (Springer International Publishing, 2019).
18. Rosenfeld, P. J. et al. Ranibizumab for neovascular age-related macular degeneration. *N. Engl. J. Med.* **355**, 1419–1431 (2006).
19. Charbel Issa, P. et al. Macular telangiectasia type 2. *Prog. Retin. Eye Res.* **34**, 49–77 (2013).
20. Freund, K. B. et al. Type 3 neovascularization: the expanded spectrum of retinal angiomatous proliferation. *Retina* **28**, 201–211 (2008).
21. Cheung, C. M. G. et al. IMPROVED DETECTION AND DIAGNOSIS OF POLYPOIDAL CHOROIDAL VASCULOPATHY USING A COMBINATION OF OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY AND OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY ANGIOGRAPHY. *Retina* **39**, 1655–1663 (2019).

22. Kortüm, K. U. et al. Using Electronic Health Records to Build an Ophthalmologic Data Warehouse and Visualize Patients' Data. *Am. J. Ophthalmol.* **178**, 84–93 (2017).
23. Ronneberger, O., Fischer, P. & Brox, T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. in *Lecture Notes in Computer Science* 234–241 (2015).
24. Grover, S., Murthy, R. K., Brar, V. S. & Chalam, K. V. Normative data for macular thickness by high-definition spectral-domain optical coherence tomography (spectralis). *Am. J. Ophthalmol.* **148**, 266–271 (2009).
25. Menke, M. N., Dabov, S., Knecht, P. & Sturm, V. Reproducibility of retinal thickness measurements in patients with age-related macular degeneration using 3D Fourier-domain optical coherence tomography (OCT) (Topcon 3D-OCT 1000). *Acta Ophthalmol.* **89**, 346–351 (2011).
26. Levandowsky, M. & Winter, D. Distance between sets. *Nature* (1971).
27. Treatment techniques and clinical guidelines for photocoagulation of diabetic macular edema. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Report Number 2. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. *Ophthalmology* **94**, 761–774 (1987).
28. Kaggle Diabetic Retinopathy Detection competition. <https://www.kaggle.com/c/diabetic-retinopathy-detection>
29. Ngiam, J. et al. Multimodal deep learning. in *Proceedings of the 28th international conference on machine learning (ICML-11)* 689–696 (2011).
30. Baltrusaitis, T., Ahuja, C. & Morency, L.-P. Multimodal Machine Learning: A Survey and Taxonomy. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* **41**, 423–443 (2019).
31. Zhu, J.-Y., Park, T., Isola, P. & Efros, A. A. Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks. in *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* 2223–2232 (2017).
32. Tan, M. & Le, Q. V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. *arXiv [cs.LG]* (2019).
33. Huang, D. et al. Optical coherence tomography. *Science* **254**, 1178–1181 (1991).
34. van Dijk HW, et al. Selective loss of inner retinal layer thickness in type 1 diabetic patients with minimal diabetic retinopathy. - PubMed - NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19151397>.
35. Freeman SR, et al. Optical coherence tomography-raster scanning and manual segmentation in determining drusen volume in age-related macular degeneration. - PubMed - NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19952989>.
36. D, C. D. & Somfai, G. M. Early detection of retinal thickness changes in diabetes using Optical Coherence Tomography. - PubMed - NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20190693>
37. Arichika S, et al. Correlation between thickening of the inner and outer retina and visual acuity in patients with epiretinal membrane. - PubMed - NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19952992>
38. Wada, K. labelme: Image Polygonal Annotation with Python. <https://github.com/wkentaro/labelme>. (2016).
39. Horvath, M. M. et al. Modular design, application architecture, and usage of a self-service model for enterprise data delivery: The Duke Enterprise Data Unified Content Explorer (DEDUCE). *J. Biomed. Inform.* **52**, 231–242 (2014).

40. Golabbakhsh, M. & Rabbani, H. Vessel-based registration of fundus and optical coherence tomography projection images of retina using a quadratic registration model. *IET Image Processing* vol. **7**, 768–776 (2013).
41. Wu, L., Fernandez-Loaiza, P. & Sauma, J. Classification of diabetic retinopathy and diabetic macular edema. *World journal of* (2013)

3.7 New direct and indirect ophthalmology teaching methodology for veterinary doctors: teaching tip

Martins TGS, Schor P, Stuchi JA, Fowler SB. *J Vet Med Educ.* 2020;47(3):249. 2019 (SJR): 0.58; Quartile: Q2

ABSTRACT

Ophthalmic diseases can reflect the presence of systemic diseases in animals. Thus, the technique of fundus examination must be mastered by the specialist in veterinary medicine. In order to help the acquirement of this skill, we developed a teaching methodology using low-cost models that can be built by the students themselves and a device that allow the examination of the retina of animals to teach the techniques of direct and indirect ophthalmoscopy in veterinary medicine.

Keywords; optics, ophthalmology, ophthalmoscope, teaching method

INTRODUCTION

Abnormalities found in routine ophthalmic examination may reflect the presence of treatable systemic diseases in animals, leading to an early diagnosis and treatment. Because of the inability to communicate and the absence of marked ophthalmologic signs in most animals, periodic examinations are important to assess and detect potential health conditions.¹

The ophthalmological examination performed by the veterinarian aims at the early diagnosis and treatment of ophthalmic and systemic diseases, however, it is difficult to be performed effectively.² Several studies, over the years, have shown a high incidence of eye problems in animals, mainly associated with increased life expectancy.³ Dogs stand out as one of the species with the highest prevalence of ophthalmic diseases, compared to the other species, which include cats and livestock species.⁴

Ophthalmoscopy is one of the most difficult routine procedures for the veterinarian.⁵ It is important to highlight that there is a variation in the normal aspect of the exam among the dogs, which makes it harder to learn and to correctly interpret the exam.⁶⁻⁸ Not all dogs require an eye examination, but it should be performed on all animals that have visual disturbances or systemic diseases with ocular involvement.⁹ In assessing the animal's retina, we should observe the vascular changes, size and color of the optic disc, but as dogs have a large number of normal variations compared to other animals, there is a difficulty in diagnosing and learning about ophthalmological changes.⁵⁻¹⁰

Traditionally, there are two methods to examine the fundus: direct and indirect ophthalmoscopy.⁹ The indirect ophthalmoscopy provides a wider field of view when compared to direct ophthalmoscopy. In clinical ophthalmology, direct and indirect methods complement each other, making the mastery of both methods important in ophthalmological research.¹¹

Direct ophthalmoscopy

The direct ophthalmoscope was developed in 1850 by Hermann von Helmholtz.¹² The discovery helped establish an important connection between ophthalmology and other medical specialties. Direct ophthalmoscopy is the modality that veterinarians are most familiar with for examination of the animals' retinas.⁵

The basic principle of direct ophthalmoscopy is a light source directed to the individual's eye and a viewing hole, with a circular series of convex and concave lenses (in diopters), which serve to focus the retinal image. The device enables the view of the inner surface of the eye with a magnification of 15 times in a restricted field of view of 10 to 15 degrees, making it difficult to assess the periphery of the retina.² The device has lenses that will correct the refractive error of the animal's eye and the examiner. During the examination, the examiner uses only one eye, which does not allow an evaluation in three dimensions of the retina.¹³

It is called a direct ophthalmoscope, as it provides a direct and vertical image of the fundus, instead of a virtual and inverted image, such as that provided by the indirect ophthalmoscope.¹¹ In collaborative human patients the direct ophthalmoscopy can provide a good examination of the retina. However, in veterinary medicine, the small field of view often means that areas of the peripheral retina are not usually examined.⁹ Ideally, to avoid interference between the examiner and the animal's nose, the operator's right eye is used to examine the animal's right eye, and vice versa. It should be performed as close as possible to the dog's eye to reveal a larger area of the retina. In addition, 10 and 20 diopter lenses can be used to obtain a better view of the lens, cornea, and adnexa.

One of the difficulties inherent in veterinary ophthalmoscopy is the lack of cooperation and constant movement by the animal, causing the image of the fundus to be frequently lost. The quickest method of regaining alignment with the animal's pupil is to move back to the initial 25-30 cm to locate the retinal reflex. The alignment

of the light source is critical because the retina is only seen when the illuminated area and observed retinal area of the fundus coincide. The examination may be hampered by opaque media, such as cataracts, corneal opacity, and vitreous hemorrhages.

Indirect ophthalmoscopy

Indirect ophthalmoscopy consists in the use of an appropriate light source and a convex lens (typically 20 to 30 diopters) placed between the observer's eye and the animal's eye, with the formation of an inverted virtual image of the ocular fundus.⁵ This examination modality provides a magnification of 3.5 times, and since both of the examiner's eyes are being used, there is a possibility of depth perception.

Magnification depends on the focal length or dioptric power of the lens. Higher powered lenses provide a wider field of view, but a less enlarged image.⁹ With the lenses normally used in veterinary medicine, the magnification is always smaller and the field of view larger than that achieved with the use of a direct ophthalmoscope. Therefore, indirect ophthalmoscopy is the preferred method for examining the ocular fundus of the dog or cat in routine consultation, as it allows the examination of a larger area of the retina, being faster and more complete.¹⁴

The image produced by the indirect ophthalmoscopy is inverted, which can make it initially harder to precisely locate possible lesions.¹⁵ The lens must be held with the thumb and index finger, leaving the others free to move the animal's eyelid. The convex surface must face the viewer to obtain the best image. The positioning of the lens is the most important part of the technique and the axis of the lens must be at the same level as the pupil of the animal. The lens should be positioned parallel to the iris and without tilting to obtain an image of the retina. The back of the eye should appear as a virtual image in front of the lens and the image appears inverted.¹⁴ To adequately perform indirect ophthalmoscopy, it is important to have a dark room and well dilated pupils. It may be required to have help from other people who can hold the animal and stabilize the head while the examiner manipulates the lens and light source. Some veterinarian ophthalmologists consider it very important for the students to be able to perform a direct ophthalmoscopy since the direct ophthalmoscope is widely available and easier to use whenever help to hold the animal is not available.

Thus, to avoid an underdiagnosis of ophthalmic diseases, largely due to the lack of perception by the pet's owner but also the vet's lack of observation during routine

consultations, we decided to create a study methodology that teaches the veterinarian about physical principles direct and indirect ophthalmoscopy examination, in addition to the use of devices in different degrees of difficulty.

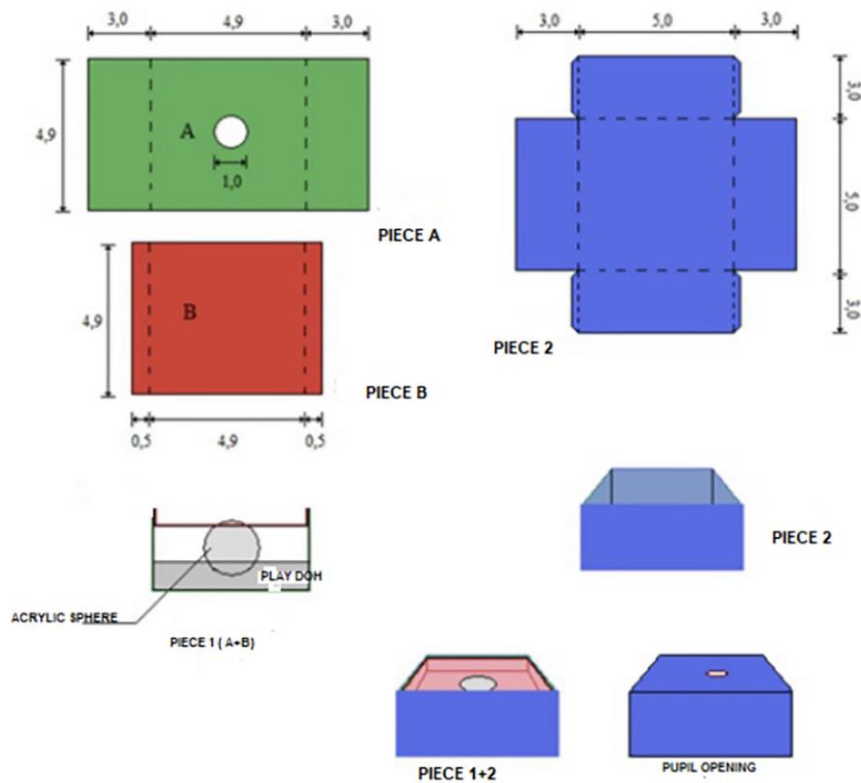
Stage 1: Development of the teaching model

Use of a teaching model

The use of teaching models began in the Roman era for training military personnel. In the modern era, the use of simulators is very common for training pilots and has been used more and more in the teaching of medicine.¹⁶ There are countless types of simulation, such as mannequins, based on computation and virtual reality. To improve the understanding of the physical aspects and training of the fundus examination, we encourage the construction of a low-cost model. The use of simulation techniques allows the student to acquire varied skills, repeating the diagnostic procedure as many times as necessary until reaching the mastery stage. The execution of the task can be observed so that the necessary corrections are made immediately, and the student receives direct assessment on their performance. The simulated reality allows the learner to develop skills at their own pace, not restricting the continuation of experience to the period of the regular class, allowing for greater interaction and thus allowing the active participation of the student. The use of simulators is not only important for teaching veterinary medicine students, but also for continuing medical education of currently practicing vets. The use of simulators reduces the risk of complications during visits.^{17,18} During simulated training, we can define the skills we want the student to have knowledge of and demonstrate the progress the student has made before training with animals.

The model developed aims to simulate a low-cost eye that can be built by anyone. It consists of a transparent acrylic sphere, inside a box made with cardboard with an opening simulating the pupil. The acrylic sphere simulates the ocular lenses (cornea and lens). Photographs placed inside the model simulate retinal lesions that can be taught to students. Different images can be placed behind the sphere, and the pupil size can also vary according to the need. (see Figure 1)

Figure 1. The model built with cardboard, play-doh, and an acrylic sphere. Play-doh is used to hold the acrylic sphere



Source: (Martins et al 2020, p.7)

The light from the ophthalmoscope that penetrates the model undergoes refraction on an internal face of the acrylic sphere, converging to a single point where the high definition (900 dpi) 1 square centimeter retinal photograph is placed for training. Openings of 3 to 5 mm in the paper box are used to simulate different pupil sizes. The small pupillary opening limits the spherical aberration of the model, providing the image of a photograph placed in the focal plane of the sphere, simulating the retina. The sphere can simulate opacity of media such as cataracts and corneal lesions (see Figure 2).

Figure 2. Direct and indirect ophthalmoscopy teaching model.



Source: (Martins et al 2020, p.7)

On the back of the sphere, one can place numeric sequences or reduced retinographies from real animals

Before training with the model, students attend a lecture on the anatomy of the eye and on principles of direct and indirect ophthalmoscopy examination. While training with the model, the students initially identify a 6-digit numerical sequence contained at the bottom of the model, with pupils of different sizes (3.4 and 5 mm) (see Figure 3). This allows the teacher to be sure that the student is taking the exam correctly, asking the student to write the sequence of numbers. Using number sequences is useful to show students that the image is not inverted in the direct ophthalmoscopy exam.

Figure 3. Acrylic sphere and numerical sequence used for learning.



Source: (Martins et al 2020, p.8)

After this stage, students identify different retinal lesions from photographs placed inside the model. The reduced size color fundus photographs were obtained from real animals, in order to offer a more realistic learning opportunity. This training methodology prompts students to compare images of the model with the actual exam they will perform in real animals. This procedure can be repeated by the student on different days to promote the retention of knowledge. During training, the teacher can record and compare the time spent by students and the correctness of numerical sequences and identification of retinal pathologies.

Initially, words and numerical sequences are portrayed to the student to showcase that the object observed with the direct ophthalmoscope has no inversion and has a greater increase than the examination performed with the indirect ophthalmoscope. Consequently, students understand the main physical principles of the exam and the teacher is able to provide immediate feedback on learning, correcting the student's difficulties before training on animals. After this stage of the training, the

second stage involves images that simulate retinal lesions inside the model are visualized.

The model developed by the student allows the understanding of physical principles and training with increasing difficulties. Difficulty levels can be simulated with an opacity of different media and pupil sizes. There are more sophisticated models of teaching, but the goal of the training model is to provide a low-cost resource with increasing levels of difficulties before training with animals.

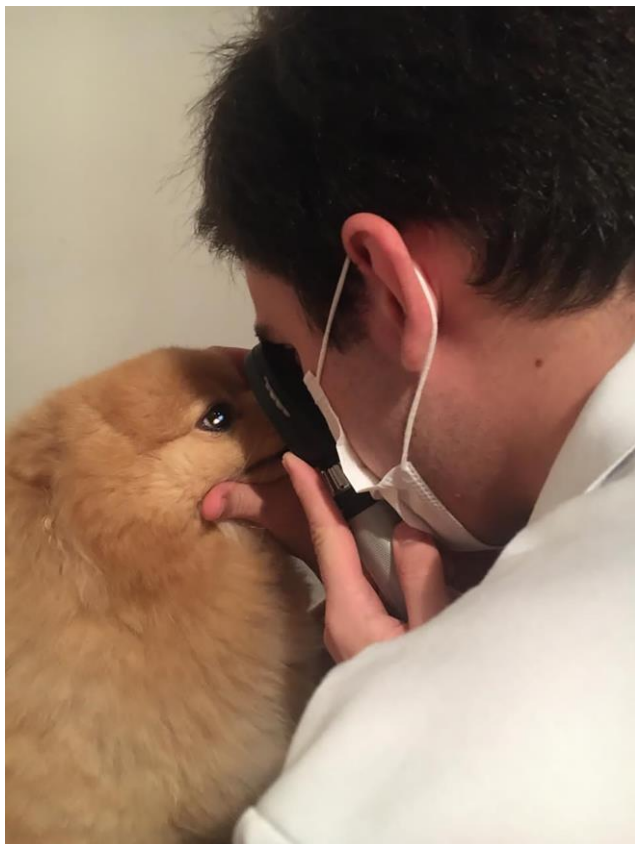
Students should practice and repeat training with the model until they feel safe for the next stage of training with animals. Training is important to achieve greater sensitivity and specificity in the ophthalmoscopy exam. During this training phase, the student has the opportunity to manipulate the direct and indirect ophthalmoscopy devices, being more familiar with the characteristics of the devices before training with the animals.

One of the important principles of this training phase is that the student can build and train with the model. In the act of building the model, the student understands the physical principles of direct and indirect ophthalmoscopy examination, which is essential for the maintenance of long-term memory. The use of a model increases student participation in the teaching process. The use of simulation techniques allows students to acquire varied skills, repeating the diagnostic procedures as many times as necessary until reaching the mastery stage. This form of training encourages student confidence in group training. And the teacher acts as a facilitator in the formation of knowledge, stimulating students' creativity.

Stage 2: Direct and indirect ophthalmoscopy training with animals

After completing the training phase with models, students can begin training for direct and indirect ophthalmoscopy exams with animals and may return to stage 1 training if they still have difficulty performing the procedure (see Figures 4 and 5).

Figure 4. Direct ophthalmoscopy exam.



Source: (Martins et al 2020, p.10)

Figure 5. Examination using the indirect ophthalmoscopy



Source: (Martins et al 2020, p.10)

Stage 3: Use of a portable retinography device for retinal examination and diagnostic confirmation

Students can confirm that the retinal changes observed in the animal's examination have been correctly identified by performing also an examination using a portable fundus camera, which allows the teacher to discuss the aspects of the exam together with the students¹⁸ (see Figure 6).

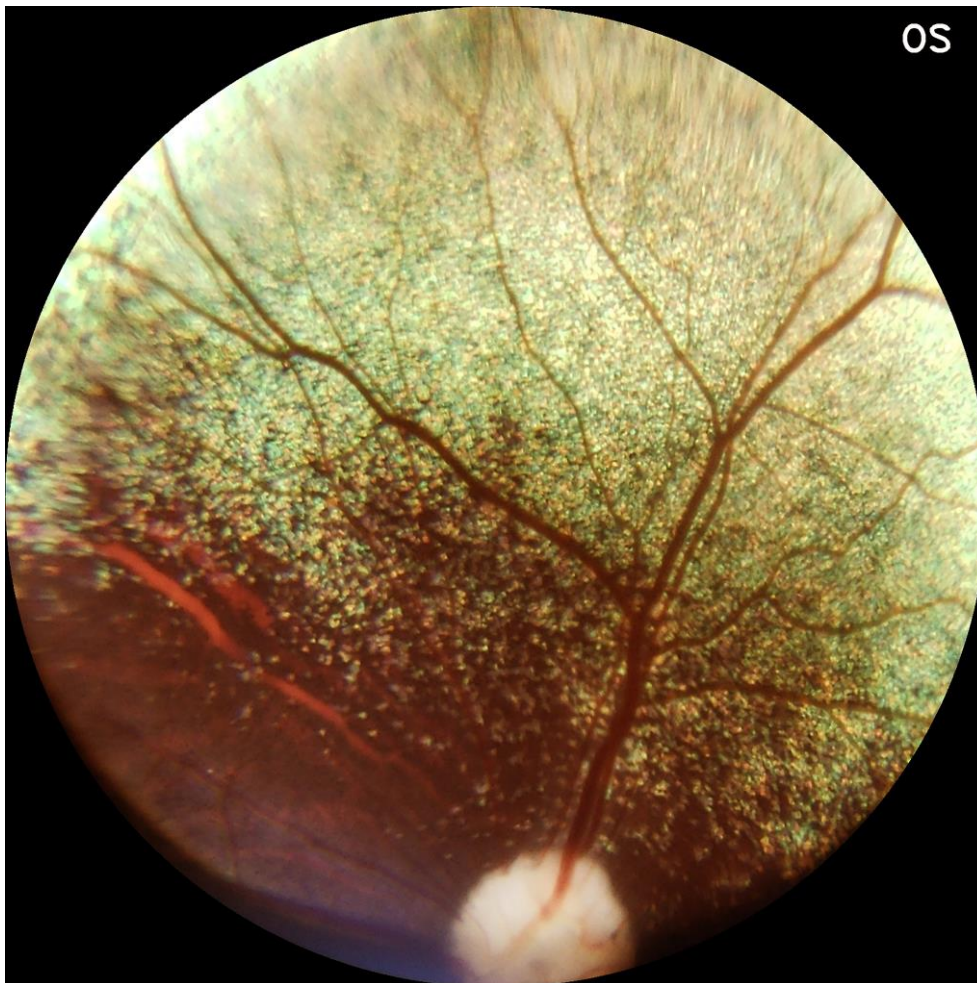
Figure 6. Portable fundus camera used in training.



Source: (Martins et al 2020, p.11)

The device allows the examination of the animals' retina without the need for pupil dilation, reducing the discomfort of animals used in training. It allows examiners to take photographs with a wide field of view (45 degrees). The device can be coupled to a smartphone, facilitating the sharing of information during training. The data used in the training can be recorded in the cloud and accessed outside the college environment of students. The use of the portable fundus camera provides high quality images to be captured that can be printed and reduced for use in training with the model. The use of real images in the model allows them to be compared with real animals during training (see Figure 7).

Figure 7. Retinography of a dog captured with the portable device (Phelcom's Retinal Camera).



Source: (Martins et al 2020, p.11)

DISCUSSION

The teaching methodology described demonstrates a progressively increasing level of difficulty, to further student skills before carrying out animal exams. The level of difficulty can be adjusted by simulating pupils of different sizes, simulating media opacity with acrylic spheres with less transparency, using numerical sequences and images simulating retinal lesions inside the model.

Constructing their own model is useful for students to understand the physical principles of the direct and indirect ophthalmoscopy examination. It also helps them realize the increase in image size and the inversion of the numerical sequences in the case of indirect ophthalmoscopy examination. This facilitates the understanding of the exam and the anatomical description of the lesions. Different high-definition quality (900dpi) images of the retina can be used within the model, to simulate different retinal

pathologies. The model can be made more realistic using reduced size of pictures from retinography of animals that will be examined by the student

The low-cost model allows each student to build and have their model, carrying out training outside the college environment and accelerating and reinforcing learning. The construction of the model increases student interaction with practical learning and allows immediate feedback of learning progression to the teacher. However, training outside the academic environment may be limited if the student does not have access to the direct ophthalmoscope.

The use of models is not a substitute for training with animals, but it reduces unnecessary exposure of animals to elementary training. Animals can, therefore, be utilized by students with more advanced levels of technical knowledge. The knowledge acquired about eye anatomy, the limited field of view during the exam, and use of a model, facilitates the sequential training on animals with decreased anxiety.

The portable fundus camera gives the students a better idea of what they could possibly find when examining with the direct and indirect ophthalmoscopy devices. The portable fundus camera can also be used for telemedicine. The images captured using the device can be discussed by specialists in other locations. Capturing animal images may aid in the development of artificial intelligence algorithms that can be used to assist in the diagnosis and monitoring of eye diseases in dogs in the future. The use of the fundus camera facilitates the acquiring of images that can be used in the training of students, but it also increases the cost of the training process. However, not every student needs access to a fundus camera. Images can always be printed and made available to students. The use of training models allows for better animal welfare due to reduced errors and unnecessary procedures. The portable fundus camera allows several students to follow the exam at the same time, reducing exposure and the stress of the animal.

Strengths and limitations of the study

The construction of the low-cost model has already been carried out and tested by medical school students, showing good results. Most of the students said that the activity with the model was enjoyable and increased their interest in the subject. The training with the model was important to the reduction of anxiety and the retention of knowledge. The low- cost model was easy to produce and provides greater

involvement of the students with the learning process.¹³ Other models for teaching direct ophthalmoscopy to veterinary students have already been described.^{19,20}

However, the objective of the suggested teaching methodology is the association of a low-cost model with a new portable retinography technology that captures dog's retinal images, allowing for virtual consultations and building a database. While constructing the model, the students can learn the physical principles of direct and indirect ophthalmoscopy. The pupil sizes can vary in the model, to create different levels of difficulty. The use of numerical sequences during the training process is a simple way to show students that images are not reversed in direct ophthalmoscopy and are reversed in indirect ophthalmoscopy.

The use of portable fundus camera during the training allows the students follow the exam in real time on a smartphone screen. The portable fundus camera allows the capture of images of animals that can be discussed during classes with students. In this way, the proposed teaching methodology stimulates active participation of the student throughout the teaching process, from model construction to use of a portable fundus camera providing immediate feedback. The use of the model should be applied in clinical studies with veterinary medicine students from different universities to test its applicability. The low cost of the model supports its' application in several medical schools with each student having their own training model.

CONCLUSION

Veterinary medicine is a complex field, that requires knowledge in ophthalmological health since eye abnormalities can be an indicator of other diseases. Use of a low cost, easy to implement model that facilitates learning about direct and indirect ophthalmoscopy supports correct and early diagnosis of diseases that can threaten the vision and life of animals

We can thus take advantage of a teaching method encompassing practical tutorials oriented by problems and less focus on traditional classes. This allows for synchronization of course content with student's practical experience, increasing the student's ability to learn independently. The use of portable fundus camera allows the exam to be followed in real time by the students. The captured images can be used in the model, allowing a more realistic simulation. The images can be sent to specialists in other locations, allowing students to use the benefits of telemedicine in learning. The continuous reassessment of the structure of the teaching curriculum is essential for the

efficacy of veterinary training. The use of simulators can be implemented in the future for certification and accreditation, in addition to ascertaining the knowledge of doctors who want to update their knowledge in ophthalmology.

REFERENCES

1. Munger RJ. Veterinary ophthalmology in laboratory animal studies. *Vet Ophthalmol.* 2002;5(3):167-175. doi: 10.1046/j.1463-5224.2002.00245.x.
2. Williams DL. Welfare issues in farm animal ophthalmology. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 2010;26(3):427-435. doi:10.1016/j.cvfa.2010.08.005.
3. Gelatt KN, Gilger BC, Kern TJ. *Veterinary Ophthalmology. 2-volume set.* Ames, Iowa: Wiley; 2013.
4. Westermeyer HD, Druley GE, Royal KD, Mowat FM. Use of a Versatile, Inexpensive Ophthalmoscopy Teaching Model in Veterinary Medical Student Education Increases Ophthalmoscopy Proficiency. *J Vet Med Educ.* 2019;46(4):518-522. doi:10.3138/jvme.1117-157r
5. Balicki I, Nestorowicz N, Ofri R. Funduscopy abnormalities and electroretinography in cases of retinopathy in German Shepherd dogs. *Vet Ophthalmol.* 2013;16(6):397-408. doi:10.1111/vop.12007
6. Heider HJ. Retinadiagnostik bei Hund und Katze [Diagnosis of retinal diseases in dogs and cats]. *Tierarztl Prax.* 1994;22(5):484-496.
7. Karlstam L, Hertil E, Zeiss C, et al. A slowly progressive retinopathy in the Shetland Sheepdog. *Vet Ophthalmol.* 2011;14(4):227-238. doi: 10.1111/j.1463-5224.2010.00866.x.
8. Hertil E, Bergström T, Kell U, Karlstam L, Ekman S, Ekestén B. Retinal degeneration in nine Swedish Jämthund dogs. *Vet Ophthalmol.* 2010;13(2):110-116. doi:10.1111/j.1463-5224.2010.00761.x
9. Bunel M, Chaudieu G, Hamel C, et al. Natural models for retinitis pigmentosa: progressive retinal atrophy in dog breeds. *Hum Genet.* 2019;138(5):441-453. doi:10.1007/s00439-019-01999-6
10. Glaze MB. Ophthalmic disease and its management. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 1997;27(6):1505-1522. doi:10.1016/s0195-5616(97)50136-7
11. Stiles J. Veterinary ophthalmology. Preface. *Vet Ophthalmol.* 2011;14 Suppl 1:1. doi:10.1111/j.1463-5224.2011.00942.x
12. Dos Santos Martins TG, Schor P, de Azevedo Costa AL. Teaching ophthalmoscopy to medical students (the TOTeMS Study). *Am J Ophthalmol.* 2014;157(6):1329-1330. doi: 10.1016/j.ajo.2014.02.047
13. MARTINS, Thiago Gonçalves dos Santos et al. Modelo para o ensino da oftalmoscopia direta. *Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo* , v. 36, n. 2, p. 1-8, June 2014. doi 10.1590/S1806-11172014000200003.
14. Martins TG, Costa ALF, Helene O, Martins RV, Helene AF, Schor P. Training of direct ophthalmoscopy using models. *Clin Teach.* 2017;14(6):423-426. doi:10.1111/tct.12641
15. Lantz PE. A simple model for teaching postmortem monocular indirect ophthalmoscopy. *J Forensic Sci.* 2009;54(3):676-677. doi:10.1111/j.1556-4029.2009.01030.x

15. Rai AS, Rai AS, Mavrikakis E, Lam WC. Teaching binocular indirect ophthalmoscopy to novice residents using an augmented reality simulator. *Can J Ophthalmol*. 2017;52(5):430-434. doi:10.1016/j.jcjo.2017.02.015
16. Izard SG, Juanes JA, García Peñalvo FJ, Estella JMG, Ledesma MJS, Ruisoto P. Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. *J Med Syst*. 2018;42(3):50. Published 2018 Feb 1. doi:10.1007/s10916-018-0900-2
17. Crofts JF, Bartlett C, Ellis D, Hunt LP, Fox R, Draycott TJ. Training for shoulder dystocia: a trial of simulation using low-fidelity and high-fidelity mannequins. *Obstet Gynecol*. 2006;108(6):1477-1485. doi:10.1097/01.AOG.0000246801.45977.c8
18. Pires R, Avila S, Wainer J, Valle E, Abramoff MD, Rocha A. A data-driven approach to referable diabetic retinopathy detection. *Artif Intell Med*. 2019; 96:93-106. doi: 10.1016/j.artmed.2019.03.009
19. Williams DL, Wager C, Brearley J. Student attitudes regarding the educational value and welfare implications in the use of model eyes and live dogs in teaching practical fundus examination: evaluation of responses from 40 students. *Open Vet J*. 2016;6(3):172-177. doi:10.4314/ovj.v6i3.5
20. Nibblett BM, Pereira MM, Williamson JA, Sithole F. Validation of a Model for Teaching Canine Fundoscopy. *J Vet Med Educ*. 2015;42(2):133-139. doi:10.3138/jvme.1014.100R

3.8 Políticas públicas na era informacional: uma perspectiva comparada no contexto da pandemia em dois países lusófonos

Martins TG, Rangel FS, Mendes LG, Silva R. einstein (São Paulo). 2021;19:eED6251.2019 (SJR): 0.26; Quartile: Q3

Na era informacional, a evolução tecnológica na área da big data e a inteligência artificial tem sido utilizada também no desenvolvimento de novas políticas públicas governamentais. Essas tecnologias precisam levar em conta as implicações de suas decisões, que possuem particularidades de acordo com cada estado administrativo (1,2).

A inteligência artificial começou com uma tentativa de investigar como as máquinas poderiam resolver problemas antes destinados apenas para humanos (3). A inteligência artificial incorpora um conjunto heterogêneo de ferramentas, técnicas e algoritmos (4).

Essa tecnologia já tem sido explorada na administração pública, trazendo novos benefícios econômicos e sociais para a humanidade (5). Nessa nova era, os governos têm utilizado cada vez mais o cidadão na coprodução e informação. Assim, a compreensão do perfil do cidadão torna-se uma peça chave no planejamento de execução de estratégias de políticas públicas (6).

Na comunidade Europeia, os cidadãos participam na coprodução de conhecimento e no desenvolvimento de novas políticas públicas, o que tem tornado o processo de tomada de decisão mais fácil (7).

A União Europeia tem investido na parceria público privada para o desenvolvimento de novas tecnologias de políticas públicas. Assim, a inteligência artificial está moldando os governos digitais e a parceria com empresas privadas tem melhorado a qualidade de serviços prestados aos cidadãos (8). O uso de inteligência artificial e processamento de big data caminha com a necessidade de desenvolvimento de políticas públicas de proteção de dados (9).

A pandemia causada pela doença coronavírus 2019 (COVID-19) tornou-se uma crise de saúde mundial afetando de maneira diferente os países e exigindo medidas de políticas públicas urgentes para prevenir a transmissão do vírus e o aumento da taxa de mortalidade. O uso da inteligência artificial no desenvolvimento de algoritmos de rastreamento de contato usando a tecnologia de telemóveis demonstrou ser uma ferramenta importante para limitar a transmissão da doença. (10)

Essa tecnologia já teve sucesso no combate de outras epidemias como do SARSCOV e Ebola (11,12).

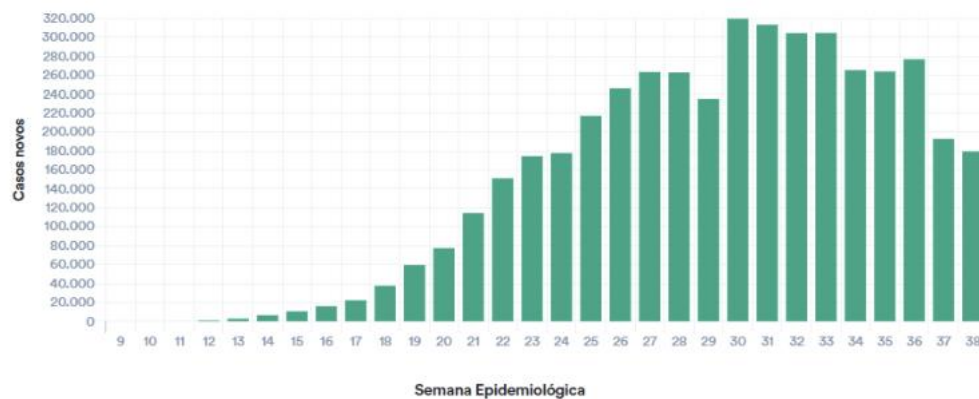
Nota-se que aproximadamente metade de todas as infecções ocorrem antes da fase sintomática. Portanto, o isolamento apenas após a fase sintomática não é suficiente para reduzir a taxa de transmissão. Dessa forma, os algoritmos de inteligência artificial ajudam em ações rápidas de políticas públicas de isolamento de possíveis contactantes que, por exemplo, estiveram a menos de 2 (dois) metros de distância de um indivíduo contaminado por mais de 10 (dez) minutos. No entanto, esse rastreamento rápido de contato não é possível manualmente e as soluções digitais automatizadas colaboram nesse processo (13).

Realizamos uma revisão bibliográfica da situação epidemiológica de dois países lusófonos (Brasil e Portugal) até a data de 19 de setembro de 2020 e comparamos dois algoritmos aplicados em políticas públicas utilizados nos dois países, que permitem o fornecimento dos dados epidemiológicos desses dois países em tempo real, permitindo o ajuste das políticas públicas.

Brasil

O Brasil apresentava até a data de 19 de setembro de 2020 um total de 4.495.183 casos e um total de 135.793 óbitos (figura 1 e 2). O Brasil começou a ter uma redução dos óbitos a partir da 35^a semana epidemiológica (agosto de 2020), já a redução do número de casos documentados começou a ocorrer a partir da 37^a semana epidemiológica (setembro de 2020) (14).

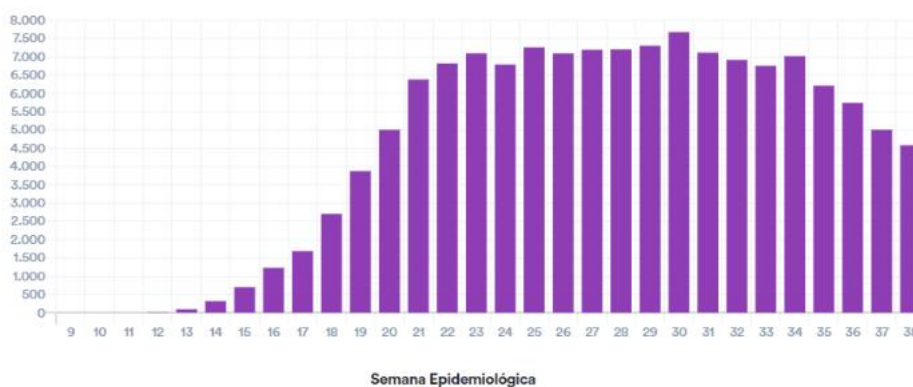
Casos novos de COVID-19 por Semana Epidemiológica de notificação



Fonte: Secretarias Estaduais de Saúde. Brasil, 2020

Figura 1- Total de casos de COVID 19 no Brasil até o dia 19 de setembro de 2020 (fonte: secretarias Estaduais de Saúde Brasil, 2020). Dados que podem ser otimizados e atualizados em tempo real com o uso do aplicativo.

Óbitos de COVID-19 por Semana Epidemiológica de notificação



Fonte: Secretarias Estaduais de Saúde. Brasil, 2020

Figura 2- Total de óbitos por COVID 19 no Brasil até o dia 19 de setembro de 2020 (fonte: secretarias Estaduais de Saúde Brasil, 2020). Os dados de óbitos necessitam de uma confirmação médica não sendo abrangidos com o uso dos aplicativos.

O aplicativo brasileiro “Dados do bem” foi desenvolvido para analisar a evolução da imunidade da população, utilizando algoritmos de inteligência artificial. Esse aplicativo foi idealizado pelo Instituto D’Or de Pesquisa e Ensino (IDOR) e pela Zoon Smart Data. O aplicativo depende da colaboração da população para o fornecimento dos dados. O participante deve instalar o aplicativo em seu celular, que não faz o diagnóstico da doença, mas uma avaliação dos sinais clínicos e

epidemiológicos. O participante faz uma autoavaliação dos seus sintomas, responde dados sobre os sintomas da COVID-19 e seu histórico de saúde. Dessa forma, o aplicativo localiza possíveis infectados pelo SARS COV2. Com os dados gerados, são sorteados aleatoriamente pelo algoritmo os participantes para uma testagem presencial, permitindo dessa forma a geração de dados sobre a propagação do COVID-19. A autoavaliação preenchida indica o risco de contaminação, fornecendo ao usuário um código para ser examinado. Em caso de diagnóstico positivo, os possíveis contactantes devem realizar a autoavaliação, após serem indicados pelo paciente.

O algoritmo tem por objetivo gerar dados para identificar a dinâmica de transmissão da COVID 19, permitindo a adequação das políticas públicas no combate a pandemia (tabela 1). Observa-se que a estratégia adotada não abrange testes em massa, mas uma investigação para entender a propagação do vírus nos locais avaliados, *“combinando inteligência epidemiológica e big data para acompanhamento, em tempo real, da distribuição da pandemia nos centros urbanos”* (15).

Para melhor compreensão, pode ser exemplificado com a Secretaria do Estado do Rio de Janeiro que assinou termo de cooperação com Dados do Bem, por meio do qual o aplicativo e os dados gerados pelo mesmo foram cedidos gratuitamente, ficando o órgão estadual responsável pela parte operacional. Dessa forma, o posto do Detran localizado no Largo do Machado (RJ) que antes do advento da tecnologia já realizava testes sorológicos teria sua capacidade triplicada de forma mais direcionada consistente no avanço estimado de 300 (trezentos) para 1000 (mil) testagens diárias com base nos dados coletados pelo aplicativo, segundo informações prestadas no site oficial do órgão estadual brasileiro (15).

No que se refere à privacidade, a dinâmica envolve o consentimento do indivíduo para utilização dos seus dados gerados ao fazer a instalação do aplicativo, ressaltando-se que não há identificação nem fins lucrativos nessas informações e que há uma voluntariedade na participação desse estudo.

Portugal

Portugal apresentava até a data de 19 de setembro de 2020, um total de 67.176 casos confirmados e um total de 1894 óbitos desde o início da pandemia (figura 3).

Apresentando um relativo controle da epidemia com um número estável de óbitos e uma redução dos casos confirmados a partir de metade do mês de maio de 2020 (16).

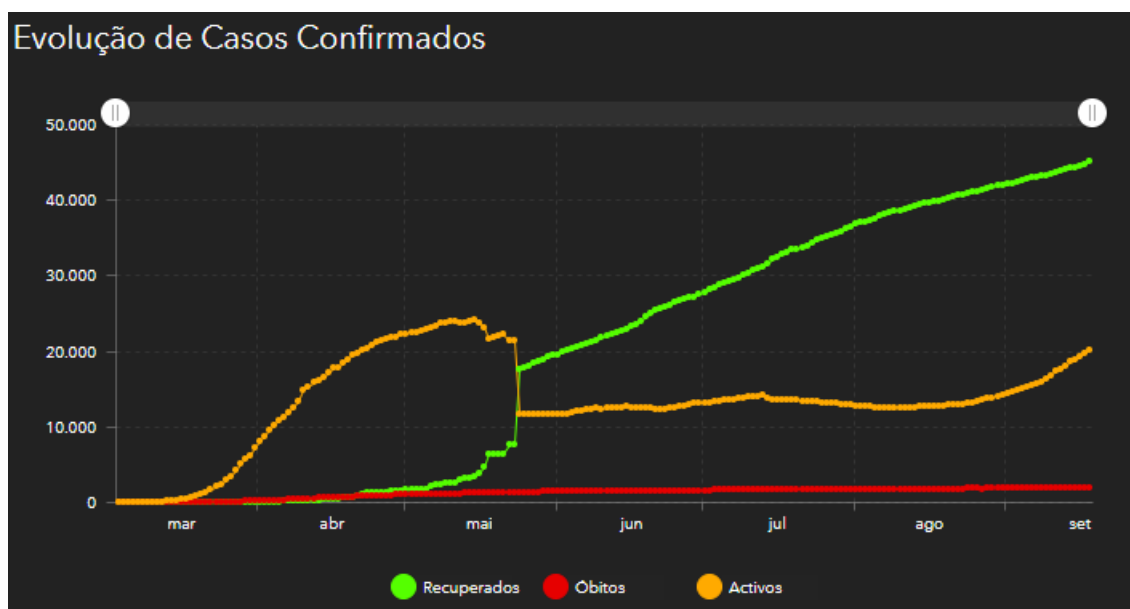


Figura 3 – Total de casos e óbitos em Portugal até o dia 19 de setembro de 2020. Dados que podem ser otimizados e atualizados em tempo real com o uso do aplicativo. (Ministério da Saúde de Portugal,2020).

O algoritmo escolhido para análise foi o “Stayaway COVID”, que foi desenvolvido baseado em políticas públicas já tomadas dentro da comunidade europeia no combate a pandemia pelo COVID-19. Esse aplicativo foi desenvolvido na iniciativa DP³T pelo INESC TEC que assumiu o desenvolvimento de um sistema completo que pudesse ser implantado para ajudar nas políticas públicas de combate a COVID 19. O aplicativo recolhe informações fornecidas pelo próprio usuário, garantindo a proteção dos seus dados individuais.

No aplicativo o participante deve inserir um código que confirma o seu diagnóstico de COVID 19 e o próprio algoritmo avisa aos possíveis contactantes, sem revelar a identidade da pessoa contaminada. Foi definido pelo algoritmo como possível contactante uma pessoa que esteve a menos de 2 (dois) metros por no mínimo 15 (quinze) minutos. A inserção dos dados no aplicativo tem a coparticipação da população que insere os dados de forma voluntária. O algoritmo necessita que o *bluetooth* do aparelho do telemóvel esteja ligado para funcionar adequadamente. Com objetivo de garantir a confidencialidade dos dados, apenas o utilizador do telemóvel

recebe as informações sobre ser um possível contactante. Todo o sistema terá seus dados apagados quando a pandemia terminar em Portugal. A STAYAWAY COVID tem como objetivo o cruzamento de dados com o maior número de iniciativas de rastreio digital da COVID-19, europeias e de fora da Europa, que possuem algoritmos de rastreio semelhantes. O aplicativo funciona em qualquer país da comunidade europeia (tabela 1).

Tabela 1: Comparativo entre dois aplicativos de rastreio de contactantes utilizados no Brasil e em Portugal.

Algoritmos	Dados do Bem	Stay away COVID
Participação iniciativa privada	sim	sim
Compartilhamento dos dados para políticas públicas	sim	sim
Funcionamento fora do território nacional	Apenas no Brasil	Comunidade Europeia (Portugal)
Funcionamento em IOS/Android	sim	sim
Aviso aos contactantes	não	sim
Inserção de Dados	O próprio indivíduo preenche o questionário (perguntas acerca dos sintomas) após baixar o aplicativo.	Após testar positivo para COVID, o indivíduo recebe um código do seu médico e, se desejar, digita esse código no aplicativo. De forma não identificada, todos que tiveram contato nos últimos catorze dias serão notificados, podendo procurar o serviço de saúde (opcional).
Forma de rastreamento	Indivíduo sorteado para realização do exame, após o preenchimento do questionário, indica	<i>Bluetooth</i> ligado (rastreamento digital sem revelar a identidade

	<p>peças que tiveram contato para fazer a autoavaliação pelo aplicativo.</p>	<p>das pessoas contaminadas).</p>
<p>Proteção dos dados individuais</p>	<p>sim</p>	<p>sim</p>
<p>Convocação para exames laboratoriais</p>	<p>Sim (após questionário, mediante sorteio – testes por amostragem). Não é obrigatório.</p>	<p>Sim (após contato com paciente infectado – rastreamento digital). Não é obrigatório.</p>
<p>Descarte de dados</p>	<p>Indivíduos concordam com o envolvimento voluntário no estudo ao baixar o aplicativo. Não há descarte de dados.</p>	<p>Descarte dos dados armazenados após a pandemia.</p>

Fonte: (Martins et al 2021, p.3)

Os dois países analisados possuem características demográficas e políticas públicas de combate ao coronavírus de maneira distintas. Isso se refletiu nos números apresentados nos dois países. O Brasil não apresentou um bom controle da epidemia como Portugal. O Brasil até o dia 19 de setembro de 2020 estava em segundo lugar entre os países de todo mundo com maior número de óbitos (atrás apenas dos Estados Unidos) e em terceiro lugar no número de casos (atrás apenas dos Estados Unidos e Índia). Já Portugal se encontrava nessa mesma data em 49º lugar em número de casos, demonstrando ter tido uma política pública de controle à pandemia do COVID 19 mais eficiente do que o Brasil. (17)

A análise de grande quantidade de dados na área de gestão pública tem se concentrado em melhorar a qualidade de serviços prestados ao cidadão e na otimização dos recursos públicos. Para que as tecnologias funcionem, elas precisam ser adaptadas ao contexto e à cultura local. Para isso, devemos levar em consideração as características específicas de cada localidade, além de dados sobre acessibilidade digital e sustentabilidade tecnológica. Ademais, torna-se um grande desafio garantir que os cidadãos de forma ampla tenham acesso a todos os serviços prestados pelo governo.

Destaca-se que a inovação tecnológica com aplicação da inteligência artificial visa reduzir os gastos públicos, que são altos com os modelos tradicionais, os quais exigem mais funcionários e insumos. Dessa forma, o rastreamento de contato baseado em uso de telemóveis apresenta uma solução viável para limitar a transmissão de doenças como a COVID 19. No entanto, devemos ter cuidado com relação à privacidade dos dados. Os dados de localização são altamente confidenciais e sua proximidade de possíveis contactantes com base na localização nem sempre podem ser precisas devido aos ruídos dos dados. (18)

Nota-se que o aplicativo adotado por Portugal (rastreamento digital de contatos) utiliza informações eletrônicas para identificar exposições a infecções, diferente do que ocorre no Brasil. Ele tem o potencial de lidar com as limitações do rastreamento tradicional de contato, como escalabilidade, atrasos de notificação, erros de recall e identificação de contato em espaços públicos.

Ambos os aplicativos apresentados dependem da coparticipação da população para resultados efetivos. Se um percentual significativo da população não participar por diversos receios, dentre os quais questões de privacidade, a política pública implementada pode ter impacto limitado no controle da pandemia.

Outra restrição para funcionamento de ambos os aplicativos é o acesso da população a smartphones e internet. No Brasil, no ano de 2019 existia uma densidade de 107,29 celulares/ 100 habitantes e em Portugal em 2018 existia uma densidade de 120.2 celulares/100 habitantes. Dessa forma, para esses dois países o uso de aplicativos em celulares pode ser uma boa opção, já que apresentam um número de aparelhos superior ao número de habitantes. (19) No entanto, cabe lembrar que, independentemente do número de habitantes que possuam celular ou não, há outros problemas estruturais em países como o Brasil, que possuem grande parte da população com analfabetismo digital.

Mais uma dificuldade esperada nos algoritmos é que alguma fração dos usuários não relate seus diagnósticos confirmados, seja por negligência ou por questões de privacidade. Os aplicativos são capazes de identificar contatos apenas quando os indivíduos infectados e expostos têm seus telefones próximos e ambos os indivíduos estão usando aplicativos de intercomunicação. Todos os aplicativos de rastreamento de contatos têm eficácia reduzida em comunidades onde a propriedade

de smartphones é limitada, onde indivíduos compartilham smartphones ou onde as pessoas não podem ou não querem usar um aplicativo.

As leis de privacidade e proteção de dados locais devem ser respeitadas. Isso é possível com a criptografia de todos os dados pessoais, consentimento do usuário para armazenamento e uso de dados, restrições ao uso de dados fora das respostas de saúde pública para COVID-19, exclusão automática de dados e a opção de excluir dados a qualquer momento. A exclusão dos dados apesar de garantir a privacidade do usuário limita estudos retrospectivos dos dados que busquem uma melhor eficácia dos algoritmos. Por outro lado, a tecnologia utilizada no Brasil não adota o rastreamento digital, mas permite o armazenamento dos dados coletados pela inserção voluntária dos participantes, de forma não identificada, para futuros estudos, conforme previsto de forma expressa nos termos de uso do aplicativo “Dados do Bem”. (20)

O uso de um aplicativo deve ser voluntário e os usuários dispõem da opção de pausar a detecção de contato, com o fim de proteger ainda mais a privacidade e permitir que os profissionais de saúde desabilitem o monitoramento quando estiverem usando as precauções adequadas, evitando notificações incorretas no que concerne ao rastreamento digital.

Nesse ponto, insta tecer breves comentários acerca do arcabouço jurídico dos dois países lusófonos. No Brasil, o direito à proteção de dados nos meios digitais ainda não consta expressamente na Constituição como um direito fundamental, em que pese estar em andamento a proposta de emenda constitucional n. 17/2019 (visa inserir o art. 5º, XII-A, CRFB/88, assegurando o direito fundamental à proteção de dados pessoais, inclusive nos meios digitais), cujo trecho do inteiro teor da justificação dessa PEC menciona Portugal como um dos países de referência.(21) Observa-se que, apesar da existência dos artigos 5º, X e XII da Constituição brasileira, a proteção se mostra ainda insuficiente na era informacional.

Nesse contexto, o Supremo Tribunal Federal recentemente reconheceu expressamente a tutela da proteção dos dados como direito fundamental autônomo, no caso paradigma relativo ao pedido de compartilhamento de dados pessoais dos cidadãos por empresas de telefonia com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) durante a pandemia. (22) Essa decisão é um marco histórico, sendo seu grau de importância comparado por especialistas do tema ao precedente da Corte

Constitucional alemã de 1983, o qual trouxe no país o conceito de autodeterminação informativa. (23)

No plano infraconstitucional, a LGPG (Lei Geral de Proteção de Dados – Lei 13.709, de 14 de agosto de 2018) após um período de dois anos de vacância e inúmeras discussões, está atualmente em vigor no Brasil.(24) No entanto, há ressalvas como por exemplo a ausência da efetiva implementação da Autoridade Nacional de Proteção de Dados, cuja alteração da LGPD por meio da Lei nº13.853/2019 previu sua criação com natureza jurídica de órgão público, sendo sua estrutura regulamentada recentemente pelo Decreto nº 10.474 (26.08.2020). (25) Nesse viés, há ainda diversas dificuldades nessa nova realidade.

Diferentemente, em Portugal (26) o direito fundamental à proteção de dados não é novidade, sendo tema atinente a sua Constituição, assim como presente na Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia. Pode ser inferido da evolução da legislação europeia nas últimas quatro gerações. Ressalta-se que, em um contexto da era informacional, houve a edição do RGPD (Regulamento Geral de Proteção de Dados – Regulamento n.º2016/679 do Parlamento e do Conselho Europeu) em 27 de abril de 2016, com efeitos a partir de 25 de maio de 2018.Nessa toada, salienta-se que a LGPD brasileira muito se inspirou no RGPD europeu, ainda que haja divergências. Portugal editou posteriormente a lei nº 58/2019 (27), em substituição a lei n.º 67/98 (lei da proteção de dados pessoais), que está atualmente em vigor (28, 29).

Deve-se ainda observar que os algoritmos não detectam todas as vias de transmissão, já que o vírus pode estar presente nas superfícies de objetos. Constatase que, para aplicativos que usam o *bluetooth*, como o “Stayaway COVID” utilizado por Portugal, é possível problemas quanto ao uso da força do sinal para determinar a distância entre dispositivos: a força do sinal do *bluetooth* depende do *hardware*, apresentando flutuações e sendo atenuada quando as pessoas e objetos estão entre os dispositivos. Contudo, eles também possuem vantagens, já que só detectam sinais de outros usuários que ficam a poucos metros (distância necessária para transmissão).

Deve ser ressaltado que a tecnologia do rastreamento digital permite que o aplicativo dos usuários capte uma identificação temporária de todos os usuários que

estejam próximos e use essas informações criptografadas para o rastreamento de possíveis contactantes. Assim que o usuário recebe o diagnóstico, ele pode voluntariamente compartilhar seus dados com um servidor central que envia uma notificação para todos os aplicativos que tiveram um ID temporário gerado próximo ao aplicativo do usuário infectado. Dessa forma, o usuário recebe essa informação e tem seus dados protegidos. O usuário pode procurar o serviço de saúde mais próximo para realizar exames laboratoriais. (30,31)

Também é possível a identificação de falsas exposições com profissionais de saúde que apesar de estarem próximos a indivíduos infectados, podem não ter se contaminado por estarem usando equipamentos de proteção individual. Contudo, esses dados não devem ser descartados e sim usados em uma forma de controle diferenciado desses profissionais para evitar um isolamento desnecessário impedindo uma prestação de serviço adequada para a sociedade. (31,32)

Enfatiza-se ainda que a limitação do funcionamento dos aplicativos em outros territórios dificulta o uso em cidades de fronteiras, que possuem jurisdições de saúde pública separadas e muito trânsito de pessoas de diferentes nacionalidades. Uma coordenação entre as agências de saúde pública pode otimizar o uso dos algoritmos nesses locais.

Por fim, identifica-se que os aplicativos apresentados precisam de estudos longitudinais para comprovar sua eficácia teórica. É importante destacar que se o uso desses aplicativos em larga escala levar a uma redução de outras medidas preventivas ou cooperação reduzida no rastreamento de contato tradicional, seu impacto seria reduzido e potencialmente negativo.

Os dois países estudados apresentaram curvas de contágios e políticas públicas de combate ao coronavírus distintas. Ambos aplicativos de controle de contactantes se mostram úteis nas situações atuais epidemiológicas dos dois países, principalmente do Brasil que ainda apresenta alto número de casos diários.

Os algoritmos desenvolvidos permitem fornecimento dos dados epidemiológicos desses dois países em tempo real, permitindo o ajuste das políticas públicas no combate à pandemia da COVID 19 com a coparticipação da população. O sucesso do rastreamento de contato digital dependerá do acesso a testes de diagnóstico laboratoriais e adoção do método por grande parte da população. A combinação do rastreamento de contato tradicional e digital pode alavancar as

vantagens e mitigar as limitações de cada abordagem. No entanto, há ainda muito a se questionar quanto à proteção dos dados pessoais, sobretudo no Brasil, onde a Lei Geral de Proteção de Dados acabou de entrar em vigor, sendo um novo desafio sua implementação em todas as searas.

REFERÊNCIAS:

1. Barth, T., Arnold, E.: Artificial intelligence and administrative discretion: implications for public administration. *Am. Rev. Public Adm.* 29(4), 332–351 (1999)
2. Wirtz, B., Weyerer, J., Geyer, C.: Artificial intelligence and the public sector—applications and challenges. *Int. J. Public Adm.* 13(7), 1–20 (2018)
3. McCarthy, J., Minsky, M.L., Rochester, N., Shannon, C.: A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI Mag.* 27(4), 12 (2006)
4. Jarrahi, M.: Artificial intelligence and the future of work: human-AI symbiosis in organizational decision making. *Bus. Horiz.* 61(4), 577–586 (2018)
5. Tinholt, D., Carrara, W., Linden, N.: Unleashing the potential of artificial intelligence in the public sector. Capgemini Consulting (2017)
6. Grandhi, B., Patwa, N., Saleem, K.: Data driven marketing for growth and profitability. In: 10th Annual Conference of the EuroMed Academy of Business (2017)
7. Russo, C., Ghezzi, C., Fiamengo, G., Benedetti, M.: Benefits sought by citizens in multichannel e-government payment services: Evidence from Italy. *Procedia-Soc. Behav. Sci.* 109, 1261–1276 (2014)
8. Chou, J., Hsu, S., Lin, C., Chang, Y.: Classifying influential for project information to discover rule sets for project disputes and possible resolutions. *Int. J. Project Manag.* 34, 1706–1716 (2016)
9. Law No. 27,078, 12/18/2014, section 5; Law No. 25.326 on Protection of Personal Data of 10/4/2000, section 29; and Resolution 11-E/2017, whereas 14.
10. Eubank S, Eckstrand I, Lewis B, Venkatramanan S, Marathe M, Barrett CL. Commentary on Ferguson, et al., "Impact of Non-pharmaceutical Interventions (NPIs) to Reduce COVID-19 Mortality and Healthcare Demand". *Bull Math Biol.* 2020 Apr 8;82(4):52. doi: 10.1007/s11538-020-00726-x. PMID: 32270376; PMCID: PMC7140590.
11. Svoboda T, Henry B, Shulman L, Kennedy E, Rea E, Ng W, Wallington T, Yaffe B, Gournis E, Vicencio E, Basrur S, Glazier RH. Public health measures to control the spread of the severe acute respiratory syndrome during the outbreak in Toronto. *N Engl J Med.* 2004 Jun 3;350(23):2352-61. doi: 10.1056/NEJMoa032111. PMID: 15175437.
12. Swanson KC, Altare C, Wesseh CS, Nyenswah T, Ahmed T, Eyal N, Hamblion EL, Lessler J, Peters DH, Altmann M. Contact tracing performance during the Ebola epidemic in Liberia, 2014-2015. *PLoS Negl Trop Dis.* 2018 Sep 12;12(9): e0006762. doi: 10.1371/journal.pntd.0006762. PMID: 30208032; PMCID: PMC6152989.
13. Ferretti L, Wymant C, Kendall M, Zhao L, Nurtay A, Abeler-Dörner L, Parker M, Bonsall D, Fraser C. Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. *Science.* 2020 May 8;368(6491): eabb6936. doi: 10.1126/science. abb6936. Epub 2020 Mar 31. PMID: 32234805; PMCID: PMC7164555.

14. <https://covid.saude.gov.br/> acessado em 19 de setembro de 2020.
15. <https://coronavirus.rj.gov.br/parceria-da-secretaria-de-estado-de-saude-com-o-dados-do-bem-permitira-triplicar-testagem-de-covid-19/> acessado 23 de setembro de 2020.
16. <https://covid19.min-saude.pt/ponto-de-situacao-atual-em-portugal/> acessado em 19 de setembro de 2020.
17. <https://www.worldometers.info/coronavirus/> acessado em 19 de setembro de 2020.
18. Farrahi K, Emonet R, Cebrian M. Epidemic contact tracing via communication traces. *PLoS One*. 2014 May 1;9(5): e95133. doi: 10.1371/journal.pone.0095133. PMID: 24787614; PMCID: PMC4006791.
19. <https://www.teleco.com.br/estatis.asp>. Consultado em 19 de setembro de 2020.
20. <https://dadosdobem.com.br/termos-de-uso/> acessado em 26.09.2020.
21. <https://legis.senado.leg.br/sdleggetter/documento?dm=7925004&ts=1594003895291&disposition=inline> acessado em 24 de setembro de 2020.
22. <https://portal.stf.jus.br/processos/detalhe.asp?incidente=5895165>. Acessado em 24 de setembro de 2020.
23. <https://www.jota.info/opiniao-e-analise/artigos/decisao-historica-do-stf-reconhece-direito-fundamental-a-protecao-de-dados-pessoais-10052020> acessado em 03.10.2020
24. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10474.htm acessado em 03.10.2020
25. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm. Acessado em 24 de setembro de 2020.
26. https://www.uc.pt/protecao-de-dados/da_privacidade_a_protecao_de_dados Acessado em 24 de setembro de 2020.
27. https://www.uc.pt/protecao-de-dados/legis/20190808_lei_58_2019_execucao_protecao_de_dados_e_livre_circ_de_dados Acessado em 24 de setembro de 2020
28. https://www.uc.pt/protecao-de-dados/legis/19981026_lei_67_98_lpdp" https://www.uc.pt/protecao-de-dados/legis/19981026_lei_67_98_lpdp Acessado em 24 de setembro de 2020
29. http://www.pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_revogado.php?nid=156& Acessado em 24 de setembro de 2020
30. *TraceTogether — behind the scenes look at its development process*. Singapore: Government Technology Agency; 2020. Available: www.tech.gov.sg/media/technews/tracetgether-behind-the-scenes-look-at-its-development-process acessado em 24 de setembro de 2020.
31. Li G, Geng E, Ye Z, Xu Y, Lin J, Pang Y. Indoor Positioning Algorithm Based on the Improved RSSI Distance Model. *Sensors (Basel)*. 2018 Aug 27;18(9):2820. doi: 10.3390/s18092820. PMID: 30150521; PMCID: PMC6165244.
32. CDC COVID-19 Response Team. Characteristics of Health Care Personnel with COVID-19 - United States, February 12-April 9, 2020. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2020 Apr 17;69(15):477-481. doi: 10.15585/mmwr.mm6915e6. PMID: 32298247.

3.9 Low-cost model for teaching ophthalmoscopy

Martins T, Costa AL, Helene O, Schor P, Martins R. Med Educ. 2015 May;49(5):528.
doi: 10.1111/medu.12703. PMID: 25924147. 2015(SJR): 2,085; Quartile: Q1

What problems were addressed? The length of time for which medical schools teach ophthalmology has decreased over the last century. Over the years, we have increasingly educated physicians who do not have enough knowledge to solve the most basic ophthalmological problems.¹

Motivating students is a challenge nowadays because of poor concentration abilities in youth and the appeal of new technology. However, the acquisition of skills is critical for medical practice, even in highly technological contexts, such as ophthalmology.

We conducted a survey with 133 non-ophthalmologist medical doctors from two Brazilian university hospitals to evaluate their confidence in diagnosing hypertensive and diabetic retinopathy, papilledema, and suspicious cupping through direct ophthalmoscopy examination. The survey included diseases of high prevalence that threaten the life and vision of the patient. We assessed the level of confidence using a scale anchored at 0 (low confidence) and 4 (maximum confidence); most doctors declared they felt insecure (65% gave scores of 0 or 1).

What was tried? Based on this, we developed a low- cost model that simulates the human eye to enable students to build their own model, which is an important step that improves the learning process. We used a transparent sphere inside a cardboard box with a black background and a hole over the sphere. Behind the sphere, we placed high-resolution photographs (900 dpi) showing the retina with a realistically sized optic disc, along with pictures with words and numbers. Different images can be used to simulate different diseases. We integrated masks of personalities known to the young students into the model and invited students to discover what was hidden inside the artificial eyes.

To evaluate the effectiveness of the model, a sample of students were randomly chosen and asked to undertake examination of the model after a lecture on the topic. We measured the time spent by each student on reading words and number sequences and identifying pictures with different pupil and sphere sizes, and in association with contact lenses, simulating different refractive errors. This process was repeated after 15 days to verify the

retention of knowledge. This also helps the students understand the physical principles of the examination.

What lessons were learned? The study investigated a new method of teaching direct ophthalmoscopy, which enables students to face an increasing level of difficulty in learning before they are asked to perform an examination in a patient, and also enables teachers to obtain immediate feedback on the students' difficulties. Thus, we replaced a punitive method of teaching, with tests, with a method in which students participate from the start in the construction of the model and which elucidates several concepts.

On direct examination of the patient, 15 students who had not trained with the model showed higher levels of anxiety and obtained worse results in identifying pathologies using the direct ophthalmoscope (13%) compared with 15 students who had trained with the model and who achieved a 93% rate of success.

Simulation techniques make it possible for students to acquire various skills by repeating a procedure as many times as necessary to gain confidence and competence. This enables learners to carry out practice at their own pace without being restricted to regular classroom periods.

REFERENCE

1 Lippa LM, Boker J, Duke A, Amir A. A novel 3-year longitudinal pilot study of medical students' acquisition and retention of screening eye examination skills. *Ophthalmology* 2006;113 (1):113–9.

3.10 The prevalence of ophtalmological manifestations in newborns form a maternity in São Paulo/ Brazil

Martins TGS, Andreghetto LAF, Brio RM, Provenzano LB, Fowler SB. Submetido para a Revista São Paulo Medical Journal. 2019 (SJR): 0.39; Quartile: Q3

ABSTRACT

PURPOSE: To evaluate the prevalence of ophthalmologic manifestations in newborns (NB) in a maternity in the city of São Paulo. **METHODS:** Retrospective, longitudinal study was carried out. **RESULTS:** 773 patients were studied. The sample consisted of 288 examinations performed by indication of gestational age less than 32 weeks: 118 in 2015 (42.4%), 105 in 2016 (42.2%), 65 cases in 2017 (26.4%). There were 329 evaluations by indication of birth weight: 113 in 2015 (40.6%), 108 in 2016 (43.4%), and 108 in 2017 (43.9%). The prevalence among the associated risk factors was 97 cases in 2015 (34.9%), 96 in 2016 (38.6%) and 54 in 2017 (22%), followed by mechanical ventilation with 82 cases in (29.5%), 64 in 2016 (25.7%) and 41 in 2017 (16.7%), and nasal continuous positive airway pressure (CPAP) with 59 cases in 2015 (21.2%), 72 in 2016 (28.9% %) and 46 in 2017 (18.7%). For the other indications, the evaluations performed due to congenital syphilis were the majority in the three years of the study, with 55 newborns in 2015 (19.8%), 54 in 2016 (21.7%) and 59 in 2017 (24%). The most prevalent ophthalmologic diagnosis was Retinopathy of Prematurity, with 79 cases in 2015 (35.3%), 64 in 2016 (32.2%) and 41 in 2017 (24.1%). **CONCLUSION:** The highest rate of newborns in the institution does not present risk factors for ophthalmological manifestations. Retinopathy of Prematurity (ROP) was the most statistically relevant ophthalmological manifestation found in our study. For the other indications, the evaluations performed due to congenital syphilis were the majority in the three years of the study.

INTRODUCTION

Vision is one of the most important basic senses, with the most critical period of development being the first 18 months of life.¹⁻³ Total loss of vision has a major impact on a child's communication, education, and quality of life, with high social cost^{4,5} According to the World Health Organization (WHO), there are approximately 1.4 million children with visual impairments in the world. About 80% of the causes of childhood blindness are preventable or treatable³. In Brazil, studies carried out in schools for people with visual impairment and in low vision services point out as the main causes being chorioretinitis due to toxoplasmosis, childhood cataracts, congenital glaucoma, retinopathy of prematurity and changes in the optic nerve². This is a high socioeconomic cost, mainly because it is a disease that can be treated.

After birth, active visual screening facilitates the detection of potential causes of treatable eye abnormalities^{3,4}. All newborns should undergo to the red reflex test, before discharge from a maternity ward and followed for at least 2 to 3 times a year for the first 3 years of life.² In case of an absent, asymmetric, altered or suspicious red reflex, the patient should be referred for a specialized ophthalmological evaluation^{3,4} Retinopathy of prematurity (ROP) is among the leading causes of childhood blindness.^{4,5} The American Academy of Pediatrics, American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. and the American Academy of Ophthalmology recommend the ophthalmological examination of premature newborns with birth weight <1,500 g and gestational age ≤ 28 weeks after sustaining 6 weeks of life.^{6,7} According to the Brazilian Council of Ophthalmology, the Brazilian Society of Pediatric Ophthalmology, and the Brazilian Society of Pediatrics, the ophthalmological examination is indicated for premature newborns weighing $\leq 1,500$ g or gestational age ≤ 32 weeks for screening and detection of ROP.² However, the guidelines used in the United States may not be suitable for detecting premature infants at risk of developing severe ROP and consequent visual impairment in countries where levels of neonatal care are not equivalent. Countries with developing economies that are implementing or expanding neonatal intensive care services in the public and private sectors appear to have a higher percentage of childhood blindness due to the lack of adequate neonatal screening in the search for the disease. With the screening method of Brazil, it selects a greater number of newborns to be accompanied by the ophthalmologist.^{2,8,9}

Studies show that co-morbidities such as sepsis, intraventricular hemorrhage and therapeutic interventions such as the use of oxygen therapy, mechanical ventilation and the need for blood transfusion are greater among patients who develop ROP.^{2,10-22}

In addition to gestational age and birth weight, there are other indications for a newborn to receive an ophthalmologic evaluation in the neonatal period. According to the protocol used in the Hospital Municipal Maternidade Escola Doutor Mário de Moraes Altenfelder - Vila Nova Cachoeirinha (HMEC), the following are considered indications for performing the fundus examination: the presence of suspected or confirmed congenital infections (Toxoplasmosis, Rubella, Cytomegalovirus-CMV, Syphilis), altered red reflex test (RFT) and suspected or confirmed genetic syndromes.

The purpose of this study was to evaluate the prevalence of ophthalmologic manifestations in newborns (NB) and preterm infants with retinopathy of prematurity of a maternity ward in the city of São Paulo/ Brazil during three years of study.

METHODS

Design

This study used a retrospective design accessing medical records of newborns in 2015-2017 who received consults for an ophthalmological evaluation at a maternity hospital in the city of São Paulo - Hospital Municipal Maternidade Escola Doutor Mário de Moraes Altenfelder - Vila Nova Cachoeirinha (HMEC).

Eligibility Criteria

Patients born from January 1, 2015 to December 31, 2017, with the indication for ophthalmologic evaluation in the neonatal period were included. To avoid any methodological bias, medical records with incomplete data in the ophthalmological evaluation form were excluded from this study.

Data Analysis

The results were obtained through direct analysis of the medical records. For the statistical study, we used the following tests: Two Proportions Equality Test; Chi-square test; P-value. We defined for this study a level of significance (when we admit to making mistakes in the statistical conclusions, that is, the statistical error we are

making in the analyzes) of 0.05 (5%). We also remember that all confidence intervals built over the course of work were built with 95% statistical confidence.

Ethical Considerations

In all stages of this research, the ethical aspects for research involving human beings were respected, according to resolution 466/2012 of the National Health Council and the data collection for this research was carried out after approval by the HMEC Research Ethics Committee, following the 1964 Helsinki declaration.

RESULTS

We compared the evolution of the indices for all variables between 2015 and 2017. Thus, we used the Equality of Two Proportions test and calculated the relative frequencies (indices) always for the total number of participants in each year.

From the data obtained between January 1, 2015 and December 31, 2017, we compared the total index of ophthalmological evaluations that were requested (sample) for each year, based on the total number of live births in each year of the study period. A total of 773 newborns (NB) who had requested an ophthalmic examination in the neonatal period during hospitalization at the HMEC were studied, being distributed among the three years studied: 278 (4.04%) evaluations in 2015 of a total of 6,887 live births, 249 (3.65%) in 2016 with a total of 6,825, and 246 (3.37%) in 2017, of 7,306.

The distribution of the prevalence of sex between the years studied showed no statistical difference. In 2015, we had a percentage of 50.4% of newborns male and 49.6% female, in 2016 it was 51% against 49%, and we closed in 2017 with 50.8% male and 49, 2% female, respectively.

In the analyzed period, the sample consisted of 288 exams performed for indication of gestational age (GA) less than 32 weeks, being distributed as follows: 118 of a total of 278 in 2015 (42.4%), 105 of a total of 249 in 2016 (42.2%), with an important decline for the year 2017 with only 65 cases of a total of 246 (26.4%) eligible for this study. We observed that there was a statistical difference between the year 2017 compared to the other years, in which the index for gestational age less than 32 weeks was lower with 26.4% and for gestational age greater than 32 weeks was the highest among years with 73.6% (table1).

GA	2015		2016		2017	
	N	%	N	%	N	%
≤32	118	42.4%	105	42.2%	65	26.4%
>32	160	57.6%	144	57.8%	181	73.6%
TOTAL	278		249		246	

P-values		2015	2016
≤32	2016	0.949	
	2017	<0.001	<0.001
>32	2016	0.949	
	2017	<0.001	<0.001

Table 1: Distribution of indication by gestational age less than 32 weeks over the years.

Birth weight is also considered to be one of the main indications for the newborn to receive an ophthalmological evaluation during the neonatal period, and all those who are born weighing less than 1,500 grams, regardless of gestational age, are already considered as an absolute indication for performing the fundus examination. During the period, 329 ophthalmological evaluations were performed to indicate the birth weight, distributed as follows: 113 cases of a total of 278 in 2015 (40.6%), 108 of a total of 249 in 2016 (43.4%), and 108 of a total of 246 in 2017 (43.9%). We found that there was no statistical difference between the years for the index of indication for birth weight.

During the period studied, we analyzed all the medical records for infection, RFT, and suspected or confirmed genetic syndromes that would warrant a fundus examination. Table 2 outlines the number and percentage of newborns meeting these criteria

	2015		2016		2017	
	N	%	N	%	N	%
TOXOPLASMOSIS	41	14.7%	35	14.1%	28	11.4%
RUBELLA	6	2.2%	6	2.4%	4	1.6%
CMV	31	11.2%	12	4.8%	11	4.5%

SYPHILIS	55	19.8%	54	21.7%	59	24.0%
RFT	23	8.3%	28	11.2%	23	9.3%
GENETIC SYNDROMES	6	2.2%	6	2.4%	3	1.2%
TOTAL	162		141		128	

Table 2: Distribution of other indications for ophthalmological assessments of newborns.

The prevalence of associated risk factors in each case was assessed. Risk factors for ophthalmic injury are considered: invasive mechanical ventilation, nasal continuous positive airway pressure (CPAP), use of oxygen, presence of suspected or confirmed sepsis, central nervous system infection (CNS), use of phototherapy and presence of intracranial hemorrhage (HIC). (table 3)

Risk factors	2015		2016		2017	
	N	%	N	%	N	%
MECHANICAL VENTILATION	82	29.5%	64	25.7%	41	16.7%
CPAP	59	21.2%	72	28.9%	46	18.7%
OXYGEN	97	34.9%	96	38.6%	54	22.0%
SEPSIS	26	9.4%	17	6.8%	26	10.6%
INFECTION CNS	10	3.6%	7	2.8%	3	1.2%
PHOTOTHERAPY	90	32.4%	85	34.1%	70	28.5%
INTRACRANIAL HEMORRHAGE	64	23.0%	39	15.7%	13	5.3%
TOTAL	428		380		253	

P-values

		2015	2016
		MECHANICAL VENTILATION	2016
	2017	<0.001	0.014
CPAP	2016	0.041	
	2017	0.471	0.008
OXYGEN	2016	0.384	
	2017	0.001	<0.001
SEPSIS	2016	0.290	
	2017	0.642	0.139
INFECTION CNS	2016	0.610	
	2017	0.081	0.208
PHOTOTHERAPY	2016	0.668	
	2017	0.331	0.173
INTRACRANIAL HEMORRHAGE	2016	0.033	
	2017	<0.001	<0.001

Table 3: Distribution of risk factors over the years

The largest number of ophthalmic eye examinations were negative for pathology indicating a normal eye examination, with 142 cases in 2015 (63.4%), 129 in 2016 (64.8%) and 128 in 2017 (74.7%). The most prevalent diagnosis was retinopathy of prematurity, with 79 cases in 2015 (35.3%), 64 cases in 2016 (32.2%) and 41 in 2017 (24.1%).

We analyzed how many patients needed laser treatment or surgery. (table 4).

	2015		2016		2017	
	N	%	N	%	N	%
FOLLOW-UP	75	33.5%	63	31.7%	35	20.6%
MEDICAL RELEASE	144	64.3%	128	64.3%	128	75.3%
SURGERY	0	0.0%	0	0.0%	5	2.9%
FORWARDING OTHER INSTITUTIONS	0	0.0%	5	2.5%	0	0.0%
LASER	5	2.2%	2	1.0%	1	0.6%
TOTAL	224		198		169	

P-values		2015	2016
FOLLOW-UP	2016	0.690	
	2017	0.005	0.016
MEDICAL RELEASE	2016	0.994	
	2017	0.019	0.023
SURGERY	2016	- x -	
	2017	0.010	0.015
FORWARDING OTHER INSTITUTIONS	2016	0.017	
	2017	- x -	0.037
LASER	2016	0.323	
	2017	0.187	0.657

Table 4: Distribution of ophthalmologic management during the years

The distribution of the index of newborns who underwent eye examination was compared with the index of unfulfilled examinations found for the same period. The requested evaluations that were not performed consist mostly of newborns who were referred to perform the fundus examination after discharge, on an outpatient basis, and for some reason did not return. The rate of exams not performed was 19.4% of the total in 2015, 20.1% in 2016 and 30.9% in 2017. The increase in eye examinations not performed in 2017 was significantly different when compared to 2015 ($p=0.002$) and

2016 ($p=0.006$).

DISCUSSION

The causes of blindness in childhood vary according to the level of socio-economic development of a country, with about 80% being preventable or treatable². Despite the high rate of live births recorded at the place and period of the study, the number of newborns that are evaluated by the ophthalmologist is small, corroborating the hypothesis that the highest rate of newborns in the institution does not present risk factors for ophthalmological manifestations. The development of new teaching methodologies is important to qualify professionals in the detection of eye diseases in newborns.

There was a reduction in statistical indexes in relation to the percentage of ophthalmological evaluations with the total number of live births in each year, with 4.04% in 2015 to 3.65% in 2016, ending with 3.37% in 2017. We observed that there was a statistical difference between the years of 2015 with 4.04% compared to the year of 2017 with an index of 3.37% (p -value = 0.035).

There was a significant reduction in newborns with gestational age less than 32 weeks between the years 2015 and 2016 for the year 2017, with a drop of 42.4% and 42.2% to 26.4% in 2017. There was a statistical difference between the year 2017 compared to the other years, in which the index for GA less than 32 weeks was lower with 26.4% and for GA greater than 32 weeks was the highest among the years with 73.6% (table 1)

In the analyzed period, the sample consisted of 288 exams performed for indication of gestational age less than 32 weeks, being distributed as follows: 118 in 2015 (42.4%), 105 in 2016 (42.2%), and 2017 with only 65 cases (26.4%). Such a decline may be related to the improvement of prenatal care over the years, leading to a lower rate of premature births. However, in the same year, the indication related to birth weight showed no statistical difference compared to previous years, maintaining the prevalence of newborns weighing less than 1,500 grams. There was no significant difference between the years for the birth weight index, and in all years the weight greater than 1,500 grams was more prevalent

For the other indications, the evaluations performed due to congenital syphilis were the majority in the three years of the study, with 55 newborns evaluated in 2015

(19.8%), 54 in 2016 (21.7%) and 59 cases in 2017, corresponding to 24% of the total of ophthalmological evaluations. Next, we have congenital toxoplasmosis in second place, with 41 newborns in 2015 (14.7%), 35 in 2016 (14.1%) and 28 cases (11.4%) in 2017. The presence of altered red eye reflex (REF) was the third most prevalent indication, with 23 cases in 2015 (8.3%), 28 in 2016 (11.2%) and 23 in 2017 (9.3%). There was a statistically significant difference in relation to the indication for congenital Infection by cytomegalovirus (CMV), where we had 31 cases in 2015 (11.2%), with a significant decrease in 2016 with 12 cases (4.8%), and 11 cases in 2017 (4.8%). Rubella virus infection was the least incident, with 6 cases in 2015 (2.2%), maintaining in 2016 with 6 cases (2.4%) and 4 cases (1.6 %) in 2017. The indications due to the presence of genetic syndromes were 6 cases in 2015 (2.2%), 6 in 2016 (2.4%) and 3 cases (1.2%) in 2017. In Brazil, in the last five years, there has been a constant increase in the number of syphilis cases in pregnant women, which can be attributed, in part, to the increase in testing coverage, with the expansion of the use of rapid tests, reduction in condom use and a worldwide shortage of penicillin. Besides, the improvement of the surveillance system can be reflected in the increase in reported cases^{23,24}

In the city of São Paulo, there was an increase in the number of notified cases and an incidence coefficient of congenital syphilis between 2015 and 2017, consistent with the period studied. These data are consistent with the international literature, which has also intensified studies on the impact of this risk factor in ophthalmological disorders.^{23,24} In this study, no ophthalmological manifestations were found associated with suspected or confirmed congenital syphilis.

The ophthalmological manifestations in the fundus examination of newborns were chorioretinitis associated with congenital toxoplasmosis with 3 patients in 2016 and 1 in 2017, Retinal detachment with 1 case in 2015, vitreous hemorrhage in 1 patient in 2016 and 1 in 2017, optic nerve hypoplasia in 2015 with 1 case diagnosed, cataract and maculopathy both in 2016 with 1 case each.

In a similar survey carried out in Pernambuco/Brazil, between April and October 2000, 3280 newborns were examined and the changes found in the ophthalmic examination included 43 cases of infectious conjunctivitis (3.0%), congenital cataract in 5 eyes (0.4%) and subconjunctival hemorrhage in 28 eyes (2.0%). Blepharophimosis was observed in two patients (0.3%). The red reflex test was altered in 24 cases

(3.4%). At fundoscopy, hemorrhage in the posterior pole of the retina was the most frequently found alteration, occurring in 255 newborns (7.8%), of which macular involvement was identified in 11 (4.3%) cases ²⁵

Retinopathy of Prematurity (ROP) was the most statistically relevant ophthalmological manifestation found in our study, with 79 cases in 2015 (35.3%), 64 cases in 2016 (32.2%) and 41 in 2017 (24.1 %).

The first retinal lesions in premature newborns were described in 1945 by Terry, who published 117 cases ²⁶. ROP had two well-identified epidemic phases: in the 1950s, attributed to the extensive use of oxygen in neonatal intensive care units (ICUs) and, in the 1970s, as a result of a longer survival of extremely low birth weight premature newborns ²⁷⁻³⁰. The progression of ROP severity may be related to multiple factors associated with treatment and care in neonatal ICUs, the main one being the use of oxygen, associated or not with mechanical ventilation²⁷⁻³⁰. Careful monitoring of supplemental oxygen administration, manipulation of patient saturation and maintenance of residual respiratory function through adjustments to continuous positive airway pressure (CPAP) and non-invasive ventilation techniques are related to less severe forms of the disease ^{2,27-30}.

Invasive Mechanical Ventilation (MV), CPAP, the use of Oxygen and intracranial hemorrhage had great statistical relevance, presenting a gradual decrease over the years analyzed. Leading the prevalence among the associated risk factors we had oxygen with 97 cases in 2015 (34.9%), 96 cases in 2016 (38.6%) and 54 cases in 2017 (22%), followed by MV with 82 cases in 2015 (29.5%), 64 in 2016 (25.7%) and 41 in 2017 (16.7%), and the CPAP with 59 cases in 2015 (21.2%), 72 in 2016 (28, 9%) and 46 in 2017 (18.7%). We noticed that there was also an important statistical difference for the presence of intracranial hemorrhage (ICH), which was more prevalent in 2015 with 64 cases (23.0%), decreased in 2016 with 39 cases (15.7%), and ended in 2017 with 13 cases, corresponding to 5.3% of the sample. Phototherapy was a risk factor with high prevalence, with 90 cases in 2015 (32.4%), 85 in 2016 (34.1%) and 70 in 2017 (28.5%), however, there was no statistically significant difference in the comparison between the years. It is worth mentioning that the same patient may have presented more than one associated risk factor, however, the number of values described, and the prevalence found for each one can add up to more than 100% for this variable (table 3)

In addition to the use of oxygen, other risk factors for ROP have been pointed out in the literature, such as neonatal sepsis, congenital infections, blood transfusions, intracranial hemorrhage, asphyxia and vitamin E deficiency.² There was statistical relevance between the years of the study for Retinopathy of Prematurity (ROP) and the normal eye Examination, with ROP falling over the years, with 35.3% in 2015, 32.2% in 2016 and 24.1% in 2017, and the eye exams described as normal appeared with a progressive increase, with 63.4% in 2015, 64.8% in 2016, ending in 2017 with 74.1% of all eye exams that were performed and we observed that the highest N is concentrated in normal eye examination, with 142 cases in 2015 (63.4%), 129 in 2016 (64.8%) and 128 in 2017 (74.7%). The most prevalent diagnosis was Retinopathy of Prematurity, with 79 cases in 2015 (35.3%), 64 cases in 2016 (32.2%) and 41 in 2017 (24.1%). The other diagnoses present were chorioretinitis associated with congenital toxoplasmosis with 3 cases in 2016 (1.5%) and 1 in 2017 (0.6%), Retinal detachment with 1 case in 2015 (0.4%), Vitreous hemorrhage with 1 case in 2016 (0.5%) and 1 in 2017 (0.6%), Optic Nerve Hypoplasia appeared in 2015 with 1 case diagnosed (0.4%), ending with cataracts and Maculopathy only in 2016 with 1 case (0.5% - 0.5%).

In a cross-sectional and observational study conducted in Brazil in a Neonatal ICU in Rio Grande do Sul with 139 newborns between 2002 and 2004, the prevalence of ROP was 27.2%, affecting 31 newborns with birth weight equal to or less than 1,500 grams and / or gestational age equal to or less than 32 weeks (5). In the same study, in 72.8% of the evaluated cases, no ophthalmic changes were found, showing similarity with our results, with 63.4% in 2015, 64.8% in 2016, ending in 2017 with 74.1% of all ophthalmological exams performed were considered normal ²⁹

In 1991, Charles et al. studied the incidence and characteristics of ROP in a low-income urban population in the United States and reported a prevalence of ROP in 72% of newborns less than 1,200 grams and 66% for newborns less than 32 weeks of gestational age ³⁰

Larsson et al. studied 392 newborns in Stockholm, Sweden and published in 2002 a prevalence of 25.5% of ROP ²¹ Literature data show that the occurrence of ROP is mainly associated with low gestational age and birth weight ²

There was a statistical difference between the conducts that were adopted during the years, except for LASER, where there is no difference between the years. As we had the highest prevalence of normal eye exams, the main conduct was

discharged. The majority of patients was discharged, with 144 cases in 2015 (64.3%), 128 in 2016 (64.3%) and 128 in 2017 (75, 3%). Follow-up conduct was present in 75 cases in 2015 (33.5%), 63 in 2016 (31.7%) and 35 in 2017 (20.6%). In 2016, we had 5 cases of referral to other institutions, corresponding to 2.5% of the sample. In 2017, 5 ophthalmologic surgeries were performed, which corresponded to 2.9% of the sample. Laser was the conduct adopted in 5 cases in 2015 (2.2%), 2 in 2016 (1.0%) and 1 in 2017 (0.6%) (table 4).

Patients with diseases in more severe stages, or those who required specialized follow-up, were referred to referral centers in the city of São Paulo, due to the institution's limitations for the follow-up or resolution of cases.

When analyzing the results, we observed that the evolution of the number of tests not performed showed an important increase, with 54 cases in 2015 (19.4%), 50 in 2016 (20.1%), growing to 76 cases in 2017, corresponding to 30.9% of the total sample of assessments that were requested this year. The requested assessments that were not carried out consist mostly of NBs who were referred to perform the fundus examination after discharge, on an outpatient basis, and for some reason, they did not return. The rate of exams not performed was 19.4% of the total in 2015, 20.1% in 2016 and 30.9% in 2017.

The gradual increase in exams not performed may be associated with the profile of patients seen at the study site, since it is known that the population is of low socioeconomic level.

Strengths and limitations of the study and futures perspectives.

Strengths of the present study include many patients that were followed for two years. Some limitations of this study should be addressed. The data reflects the prevalence of ophthalmological manifestations in patients seen at a hospital in Brazil, which may not be generalized to different settings. The retrospective design relies on database records. Further studies including a larger number of patients in different countries may help in the understanding of the ophthalmological manifestation of newborns. Futures studies using big data analysis, such as data warehouse may help. The use of the data warehouse has an important implication for practice which is the possibility of near real-time data feeds that will ultimately bring benefits to patient care

at an individual level and also for public health strategies. It is also possible to include real-time scans for population screening requirements. The data warehouse could be used to provide knowledge to measure and improve patient outcomes. The big data contained in the data warehouse can also be used to bring up facts that could not be perceived otherwise. One of the greatest assets of this type of database is that, not only does it can help provide answers to many outcome questions, but it can also assist in developing prospective trials and studies in which targeted data is required. It is a useful technology for data-intensive institutions, which are growing larger and more complex while the data cannot be processed by traditional applications.

CONCLUSION

The highest rate of newborns in the institution does not present risk factors for ophthalmological manifestations. The largest number of ophthalmic eye examinations were negative for pathology indicating a normal eye examination. The distribution of the prevalence of sex between the years studied showed no statistical difference. Retinopathy of Prematurity (ROP) was the most statistically relevant ophthalmological manifestation found in our study. There was no significant difference between the years for the birth weight index, and in all years the weight greater than 1,500 grams was more prevalent. For the other indications, the evaluations performed due to congenital syphilis were the majority in the three years of the study.

REFERENCES

1. Kutzbach BR, Summers CG, Holleschau AM, MacDonald JT. Neurodevelopment in children with albinism. *Ophthalmology*. 2008;115(10):1805–1808.e18082. doi: 10.1016/j.ophtha.2008.03.006
2. Graziano RM, Leone CR. Problemas oftalmológicos mais frequentes e desenvolvimento visual do pré-termo extremo [Frequent ophthalmologic problems and visual development of extremely preterm newborn infants]. *J Pediatr (Rio J)*. 2005;81(1 Suppl):S95–S100. doi:10.2223/1308
3. Gilbert C., Foster A. Childhood blindness in the context of VISION 2020 — the right to sight. *Bull World Health Organ*. 2001;79(3):227-32.
4. Jacob J, Matrix Z, Skopec D, Ticho B, Arnold RW. Factors associated with retinopathy of prematurity ophthalmology workload. *J Perinatol*. 2018;38(11):1588–1593. doi:10.1038/s41372-018-0212-x
5. Byanju RN, Kandel RP, Sharma P, Thapa HB, Shrestha M, Bassett K. Childhood blindness and visual impairment in the Narayani Zone of Nepal: a population-based survey. *Ophthalmic Epidemiol*. 2019;26(4):257–263. doi:10.1080/09286586.2019.1604976
6. Screening examination of premature infants for retinopathy of prematurity. A joint statement of the American Academy of Pediatrics, the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus, and the American Academy of Ophthalmology. *Pediatrics*. 1997;100(2 Pt 1):273.
7. Fierson WM; AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS Section on Ophthalmology; AMERICAN ACADEMY OF OPHTHALMOLOGY; AMERICAN ASSOCIATION FOR PEDIATRIC OPHTHALMOLOGY AND STRABISMUS; AMERICAN ASSOCIATION OF CERTIFIED ORTHOPTISTS. Screening Examination of Premature Infants for Retinopathy of Prematurity [published correction appears in *Pediatrics*. 2019 Mar;143(3):]. *Pediatrics*. 2018;142(6):e20183061. doi:10.1542/peds.2018-3061
8. Zin AA, Moreira ME, Bunce C, Darlow BA, Gilbert CE. Retinopathy of prematurity in 7 neonatal units in Rio de Janeiro: screening criteria and workload implications. *Pediatrics*. 2010;126(2):e410–e417. doi:10.1542/peds.2010-0090
9. Zin A, Florêncio T, et al. Proposta de diretrizes brasileiras do exame e tratamento de retinopatia da prematuridade (ROP). *Arq Bras Oftalmol*. 2007;70(5):875-83.
10. Ozkurt Z, Balsak S, Yildirim Y, Yuksel H, Caca I. Associations between red reflex abnormality, consanguinity and intensive care hospitalization of newborns in Turkey. *East Mediterr Health J*. 2018;24(7):631–636. Published 2018 Sep 6. doi:10.26719/2018.24.7.631
11. Roohipoor R, Karkhaneh R, Farahani A, et al. Retinopathy of prematurity screening criteria in Iran: new screening guidelines. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2016;101(4): F288–F293. doi:10.1136/archdischild-2015-309137
12. Chen J, Stahl A, Hellstrom A, Smith LE. Current update on retinopathy of prematurity: screening and treatment. *Curr Opin Pediatr*. 2011;23(2):173–178. doi:10.1097/MOP.0b013e3283423f35
13. Dutta S, Raghuv eer T, Vinekar A, Dogra MR. Can We Stop the Current Epidemic of Blindness from Retinopathy of Prematurity? *Indian Pediatr*. 2016;53 Suppl 2:S80–S84.

14. Oliveira CA, Hisatomi KS, Leite CP, Schellini SA, Padovani CR, Padovani CR. Erros de refração como causas de baixa visual em crianças da rede de escolas públicas da regional de Botucatu - SP [Refractive errors as causes of visual impairment in children from public schools of the Botucatu region - SP]. *Arq Bras Oftalmol.* 2009;72(2):194–198. doi:10.1590/s0004-27492009000200012
15. Bashinsky AL. Retinopathy of Prematurity. *N C Med J.* 2017;78(2):124–128. doi:10.18043/ncm.78.2.124
16. Chan-Ling T, Gole GA, Quinn GE, Adamson SJ, Darlow BA. Pathophysiology, screening and treatment of ROP: A multi-disciplinary perspective. *Prog Retin Eye Res.* 2018; 62:77–119. doi:10.1016/j.preteyeres.2017.09.002
17. Thomas K, Shah PS, Canning R, Harrison A, Lee SK, Dow KE. Retinopathy of prematurity: Risk factors and variability in Canadian neonatal intensive care units. *J Neonatal Perinatal Med.* 2015;8(3):207–214. doi:10.3233/NPM-15814128
18. Bashinsky AL. Retinopathy of Prematurity. *N C Med J.* 2017;78(2):124–128. doi:10.18043/ncm.78.2.124
19. Fagerholm R, Vesti E. Retinopathy of prematurity - from recognition of risk factors to treatment recommendations. *Duodecim.* 2017;133(4):337–344.
20. Nobile S, Gnocchini F, Pantanetti M, Battistini P, Carnielli VP. The importance of oxygen control reaffirmed: experience of ROP reduction at a single tertiary care center. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2014;51(2):112–115. doi:10.3928/01913913-20140220-05
21. Larsson E, Holmström G. Screening for retinopathy of prematurity: evaluation and modification of guidelines. *Br J Ophthalmol.* 2002;86(12):1399–1402. doi:10.1136/bjo.86.12.1399
22. Saldır M, Sarıcı SU, Mutlu FM, Mocan C, Altınsoy HI, Özcan O. An analysis of neonatal risk factors associated with the development of ophthalmologic problems at infancy and early childhood: a study of premature infants born at or before 32 weeks of gestation. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2010;47(6):331–337. doi:10.3928/01913913-20100218-08
23. Cooper JM, Michelow IC, Wozniak PS, Sánchez PJ. In time: the persistence of congenital syphilis in Brazil - More progress needed! Em tempo: a persistência da sífilis congênita no Brasil - Mais avanços são necessários! *Rev Paul Pediatr.* 2016;34(3):251–253. doi:10.1016/j.rppede.2016.06.004
24. *Secretaria Municipal de Saúde do Município de São Paulo.* Série Histórica de casos e coeficiente de incidência* (CI) de Sífilis congênita em menores de 1 ano de idade - Município de São Paulo - 2007 a 2018. *SINAN - CCD/COVISA, Sinasc*
25. Endriss D, Ventura LMVO, et al. ocular diseases in neonates. *Arq. Bras. Oftalmol., São Paulo, v. 65, n. 5, p. 551-555, Sept. 2002.*
26. Terry TL. Extreme Prematurity and Fibroblastic Overgrowth of Persistent Vascular Sheath Behind Each Crystalline Lens: I. Preliminary report. *Am J Ophthalmol.* 2018;192:xxviii. doi:10.1016/j.ajo.2018.05.024
27. Ludwig CA, Callaway NF, Blumenkranz MS, Fredrick DR, Moshfeghi DM. Validity of the Red Reflex Exam in the Newborn Eye Screening Test Cohort. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina.* 2018;49(2):103–110. doi:10.3928/23258160-20180129-04
28. Cryotherapy for Retinopathy of Prematurity Cooperative Group. Multicenter trial of cryotherapy for retinopathy of prematurity. Snellen visual acuity and structural outcome at 5 1/2 years after randomization. *Arch Ophthalmol.* 1996;114(4):417–424. doi:10.1001/archopht.1996.01100130413008

29. LermannVL. Prevalência de Retinopatia da prematuridade em recém-nascidos de muito baixo peso. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em Ciências Médicas: Pediatria. Porto Alegre, BR-RS, 2006.
30. Charles JB, et al. Incidence and Characteristics of Retinopathy of Prematurity in a low-income Inner-city Population. *Ophthalmology*,1991. Volume 98, Issue 1, 14 – 17

DISCUSSÃO

4 DISCUSSÃO

O crescimento do número de faculdades de medicina e do número de vagas nas faculdades tornou o Brasil o segundo país do mundo na quantidade de escolas médicas, superando a China e os Estados Unidos. O Brasil, que possui 347 faculdades de medicina, só é superado pela Índia, que tem mais de 392 escolas médicas e mais de 1 bilhão de habitantes. Em cinco décadas a população brasileira duplicou enquanto o total de médicos aumentou mais que sete vezes. (3) Apesar disso, o país sofre com grande desigualdade na distribuição da população médica. Ao todo, 27 capitais reúnem quase um quarto da população e mais da metade dos médicos (3). Deficiências nas políticas públicas dificultam a incorporação equilibrada desse grande contingente de profissionais, gerando maior concentração de médicos nas grandes cidades e no litoral e nos serviços particulares em detrimento do Sistema Único de Saúde. A formação médica adequada não acompanhou o crescimento das faculdades, e ainda carece de mais atenção e planejamento para que se tenha mais profissionais com conhecimento e vivência adequados para lidar com os diversos agravos à saúde. A perda de espaço do ensino da oftalmologia contribuiu para a queda na qualidade do ensino médico, e este fenômeno tem ocorrido em todo o mundo. Conseqüentemente, a oftalmoscopia direta, importante ponte entre a especialidade e a medicina geral, não tem sido bem ensinada. Com isso, os médicos generalistas ficam impossibilitados de auxiliar no diagnóstico e encaminhamento adequado de pacientes com doenças que podem ameaçar a visão e, em alguns casos, até as suas vidas. Na prática, o exame do fundo de olho está sob responsabilidade somente dos oftalmologistas.

A distribuição irregular dos especialistas no Brasil reforça a importância da atuação do médico generalista nos locais sem assistência oftalmológica. Mesmo em locais com oftalmologistas, o acesso pode ser difícil pela escassez de profissionais. A triagem feita pelos médicos do serviço primário é essencial para que os pacientes sejam encaminhados corretamente.(1-3)

No inquérito epidemiológico que realizamos em dois hospitais de ensino brasileiros (Universidade Federal de São Paulo e Universidade Federal do Rio de Janeiro), percebemos que a maioria dos médicos entrevistados, formados entre 1967 e 2013, (figura1) declararam ter baixo grau de confiança na realização de exame de oftalmoscopia direta. (figura2) Por outro lado, os médicos neurologistas foram os

especialistas que declararam maior segurança em realizar o exame se comparados aos outros especialistas fora da oftalmologia. Este fato deve-se provavelmente ao ensino durante a residência de neurologia pela importância de se observar o nervo óptico para o diagnóstico de importantes afecções, como a hipertensão intracraniana. (18)

Nossos resultados demonstram que os alunos de medicina não estão aprendendo adequadamente a técnica da oftalmoscopia direta, e este problema não parece ser recente no ensino médico.

A metodologia normalmente empregada para o ensino da oftalmoscopia direta é aquela na qual o docente assume o papel de transmissor de conteúdo, ao passo que, ao discente, cabe a retenção e repetição deles. Faz-se necessária, portanto, a implementação de uma consciência crítica nos alunos, como o desenvolvimento de uma curiosidade criativa.

Buscando modificar a metodologia para melhorar o ensino e aprendizado, desenvolvemos um modelo para o ensino de oftalmoscopia direta de baixo custo.

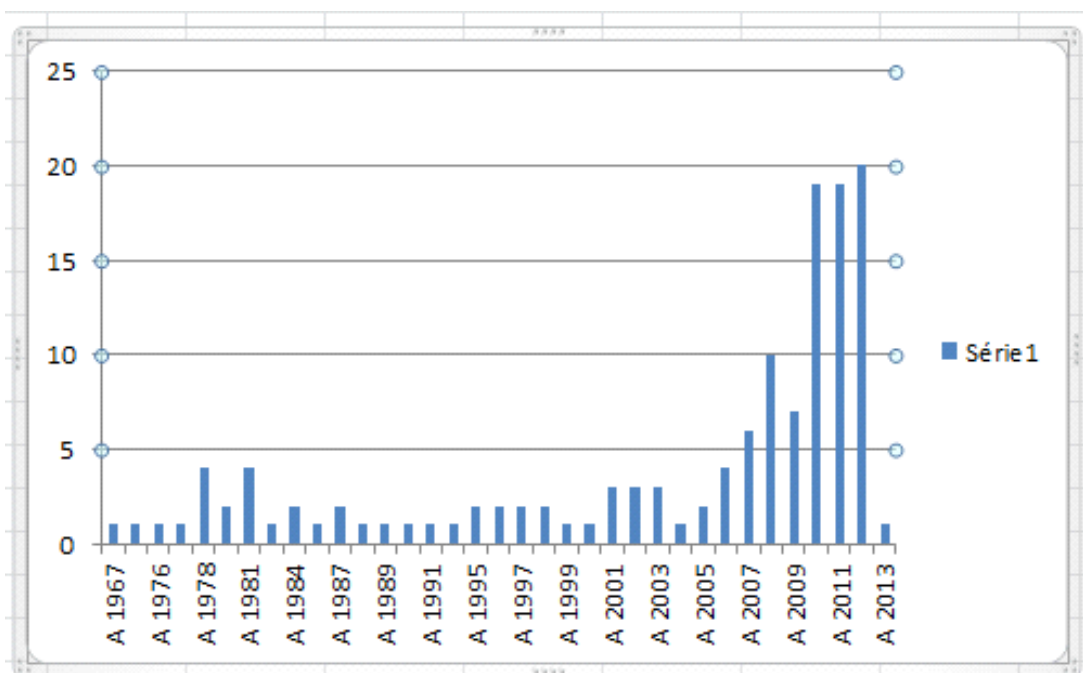


Figura 1: Distribuição dos médicos participantes do inquérito segundo o ano de formatura

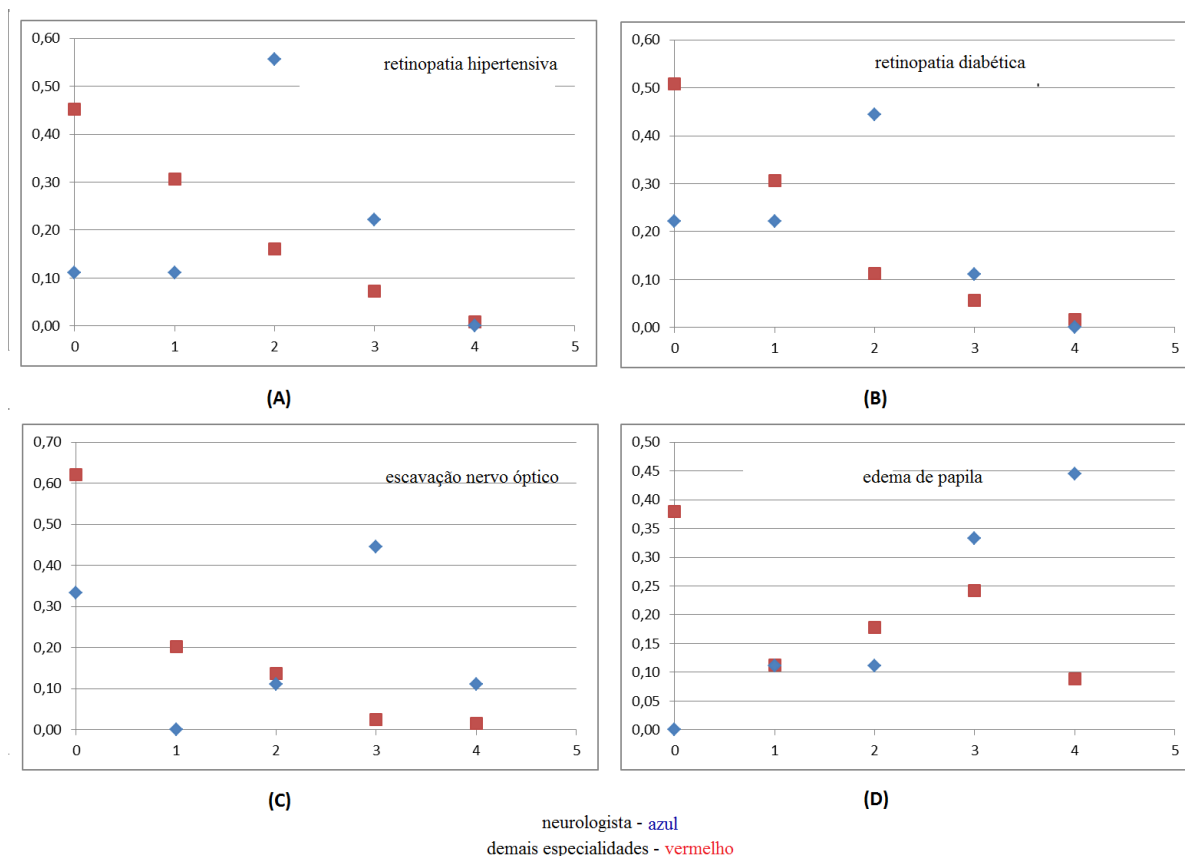


Figura 2: Abscissa: nível de confiança; ordenada: frequência das respostas. Médicos sem especialidade em oftalmologia (vermelho) comparados com neurologistas (azul) no diagnóstico de: retinopatia hipertensiva (A); retinopatia diabética (B); escavação de disco suspeita (C); papiledema (D) através da oftalmoscopia direta.

Com essa nova metodologia, visamos adotar um método no qual os alunos possam participar desde o início, da construção do modelo, momento em que diversos conceitos básicos da óptica são compreendidos. Obtendo os conhecimentos básicos, o aluno terá maior facilidade no entendimento clínico do exame e um alicerce essencial para a manutenção do conhecimento em longo prazo. O ensino com uso de modelos permite que se tenha um aprendizado de bases teóricas da matéria juntamente com o desenvolvimento de habilidades para a realização do exame. Acreditamos que esse modelo de ensino com predominância de metodologias ativas e um método de avaliação do aluno não apenas exclusivamente cognitivo seja o mais adequado. Isso permite que o aluno tenha mais vontade de participar das aulas e adquirir suas competências. (79) Propomos reduzir as horas de aulas teóricas de oftalmologia e aumentar a carga horária de momentos que incentivem o aluno a aprender ativamente com a solução de problemas.

Existem diversos modelos no mercado atualmente, e todos possibilitam o treinamento sem ônus ao paciente. Diversos desses modelos apresentam tecnologia mais avançada e com melhor definição de imagem e possibilidades de uso. Nosso modelo, entretanto, apresenta o diferencial da fácil construção, que foi planejada para estimular o aluno, que diante do desafio da construção do modelo, é levado a ter contato com informações e com a produção de conhecimento. Para manter a qualidade do modelo, recomendou-se a impressão em papel de fotografia “glossy” com uma resolução de 900 dpi. A fotografia da retina utilizada foi reduzida para um quadrado com 1 centímetro de lado, mantendo o tamanho do disco óptico em aproximadamente 1,5 mm (tamanho anatômico real).

O ato de ensinar-aprender deve ser um conjunto de atividades articuladas, nas quais todos os envolvidos compartilham em escala crescente as parcelas de responsabilidade e comprometimento. Para isso, é essencial a superação da concepção do aluno como mero “depósito” de conteúdo, sendo obrigado a memorizar tudo. Nessa forma de aprendizado, o estudante assume um papel mais ativo, sendo retirado da atitude de um mero receptor de conteúdos e passa a buscar conhecimentos relevantes aos objetivos da aprendizagem. (92-94)

Essa metodologia de ensino busca mudar o foco da utilização do paciente puramente como objeto de prática dos estudantes. O ensino com uso de modelos preserva o paciente e aumenta a segurança de ambas as partes. O aluno previamente treinado com modelos melhora sua parte cognitiva e psicomotora, podendo partir para o exame real, mais complexo, com mais confiança. A maior confiança do aluno provocará maior sensação de confiança e segurança no paciente submetido ao exame. (95,96)

A graduação de medicina dura em média 6 anos, contudo esta é uma ciência em constante transformação que exige a reciclagem de conhecimentos. Modelos e simuladores podem ser utilizados para a educação continuada também aos médicos formados, independentemente do tempo de formação e especialidade. A simulação também pode ser empregada para a verificação de formação e conhecimento. A qualificação dos profissionais de saúde com novas metodologias de ensino fica mais evidente com o avanço da tecnologia. O grande número de especialistas com deficiências na sua formação que acabam apenas realizando exames de triagem para

outros subespecialistas podem perder espaço no mercado de trabalho para o que os dispositivos móveis serão capazes de realizar no futuro.

Com essa ação, o oftalmologista desenvolveria um papel social importante na educação médica e no atendimento primário dos pacientes, além da formação de outros profissionais de saúde capacitados para a realização desse exame com segurança. A tecnologia se faz presente amplamente na atualidade, e muito tem sido conquistado com o auxílio tecnológico. Como já descrito, há diversos outros modelos mais sofisticados e tecnológicos do olho humano, porém, apesar de considerarmos a tecnologia essencial, nosso objetivo foi criar um modelo simples e de custo reduzido para atender a necessidade de ensino desse importante exame médico. Considerando o custo (estimado de três reais por modelo, cerca de um dólar), esse modelo é acessível a todas as instituições de ensino, independente da verba disponível e pode ser um recurso interessante principalmente em universidades de países em desenvolvimento, onde a verba é mais escassa. Sua simplicidade na construção, permite que cada aluno esteja apto a construir e utilizar seu próprio modelo para treinar conforme sua necessidade e desejo (Anexo 4).

Em nosso estudo, o grupo de alunos que realizou o treinamento com o modelo apresentou uma curva de aprendizado mais rápida e melhor resultado quando comparado ao grupo que não treinou com o modelo. O grupo que foi exposto ao ensino tradicional com treinamento prático apenas em outros alunos antes do treinamento com os pacientes apresentou maior dificuldade no exame. (79)

Buscando demonstrar a versatilidade do modelo e expandir sua utilidade, realizamos uma adaptação dele para o ensino de reflexo vermelho. O exame de reflexo vermelho ou “teste do olhinho”, originalmente descrito por Brückner em 1962, é importante para diagnosticar doenças oculares de forma precoce nos recém-nascidos, acelerando o encaminhamento e evitando problemas visuais mais trágicos, até salvando vidas. Esse teste apresenta sensibilidade de até 99% para detectar alterações do segmento anterior e valores mais reduzidos para alterações do segmento posterior 4,1%, que tende a aumentar de forma diretamente proporcional ao treinamento da equipe médica. (97)

Nosso estudo demonstrou aumento da segurança no diagnóstico com esse exame pelos profissionais de saúde treinados com o modelo. Dessa forma, esse modelo de baixo custo pode ser usado não apenas no ensino de oftalmoscopia direta

e indireta, mas também no ensino de outro importante exame oftalmológico que deve ser de conhecimento obrigatório por todos os profissionais de saúde que trabalham em maternidades, que é o teste do reflexo vermelho. Esse exame pode servir para evitar causas de cegueira infantil, que tem um grande impacto econômico na saúde devido à alta expectativa de vida de uma criança. Com o intuito de reduzir estas causas de cegueira, foi criada nas cidades Rio de Janeiro e São Paulo uma lei que exige a realização do "teste do reflexo vermelho" em todos os bebês antes de saírem da maternidade. O estudo epidemiológico realizado em uma grande maternidade de São Paulo demonstrou que a alteração do reflexo vermelho está entre as principais causas de avaliação oftalmológica, e como a sensibilidade e a especificidade desse exame dependem do treinamento do médico, o treinamento com modelos torna-se importante.(98-100) Essa metodologia de ensino pode ser adaptada para alunos de medicina veterinária, que possuem uma curva de aprendizado dificultada pela diferenças anatômicas da retina dos animais , além de pouca colaboração dos bichos durante o exame. Demonstramos que a tecnologia pode ser uma aliada no ensino com o uso de retinógrafos portáteis que podem ser utilizados para o ensino, permitindo que os alunos acompanhem o exame em tempo real e fornecendo imagens de retinografias que podem ser utilizadas no modelo de ensino. (41)

O currículo médico precisa estar em constante adaptação às novas tecnologias e necessidades da sociedade. O ensino da oftalmoscopia direta e do teste do reflexo vermelho possuem grande importância na triagem e diagnóstico de importantes causas de cegueira na vida adulta e infantil. Os modelos de alto custo são normalmente mais realistas para permitir um melhor treinamento dos estudantes, porém possuem um acesso mais limitado, principalmente em se tratando de serviços de residência médica em países em desenvolvimento. Tal problema pode ser parcialmente contornado com o desenvolvimento de modelos de baixo custo, que embora não consigam simular com tanta precisão, aumentam a participação do aluno no processo de treinamento. Reconhecemos que o treinamento com o modelo não substitui o treinamento com pacientes reais, e deve ser considerado como um método de ensino complementar. A educação baseada no uso de modelos retorna seu investimento para a sociedade com a formação de médicos mais bem capacitados e seguros que valorizem o exame fundoscópico, entendendo que sua realização pode levar ao correto encaminhamento e diagnóstico precoce de doenças que podem levar

à cegueira ou ameaçar a vida. Dessa forma, os pacientes serão encaminhados precocemente aos serviços de oftalmologia, após serem atendidos por médicos generalistas nas unidades básicas de saúde. Isso poderá salvar vidas e diminuir os índices de cegueira na população. (101-104)

O desenvolvimento de algoritmos para o diagnóstico de doenças oftalmológicas necessita de muitas imagens para serem classificadas. Os estudos cooperativos entre diferentes centros de pesquisa no mundo podem ser úteis para o desenvolvimento de algoritmos com melhor acurácia e aplicabilidade clínica. Podem ser estudadas as principais doenças responsáveis por cegueira nesses países. Os algoritmos podem dessa forma reduzir os custos de acesso à saúde e melhorar o diagnóstico e acompanhamento de muitas doenças.

A primeira pessoa a desenvolver um algoritmo foi Euclides no século III AC, bem antes da invenção do primeiro computador. Ele desenvolveu um modelo para o encontro do máximo divisor comum. Por muitos anos, os algoritmos eram desenvolvidos por matemáticos para serem utilizados por outros matemáticos. Atualmente, eles são desenvolvidos por equipes de profissionais multidisciplinares para serem utilizados pelo maior número possível de pessoas sem formação técnica específica. (45) Para o desenvolvimento de um algoritmo são necessários milhares a milhões de imagens, que devem ser extraídas de ambientes realistas e validados. É possível que uma interação do trabalho humano com o dos algoritmos, sendo complementados em seus melhores aspectos, levem um melhor atendimento possível à população.

Na atualidade, a análise de grandes bancos de dados permite o reconhecimento e aprendizado de novos padrões por algoritmos em curto período, melhorando a qualidade dos diagnósticos e criando uma medicina personalizada.

Os dados podem ser utilizados em três grandes grupos: classificação, segmentação e predição. Na classificação, uma imagem será classificada em diferentes categorias (presença ou ausência de doença por exemplo). Essa função é explorada em algoritmos de triagem e estadiamento de doenças. Nos algoritmos de segmentação são delineados diferentes estruturas anatômicas e lesões, sendo importantes na determinação de biomarcadores de doenças. Já os algoritmos de predição abordam a relação dos dados com resultados futuros, ajudando na estimativa de prognóstico de doenças.

Dessa forma, devido ao envelhecimento da população, haverá um aumento das doenças oftalmológicas que precisam de diagnóstico e acompanhamento. Contudo, não existe um número adequado de especialistas para suprir essa necessidade em muitos locais do planeta. Assim, a incorporação da tecnologia de *machine learning* na oftalmologia pode melhorar o atendimento médico da população em regiões com recursos médicos limitados, reduzindo algumas desigualdades sociais. Podemos usar essa tecnologia para o estudo e acompanhamento de diversas doenças que possuam dados para serem avaliados e acometem diversos grupos da população. Não existe modelo de algoritmo de inteligência artificial que funcione para todas as doenças oftalmológicas. Devemos, dessa maneira, escolher o melhor modelo e estar ciente das suas limitações e em que grupo de estudo foi aplicado, para saber se os resultados extrapolados para a população em avaliação são confiáveis. (105-108)

Na oftalmologia, a inteligência artificial tem potencial ilimitado para executar inúmeras tarefas de forma mais rápida e eficiente que os humanos, tais como o processamento de dados e informações. Por outro lado, possuem limitações inerentes à tecnologia, como a ausência de percepção dos aspectos sociais e psicológicos da natureza humana que eventualmente podem influenciar no diagnóstico.

Buscando auxiliar no tratamento e acompanhamento da uveíte por toxoplasmose, que é a principal causa de uveíte infecciosa no Brasil, desenvolvemos um programa de processamento de imagens, que pode ser implementado em algoritmos de inteligência artificial e testado em futuros estudos prospectivos com maior número de dados. Com o método de processamento de imagens utilizado, foi possível quantificar as alterações das cores em pixels das lesões evolutivas de um caso de uveíte por toxoplasmose. O programa conseguiu perceber variações que poderiam não ser percebidas ao olho humano. Cabendo novos estudos para avaliar a sensibilidade e especificidade do método no acompanhamento dessa patologia. O mesmo programa pode ser adaptado para o acompanhamento de outras doenças oftalmológicas como a retinopatia diabética. (109)

O algoritmo desenvolvido para a análise de alteração de espessura de retina em retinografias de pacientes diabéticos se mostrou útil para ser usado como uma futura ferramenta de auxílio na triagem de pacientes diabéticos em regiões com

carência de atendimento de oftalmologistas. Esse algoritmo, que utiliza a metodologia de rede neural convolucional, pode ser implementado em retinógrafos portáteis auxiliando na triagem de casos graves de retinopatia diabética. O algoritmo utilizou uma metodologia de treinamento autossupervisionado para prever a espessura da retina de pacientes em fotos de retina com filtro *infrared*, baseado em imagens pareadas de tomografia de coerência óptica de retina. O algoritmo demonstrou uma variação média de 33 micra de desvio em relação às imagens de espessura de retina pareadas de OCT (padrão ouro de avaliação do estudo). O programa demonstrou uma boa capacidade de previsão de uma área de atrofia e de edema de retina quando comparado com mapas de espessura de retina de OCT. Contudo, novos estudos aplicados em outras populações diversas da utilizada no treinamento do algoritmo devem ser realizados para a validação do modelo e sua futura aplicação como método de triagem. Além disso, o modelo pode ser adaptado para outras avaliações multimodais de imagens oftalmológicas de outras retinopatias. (110)

A disseminação de tecnologia médica tem um impacto na prática da educação médica, incorporando diferentes dimensões em sua abordagem. Com a evolução da tecnologia médica foi possível reduzir o impacto do prejuízo na formação de oftalmologistas, que tiveram sua formação prejudicada no internato médico pela redução no número de atendimentos e cirurgias durante a pandemia do coronavírus. Esse problema pode ser minimizado com o uso de teleconsultas, treinamento on line e uso de modelos de treinamento. Os treinamentos on line possuem a vantagem de poderem ser acessados pelo estudante em diversos momentos, permitindo uma revisão e fixação do conteúdo estudado, com uma maior flexibilidade de horário. Esses cursos permitem a divulgação do conhecimento para um número maior de alunos de um curso presencial e com um menor custo. A dificuldade de interação entre o professor e o aluno pode ser contornada com a criação de fóruns on line. (99)

Tem crescido nos estudos da medicina a próspera capacidade de coletar dados, o que favorece a criação de programas como o data warehouse para analisar o Big Data na educação médica, aumentando a importância do ensino de análise estatística nos cursos de medicina contemporâneos. No desenvolvimento dos programas de data warehouse tem sido demonstrado a importância do oftalmologista para o desenvolvimento de programas que triem adequadamente os dados desejados

para o estudo. Da mesma maneira que é importante a interação dos oftalmologistas com os engenheiros para o desenvolvimento de algoritmos de inteligência artificial. (111,112)

A recente pandemia de COVID 19 demonstrou a importância da tecnologia no atendimento e ensino de oftalmologia. O desenvolvimento de novos algoritmos de inteligência artificial e aparelhos de captação de imagens oftalmológicas, que podem ser usados pelo próprio paciente, podem facilitar o acompanhamento de doenças oftalmológicas em áreas com poucos especialistas ou em situações que necessitem de isolamento social como epidemias. Os centros médicos acadêmicos devem aproveitar essa oportunidade para modificar seu currículo, incluindo o treinamento de ciência de dados, informática, realidade virtual e telemedicina. A tecnologia tornou-se essencial para tratar e acompanhar doenças oftalmológicas de pacientes que não poderiam se deslocar até os hospitais devido ao isolamento social. Do ponto de vista oftalmológico, a ausência de cuidados e o atraso no diagnóstico podem ser responsáveis por sérias complicações, incluindo até mesmo quadros de cegueira. Novos avanços na área técnica e jurídica serão importantes para acompanhar o desenvolvimento dessas novas tecnologias, protegendo o sigilo dos dados dos pacientes. Essa tecnologia que já poderia facilitar o acesso ao atendimento de pacientes que moram em regiões com deficiência de atendimento oftalmológico e reduzem os custos do atendimento, pôde garantir um acompanhamento oftalmológico para pacientes que perderam o acompanhamento devido à necessidade de isolamento social.(113) O telemonitoramento facilita dessa forma o acompanhamento de doenças oftalmológicas crônicas, tendo o Conselho Federal de Medicina do Brasil reconhecido a possibilidade de adoção de determinadas modalidades de telemedicina, em caráter excepcional, como combate à pandemia do COVID-19. Dessa forma, seja com a melhoria do ensino da oftalmologia ou a difusão do uso de novas tecnologias, medidas são necessárias para reduzir esse grande custo econômico causado por causas de cegueira passíveis de prevenção com um diagnóstico e acompanhamento adequados. O estímulo dos alunos do processo de construção de uma solução para problemas cotidianos auxilia no aprendizado além de permitir o desenvolvimento de novos produtos. (114-116)

O uso da inteligência artificial e análise de big data se difundiu durante a pandemia do coronavírus em outras áreas da medicina além da oftalmologia. Como

exemplo tivemos o desenvolvimento dos aplicativos Dados do Bem no Brasil e Stay away COVID em Portugal para o rastreamento de contactantes do COVID-19. Essa inovação tecnológica ajuda a reduzir os gastos públicos. Os algoritmos desenvolvidos permitem fornecimento dos dados epidemiológicos desses dois países em tempo real, permitindo o ajuste das políticas públicas no combate à pandemia da COVID-19 com a coparticipação da população. (117)

Avanços da área de legislação serão necessários para permitir o trabalho de médicos na área de telemedicina, que atualmente possuem permissão para clinicar apenas nos países em que realizaram sua graduação. Novos regulamentos que assegurem o sigilo dos dados serão necessários serem desenvolvidos para acompanhar esse avanço tecnológico que foi implementado de maneira urgente durante a pandemia do COVID-19. Devemos nos esforçar para desenvolver uma telemedicina cujo principal foco não seja apenas reduzir o investimento na saúde e sim aumentar a eficácia no acompanhamento dos pacientes. A telemedicina acrescenta na formação dos profissionais de saúde além de evitar que pacientes e médicos viajem grandes distâncias para serem atendidos.

Pandemias como a do novo coronavírus, que levaram a um isolamento social dificultando o acesso ao atendimento oftalmológico até de pacientes que tinham um bom atendimento oftalmológico e piorando ainda mais atendimento oftalmológico em países que já tinham uma distribuição irregular desses especialistas, permitiram que a implementação de mudanças inovadoras na medicina como telemedicina e inteligência artificial que pudessem auxiliar no diagnóstico de doenças oftalmológicas e no treinamento e formação de aluno.

CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

- A distribuição de médicos e especialistas em oftalmologia demonstrou ser irregular no território brasileiro e português, comprovando que um simples aumento no número de especialistas não é o suficiente para melhorar a qualidade do atendimento oftalmológico à população desses países.
- O modelo de treinamento ideal demonstrou ter um diâmetro pupilar em um valor máximo de 3,74 milímetros, com uma esfera de raio de 1,1 centímetro, com índice de refração de 1,49 para garantir um melhor custo-benefício. O modelo demonstrou ser hipermetrópico, podendo ser corrigido com a associação de uma lente de contato rígida ou com a correção de lentes do próprio aparelho de oftalmoscopia direta.
- Os estudantes de medicina se sentiram mais seguros e apresentaram uma curva de aprendizado mais rápida com o treinamento com o modelo comparados com o grupo de estudantes que não utilizou o modelo para o seu treinamento.
- A versatilidade do modelo permitiu que ele fosse utilizado juntamente com um retinógrafo portátil para o auxílio do ensino de oftalmoscopia direta para médicos veterinários.
- O reflexo vermelho alterado demonstrou ser uma das principais causas de avaliação oftalmológica em uma maternidade de grande volume de atendimento na cidade de São Paulo, confirmando a importância da adaptação do modelo para o ensino do teste de Brückner.
- O programa desenvolvido para análise de lesões de uveíte posterior por toxoplasmose utilizou técnicas (regiões de crescimento por fuzzy e média) eficazes no que diz respeito à segmentação e quantificação de pixels nas regiões de interesse, e ambas geraram resultados muito semelhantes na segmentação e quantificação das áreas afetadas por

uveíte. Em ambos os casos, houve uma diminuição proporcional do número de pixels nas áreas alvo, o que demonstra que os métodos implementados na fase de processamento de imagens identificaram e segmentaram as áreas de forma satisfatória.

- O algoritmo de inteligência artificial, desenvolvido para a triagem de pacientes com retinopatia diabética, mostrou ser capaz de auxiliar no diagnóstico de áreas de atrofia e edema de retina de forma totalmente independente dos dados do OCT no momento da inferência.
- A inteligência artificial já possui várias utilidades no diagnóstico oftalmológico e pode ser usada em momentos em que existem uma dificuldade de atendimento oftalmológico. Sua utilização pode auxiliar atendimentos de telemedicina e ajudar no desenvolvimento de políticas públicas de saúde, como com o desenvolvimento de aplicativos para triagem de contactantes na pandemia do coronavírus.

PERSPECTIVAS FUTURAS

O ensino através da simulação com uso de modelos é uma metodologia que traz inúmeros benefícios que justificam seu emprego mais disseminado. Buscaremos utilizar essa metodologia de ensino nas turmas das Universidades Federais do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), faculdade de medicina do Hospital Albert Einstein de São Paulo e na maternidade Vila Nova Cachoeirinha de São Paulo. Esperamos que, com o sucesso do uso do método nessas instituições, outras instituições e outros professores se interessem e passem a disseminar a metodologia de ensino, inclusive no ensino de oftalmologia para médicos veterinários. (118).

Ainda buscando melhorar a assistência oftalmológica, estamos envolvidos em projetos para o desenvolvimento de algoritmos de computador para auxiliar no diagnóstico e seguimento de doenças oftalmológicas. O desenvolvimento de algoritmos de inteligência artificial e novas tecnologias de monitoramento de imagens demonstraram algumas limitações, mas possuem um futuro promissor no acompanhamento de doenças como a retinopatia diabética, que pode ter seu edema

de mácula mais bem detectado em retinografias, ou monitoramento de lesões de coriorretinite por toxoplasmose, que é uma das principais causas de uveíte infecciosa. O programa desenvolvido para o acompanhamento de imagens de uveíte por toxoplasmose pode ser adaptado para o acompanhamento de outras retinopatias, como a diabética.

Além da capacitação de nossos futuros médicos, buscamos o desenvolvimento de novas tecnologias na área de processamento de imagem e inteligência artificial, sem contudo deixar de fornecer o conhecimento básico aos alunos sobre o exame oftalmológico, permitindo que a tecnologia seja uma aliada no conhecimento, sem que os futuros médicos tornem-se dependentes da tecnologia para o atendimento dos pacientes.(119,120) Dentre esses algoritmos, temos o projeto FILTER desenvolvido na AIBILI (Associação para Investigação Biomédica em Luz e Imagem), que busca o desenvolvimento de um protótipo para monitorização de doenças oftalmológicas como a retinopatia diabética e a degeneração macular relacionada à idade, que são duas das principais causas de perda de visão no mundo. Ele busca utilizar análise de imagens para o rastreamento e acompanhamento dessas patologias, baseados em inteligência artificial, de análise e visualização de imagens de tomografia de coerência óptica e de fotografia do fundo do olho. As principais vantagens dessas ferramentas são a redução do tempo despendido por um especialista na análise dos dados, bem como o melhoramento da reprodutibilidade e precisão dos resultados.

O desenvolvimento de grandes estudos longitudinais para avaliar os sistemas de inteligência artificial desenvolvidos são importantes para avaliar sua eficácia e segurança. Isso permitirá um estudo dos impactos reais da inteligência artificial no cuidado de doenças oftalmológicas.

O desenvolvimento de algoritmos que utilizam dados gerados e armazenados em tempo real em uma nuvem pode ser útil no controle e acompanhamento de doenças oftalmológicas e no desenvolvimento de políticas públicas de saúde como a enfrentada durante a pandemia do coronavírus. Estudos colaborativos com a Universidade de Munique Ludwig-Maximilians para desenvolver novos programas de análise de big data podem auxiliar no acompanhamento de patologias, permitindo o estudo uma grande quantidade de informações em um curto espaço de tempo, economizando no desenvolvimento de estudos epidemiológicos e permitindo a tomada de decisões em tempo real. (112,121,122)

Os algoritmos de inteligência artificial demonstraram ser capazes de realizar tarefas repetíveis com grande precisão, velocidade e consistência, incluindo diagnóstico automatizado de imagens de retinografia e OCT, ajudando nos projetos de triagem oftalmológica e telemedicina. Contudo, os sistemas atuais de inteligência artificial são geralmente desconsiderados no que diz respeito ao status moral. Estudos devem ser realizados para evitar que certas decisões tomadas pelo algoritmo ultrapassem certos preceitos éticos e morais estabelecidos pela sociedade. É muito provável que a ética da máquina apresente nosso maior desafio. Os vieses na coleta de dados podem afetar substancialmente a generalização do modelo treinado para além da população em que ele foi treinado. Dessa forma, são necessários novos estudos com os algoritmos desenvolvidos em populações diferentes. Novas pesquisas que decodifiquem a rede neural dos algoritmos, esclarecendo como eles chegam a um resultado, conhecido como “caixa preta”, podem aumentar a confiança da sociedade médica na inteligência artificial e melhorar o entendimento sobre novas patologias. (123-127)

Nesse viés, é perceptível que esses sistemas terão grande benefícios em centros rurais remotos, onde o acesso a cuidados especializados é limitado, facilitando a triagem por profissionais de saúde sem especialização em oftalmologia. Visa-se, portanto, a utilização do algoritmo como solução às barreiras no atendimento oftalmológico da população, o que contribuiria para a redução da incidência de deficiência visual a longo prazo. (128-130)

Insta salientar, por fim, que a utilização da tecnologia consubstanciada nos algoritmos da inteligência artificial é uma forma de prestar um atendimento cada vez mais preciso e potencializar pesquisas científicas, sendo uma fonte de complemento e inovação às habilidades cotidianas de um oftalmologista. Trata-se, portanto, da utilização da tecnologia em complemento à expertise humana.

6 REFERÊNCIAS

1. Escolas médicas do Brasil. [citado 2021 junho 24]. Disponível em: <https://www.escolasmedicas.com.br/estatisticas-nacionais.php>
2. Oliveira, Neilton Araujo de; Alaves, Luiz Anastácio. Ensino Médico, SUS e Início da Profissão: como se Sente Quem Está se Formando? *Revista Brasileira de Educação Médica* 2011;35 (1): 26-36.
3. Scheffer M, Biancarelli A, Cassenote A. Demografia médica no Brasil 2018. Departamento de Medicina Preventiva, Faculdade de Medicina da USP. Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo. São Paulo: Conselho Federal de Medicina. 2018.
4. Campos VDG, Fidelis FAP, Silva PHG, Teixeira ASG, Batista AS. Recorte Demográfico da Residência Médica Brasileira em 2019. *Revista Consensus*. Edição 32. Agosto/setembro 2019.
5. Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO). Censo Oftalmológico 2014 [Internet]. São Paulo (SP): CBO; 2014 [citado 2015 Out 25]. Disponível em: <http://www.cbo.net.br/novo/publicacoes/CensoCBO2014.pdf>
- 6 Correia IM, Veiga P. Geographic distribution of physicians in Portugal. *Eur J Health Econ* (2010) 11: 383-393
7. Martins TGS, Silva R, Schor P. Distribution of Physicians and Ophthalmologists in Brazil and Portugal. *Acta Med Port* 2020 Oct;33(10):635-637
8. Santos Martins TGD, de Azevedo Costa ALF, Schor P. Comment on: "Do We Have Enough Ophthalmologists to Manage Vision-Threatening Diabetic Retinopathy? A Global Perspective" [published online ahead of print, 2020 Apr 28]. *Eye (Lond)*. 2020; 10.1038/s41433-020-0903-3. Doi:10.1038/s41433-020-0903-3
9. Campos L, A perspective on the OECD Report "Health at an Glance 2017" *Acta Med Port* 2018 Jan; 31 (1): 9 -11.
10. Schmidt SD, Furini CRG, Zinn CG, Cavalcante LE, Ferreira FF, Behling JAK, et al. Modulation of the consolidation and reconsolidation of fear memory by three different serotonin receptors in hippocampus. *Neurobiol Learn Mem* [Internet]. 2017;142:48–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nlm.2016.12.017>
11. Martins TGS, Martins TGS. Neuroscience Applied In Education Of Ophthalmology. *The Open Ophthalmology Journal*, 2019, 13, 68-69
12. Sarmiento, E. L. P.; Garrido, L. M. M.; Conde, C.; Tomaz C. Emoção e Memória: inter-relações psicobiológicas. *Brasília Médica*. 2007;44:24–39.
13. Quillen DA, Harper RA, Haik BG. Medical student education in ophthalmology: Crisis and opportunity. *Ophthalmology*. 2005;112(11):1867–8.
14. Lippa LM, Boker J, Duke A, Amin A. A novel 3-year longitudinal pilot study of medical students' acquisition and retention of screening eye examination skills. *Ophthalmology*. 2006;113(1):133–9.
15. Stern GA. Teaching Ophthalmology to Primary care physicians. *Arch Ophthalmol*. 1995;113(6).
16. Harding SP, Broadbent DM, Neoh C, White MC, Vora J. Sensitivity and specificity of photography and direct ophthalmoscopy in screening for sight threatening eye disease: the Liverpool Diabetic Eye Study. *BMJ* [Internet]. 1995;311(7013):1131–5. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2551056&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
- 17 Gupta RR, Lam W-C. Medical students' self-confidence in performing direct

- ophthalmoscopy in clinical training. *Can J Ophthalmol* [Internet]. 2006;41(2):169–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1139/I06-004>
18. Benbassat J, Polak BCP, Javitt JC. Objectives of teaching direct ophthalmoscopy to medical students. *Acta Ophthalmol*. 2012;90(6):503–7.
19. Quillen DA, Cantore WA. Impact of a 1-day ophthalmology experience on medical students. *Ophthalmology*. 2006. Dec;113(12):2307-9.
20. Bellan L. Ophthalmology undergraduate education in Canada. *Can J Ophthalmol* [Internet]. 1998 Feb;33(1):3–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9513765>
21. Fan JC, Shervin T, McGhee CNJ. Teaching of ophthalmology in undergraduate curricula: A survey of Australian and Asian medical schools. *Clin Exp Ophthalmol* 2007 35 :310-317.
22. Carvalho, JÁ. Oftalmologia e realidade virtual. *Revista Brasileira de oftalmologia* 2012; 71(1):40-7
23. Fred HL. Requiem for the ophthalmoscope. *Hosp Pract (Off Ed)* [Internet]. 1994 Feb 15;29(2):37–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8018150>
24. Carter MJ. Buttons and Wooden Swords: Polybius 10.20.3, Livy 26.51, and the Rudis. *Chicago J*. 2012;5(7):433–59.
25. Littlewood KE. High fidelity simulation as a research tool. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2011; 25:473-487.
26. Barry Issenberg S, MCGAGHIE WC, PETRUSA ER, LEE GORDON D, SCALESE RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. *Med Teach* [Internet]. 2005 Jan 3;27(1):10–28. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01421590500046924>
27. Pao KY, Uhler TA JE. Creating THELMA - The Human Eye Learning Model Assistant. *J Acad Ophthalmol*. 2008;1:92–6.
28. McCarthy DM, Leonard HR, Vozenilek JA. A new tool for testing and training ophthalmoscopic skills. *J Grad Med Educ* [Internet]. 2012;4(1):92–6. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3312543&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
29. Larsen P, Stoddart H, Griess M. Ophthalmoscopy using an eye simulator model. *Clin Teach* [Internet]. 2014 Apr;11(2):99–103. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/tct.12064>
30. Chung KD, Watzke RC. A simple device for teaching direct ophthalmoscopy to primary care practitioners. *Am J Ophthalmol*. 2004;138(3):501–2.
31. Milani BY, Majdi M, Green W, Mehralian A, Moarefi M, Oh FS, et al. The Use of Peer Optic Nerve Photographs for Teaching Direct Ophthalmoscopy. *Ophthalmology* [Internet]. 2013 Apr;120(4):761–5. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0161642012008986>
32. Akaishi Y, Otaki J, Takahashi O, Breugelmans R, Kojima K, Seki M, et al. Validity of direct ophthalmoscopy skill evaluation with ocular fundus examination simulators. *Can J Ophthalmol / J Can d'Ophtalmologie* [Internet]. 2014 Aug;49(4):377–81. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008418214002166>
33. Amberg R, Pollak S. Postmortem endoscopy of the ocular fundus: A valuable tool in forensic postmortem practice. *Forensic Sci Int*. 2001;124(2–3):157–62.
34. Borgersen NJ, Henriksen MJV, Konge L, Sørensen TL, Thomsen ASS, Subhi Y. Direct ophthalmoscopy on youtube: Analysis of instructional youtube videos' content and approach to visualization. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:1535–41.

35. Izard SG, Juanes JA, García Peñalvo FJ, Estella JMG, Ledesma MJS, Ruisoto P. Virtual Reality as an Educational and Training Tool for Medicine. *J Med Syst*. 2018;42(3):50. Published 2018 Feb 1. doi:10.1007/s10916-018-0900-2
36. DeBuc DC. The Role of Retinal Imaging and Portable Screening Devices in Teleophthalmology Applications for Diabetic Retinopathy Management. *Curr Diab Rep*. 2016 Dec;16(12):132. doi: 10.1007/s11892-016-0827-2. PMID: 27841014.
- 37 Thomas MP . The role of simulation in the development of technical competence during surgical training: a literature review. *Int J Med Educ*. 2013; 4: 48–58. Published online 2013 Mar 16. doi: 10.5116/ijme.513b.2df7
PMCID: PMC4205537
38. Bhutta MF. A review of simulation platforms in surgery of the temporal bone. *Clin Otolaryngol*. 2016 Oct;41(5):539-45. doi: 10.1111/coa.12560. Epub 2016 Feb 11. PMID: 26453455.
- 39 . Davies J, Khatib M, Bello F. Open surgical simulation--a review. *J Surg Educ*. 2013 Sep-Oct;70(5):618-27. doi: 10.1016/j.jsurg.2013.04.007. Epub 2013 May 30. PMID: 24016373.
40. Gilbody J, Prasthofer AW, Ho K, Costa ML. The use and effectiveness of cadaveric workshops in higher surgical training: a systematic review. *Ann R Coll Surg Engl*. 2011 Jul;93(5):347-52. doi: 10.1308/147870811X582954. PMID: 21943455; PMCID: PMC3365449.
41. Martins TGDS, Martins TGDS, Schor P. Response to Westermeyer et al, "Use of a Versatile, Inexpensive Ophthalmoscopy Teaching Model in Veterinary Medical Student Education Increases Ophthalmoscopy Proficiency". *J Vet Med Educ*. 2020;47(3):249. doi:10.3138/jvme-2020-0002
42. Rosen JM, Soltanian H, Laub DR, Mecinski A, Dean WK. The evolution of virtual reality from surgical training to the development of a simulator for health care delivery. A review. *Stud Health Technol Inform [Internet]*. 1996;29:89–99. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10163799>
- 43 Keeler CR. The ophthalmoscope in the lifetime of Hermann von Helmholtz. *Arch Ophthalmol*. 2002 Feb;120(2):194-201. doi: 10.1001/archophth.120.2.194. PMID: 11831923.
44. Martins TGDS, Costa ALFA. A new way to communicate science in the era of Big Data and citizen science. *Einstein (São Paulo)*. 2017;15(4):523. doi:10.1590/S1679-45082017CE4280
45. Martins TGDS, Francisco Kuba MC, Martins TGDS. Teaching Ophthalmology for Machines. *Open Ophthalmol J*. 2018; 12:127–129. Published 2018 Jun 29. doi:10.2174/1874364101812010127
46. Martins TGDS, Costa ALFA, Martins TGDS. Big Data use in medical research. *Einstein (São Paulo)*. 2018;16(3): eED4087. Published 2018 Sep 17. doi:10.1590/S1679-45082018ED4087
47. Rao C, Raman R. Artificial intelligence applications for Ophthalmology: Current status. *Nepal J Ophthalmol*. 2019 Jan;11(21):1-4. doi: 10.3126/nepjoph.v11i1.25409. PMID: 31523059.
48. Meskó B, Hetényi G, Gyórfy Z. Will artificial intelligence solve the human resource crisis in healthcare? *BMC Health Serv Res*. 2018 Jul 13;18(1):545. doi: 10.1186/s12913-018-3359-4. PMID: 30001717; PMCID: PMC6044098.
49. LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. *Nature*. 2015 May 28;521(7553):436-44. doi: 10.1038/nature14539. PMID: 26017442.
50. Christiansen EM, Yang SJ, Ando DM, et al. In silico labeling: predicting fluorescent labels in unlabeled images. *Cell*. 2018; 173: 792-803.

51. Kermany DS, Goldbaum M, Cai W, Valentim CCS, Liang H, Baxter SL, McKeown A, Yang G, Wu X, Yan F, Dong J, Prasadha MK, Pei J, Ting MYL, Zhu J, Li C, Hewett S, Dong J, Ziyar I, Shi A, Zhang R, Zheng L, Hou R, Shi W, Fu X, Duan Y, Hui VAN, Wen C, Zhang ED, Zhang CL, Li O, Wang X, Singer MA, Sun X, Xu J, Tafreshi A, Lewis MA, Xia H, Zhang K. Identifying Medical Diagnoses and Treatable Diseases by Image-Based Deep Learning. *Cell*. 2018 Feb 22;172(5):1122-1131.e9. doi: 10.1016/j.cell.2018.02.010. PMID: 29474911.
52. Zhao R, Camino A, Wang J, Hagag AM, Lu Y, Bailey ST, Flaxel CJ, Hwang TS, Huang D, Li D, Jia Y. Automated drusen detection in dry age-related macular degeneration by multiple depth, *en face* optical coherence tomography. *Biomed Opt Express*. 2017 Oct 17;8(11):5049-5064. doi: 10.1364/BOE.8.005049. PMID: 29188102; PMCID: PMC5695952.
- 53 Ting DSW, Cheung CY, Lim G, et al. Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes. *JAMA*. 2017; 318:2211–2223
54. Schlegl T, Waldstein SM, Bogunovic H, Endstraßer F, Sadeghipour A, Philip AM, Podkowinski D, Gerendas BS, Langs G, Schmidt-Erfurth U. Fully Automated Detection and Quantification of Macular Fluid in OCT Using Deep Learning. *Ophthalmology*. 2018 Apr;125(4):549-558. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.10.031. Epub 2017 Dec 8. PMID: 29224926.
55. McDonnell ME. Telemedicine in Complex Diabetes Management. *Curr Diab Rep*. 2018 May 24;18(7):42. doi: 10.1007/s11892-018-1015-3. PMID: 29797292.
56. Martins TGS, Silva R, Mendes LGA, Schor P. Use of artificial intelligence to assess human emotion. *The open psychology Journal*, 2020, volume 13, 14-16
57. Z. Hussain, F. Gimenez, D. Yi, and D. Rubin, "Differential data augmentation techniques for medical imaging classification tasks," *Annual Symposium Proceedings/AMIA Symposium*, vol. 2017, pp. 979–984, 2018.
58. D. S. Kermany, M. Goldbaum, W. Cai et al., "Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep Learning," *Cell*, vol. 172, no. 5, pp. 1122–1131, 2018.
59. Topol E. Digital medicine: empowering both patients and clinicians. *Lancet*. 2016 Aug 20;388(10046):740-1. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31355-1. PMID: 27560260.
60. Gioia G, Salducci M. Medical and legal aspects of telemedicine in ophthalmology. *Rom J Ophthalmol*. 2019 Jul-Sep;63(3):197-207. PMID: 31687620; PMCID: PMC6820487.
61. Lamminen H, Voipio V, Ruohonen K, Uusitalo H. Telemedicine in ophthalmology. *Acta Ophthalmol Scand*. 2003; 81(2):105-109. doi:10.1034/j.1600-0420.2003.00045.x
62. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, Cheng Z, Yu T, Xia J, Wei Y, Wu W, Xie X, Yin W, Li H, Liu M, Xiao Y, Gao H, Guo L, Xie J, Wang G, Jiang R, Gao Z, Jin Q, Wang J, Cao B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020 Feb 15;395(10223):497-506. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5. Epub 2020 Jan 24. Erratum in: *Lancet*. 2020 Jan 30;: PMID: 31986264; PMCID: PMC7159299.
63. Wu P, Duan F, Luo C, Liu Q, Qu X, Liang L, Wu K. Characteristics of Ocular Findings of Patients With Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Hubei Province, China. *JAMA Ophthalmol*. 2020 May 1;138(5):575-578. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2020.1291. PMID: 32232433; PMCID: PMC7110919.

64. Zhang X, Chen X, Chen L, Deng C, Zou X, Liu W, Yu H, Chen B, Sun X. The evidence of SARS-CoV-2 infection on ocular surface. *Ocul Surf*. 2020 Jul;18(3):360-362. doi: 10.1016/j.jtos.2020.03.010. Epub 2020 Apr 11. PMID: 32289466; PMCID: PMC7194535.
65. Holappa M, Vapaatalo H, Vaajanen A. Many faces of renin-angiotensin system—focus on eye. *OpenOphthalmol J*. 2017; 11(1):122–42. <https://doi.org/10.2174/1874364101711010122>.
66. Li W, Moore MJ, Vasilieva N, Sui J, Wong SK, Berne MA, et al. Angiotensin-converting enzyme 2 is a functional receptor for the SARS coronavirus. *Nature*. 2003; 426(6965):450-4. <http://dx.doi.org/10.1038/nature02145>
67. Kuba K, Imai Y, Rao S, Gao H, Guo F, Guan B, et al. A crucial role of angiotensin converting enzyme 2 (ACE2) in SARS coronavirus-induced lung injury. *Nat Med*. 2005;11(8):875-9. <http://dx.doi.org/10.1038/nm1267>
68. Centers for Disease Control and Prevention. Symptoms of Coronavirus Disease 2019 2020 [cited 2020 16 March]. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/about/symptoms.html>.
69. Chen L, Deng C, Chen X, et al. Ocular manifestations and clinical characteristics of 535 cases of COVID-19 in Wuhan, China: a cross-sectional study [published online ahead of print, 2020 May 18]. *Acta Ophthalmol*. 2020;10.1111/aos.14472. doi:10.1111/aos.14472
70. Xia J, Tong J, Liu M, Shen Y, Guo D. Evaluation of coronavirus in tears and conjunctival secretions of patients with SARS-CoV-2 infection. *J Med Virol*. 2020. <https://doi.org/10.1002/jmv.25725>.
71. Xie HT, Jiang SY, Xu KK, et al. SARS-CoV-2 in the ocular surface of COVID-19 patients. *Eye Vis (Lond)*. 2020; 7:23. Published 2020 Apr 26. doi:10.1186/s40662-020-00189-
72. Martins TGDS. Doença de Coronavírus 2019: Implicações para a Oftalmologia [Coronavirus Disease 2019: Implications for Ophthalmology]. *Acta Med Port*. 2020 Jul 22. Portuguese. doi: 10.20344/amp.14480. Epub ahead of print. PMID: 32705982.
73. Dos Santos Martins TG. Isolated post SARS-CoV-2 diplopia. *J Neurol*. 2020 Jul 18:1. doi: 10.1007/s00415-020-10072-6. Epub ahead of print. PMID: 32683608; PMCID: PMC7368622.
74. Martins TGDS. Carta ao Editor Sobre Torres-Costa et al “SARS-CoV-2 em Oftalmologia: Evidência Atual e Recomendações para a Prática Clínica” [Letter to the Editor Regarding Torres-Costa et al "SARS-CoV-2 in Ophthalmology: Current Evidence and Recommendations for Clinical Practice"]. *Acta Med Port*. 2020 Oct 22. Portuguese. doi: 10.20344/amp.14855. Epub ahead of print. PMID: 33092689.
75. Junk AK, Chen PP, Lin SC, Nouri-Mahdavi K, Radhakrishnan S, Singh K, Chen TC. Disinfection of Tonometers: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2017 Dec;124(12):1867-1875. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.05.033. Epub 2017 Jul 11. Erratum in: *Ophthalmology*. 2018 Apr;125(4):619. PMID: 28705429.
76. Wong TY, Bandello F. Academic Ophthalmology during and after the COVID-19 Pandemic. *Ophthalmology*. 2020 Aug;127(8):e51-e52. doi: 10.1016/j.ophtha.2020.04.029. Epub 2020 Apr 21. PMID: 32359842; PMCID: PMC7194607.
77. Kumar A, Agarwal D, Nayak S. Commentary: Improving training in retina in Indian residency programmes. *Indian J Ophthalmol*. 2019 Nov;67(11):1819-1820. doi: 10.4103/ijo.IJO_1441_19. PMID: 31638040; PMCID: PMC6836595.

78. Dos Santos Martins TG, de Azevedo Costa ALF, Martins RV, Schor P. A Teaching Model for the Bruckner Test: Improving Screening for Congenital Cataract. *Insight*. 2017;42(1):33-34.
79. Martins TG, Costa ALF, Helene O, Martins RV, Helene AF, Schor P. Training of direct ophthalmoscopy using models. *Clin Teach*. 2017 Dec;14(6):423-426. doi: 10.1111/tct.12641. Epub 2017 Apr 12. PMID: 28401735.
80. Martins TGS. A public Health Strategy for the COVID-19 Pandemic in Portugal: Learning from International Experience. *Cartas ao Editor, Acta Med Port* 2020 Sep;33(9):622-632.
81. de Araujo AL, Rados DRV, Szortyka AD, Falavigna M, Moreira TC, Hauser L, Gross PB, Lorentz AL, Maturro L, Cabral F, Costa ALFA, Martins TGDS, da Silva RS, Schor P, Harzheim E, Gonçalves MR, Umpierre RN. Ophthalmic image acquired by ophthalmologists and by allied health personnel as part of a telemedicine strategy: a comparative study of image quality. *Eye (Lond)*. 2020 Jun 18. doi: 10.1038/s41433-020-1035-5. Epub ahead of print. PMID: 32555520.
82. Holekamp NM. Moving from Clinic to Home: What the Future Holds for Ophthalmic Telemedicine. *Am J Ophthalmol*. 2018 Mar;187: xxviii-xxxv. doi: 10.1016/j.ajo.2017.11.003. Epub 2017 Nov 11. PMID: 29137959.
83. Lord RK, Shah VA, San Filippo AN, Krishna R. Novel uses of smartphones in ophthalmology. *Ophthalmology*. 2010 Jun;117(6):1274-1274.e3. doi: 10.1016/j.ophtha.2010.01.001. PMID: 20522335.
84. CDC. Contact tracing. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/php/open-america/contact-tracing>. Html. [Accessed May 26, 2020].
85. Greenberg A. Does Covid-19 contact tracing pose a privacy risk? Your questions, answered. *Wired*. April 17, 2020. <https://www.wired.com/story/apple-google-contact-tracing-strengths-weaknesses/> [Accessed May 26, 2020].
86. Lu W, Tong Y, Yu Y, Xing Y, Chen C, Shen Y. Applications of Artificial Intelligence in Ophthalmology: General Overview. *J Ophthalmol*. 2018 Nov 19;2018:5278196. doi: 10.1155/2018/5278196. PMID: 30581604; PMCID: PMC6276430.
87. Mozur P, Zhong R, Krolik A. In coronavirus fight, China gives citizens a color code, with red flags. *New York Times* March 1, 2020. <https://www.nytimes.com/2020/03/01/business/china-coronavirus-surveillance.html>. [Accessed May 26, 2020].
88. Kwon S. COVID-19: Lessons from South Korea. *Health System Global*. 31 March 2020. <https://www.health-systems-global.Org/blog/406/COVID-19-Lessons-from-South-Korea.html>. [Accessed May 26, 2020].
89. Immuni: Italy's Coronavirus-tracking App. *Leaders League*. 21-04-2020. <https://www.leadersleague.com/en/news/immuni-italy-s-coronavirus-tracking-app>. [Accessed May 26, 2020]
90. Hope T, Portenoy J, Vasan K, Borchardt J, Horvitz E, Weld DS, Hearst MA, West J. SciSight: Combining faceted navigation and research group detection for COVID-19 exploratory scientific search. *bioRxiv* 2020.05.23. 112284. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.05.23.112284>. [Accessed May 26, 2020].
91. Allen Institute for AI. SciSight is a tool for exploring the evolving network of science in the COVID-19 Open Research Dataset, from Semantic Scholar at the Allen Institute for AI. <https://scisight.apps.allenai.org/>. [Accessed May 26, 2020].
92. Martins TGS, Costa ALFA, Martins EN, Martins RV, Helene O. Desvendando a Visão. *Revista Ciência Hoje*. 2014.312 ,26-32
93. Martins TGS, Costa ALFA, Martins RV, Martins EM, Alves MR, Helene O, Schor P. MARTINS, Thiago Gonçalves dos Santos et al. Modelo para o ensino da oftalmoscopia direta. *Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo*.2014; 36(2):1-8.

94. Martins T, Costa AL, Helene O, Schor P, Martins R. Low-cost model for teaching ophthalmoscopy. *Med Educ*. 2015 May;49(5):528. doi: 10.1111/medu.12703. PMID: 25924147.
95. Naik VN, Brien SE. Review article: simulation: a means to address and improve patient safety. *Can J Anaesth*. 2013 Feb;60(2):192-200. doi: 10.1007/s12630-012-9860-z. Epub 2012 Dec 13. PMID: 23239487.
96. Chamon W, Schor P. Ensinando oftalmologia ao estudante de medicina: uma nova abordagem. *Arquivos brasileiros de oftalmologia* 2012; 75(1): 5-7
97. Sun M, Ma A, Li F, Cheng K, Zhang M, Yang H, Nie W, Zhao B. Sensitivity and Specificity of Red Reflex Test in Newborn Eye Screening. *J Pediatr*. 2016 Dec; 179:192-196.e4. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.08.048. Epub 2016 Sep 15. PMID: 27640356.
98. Aguiar ASC de. Teste do reflexo vermelho: forma de prevenção à cegueira na infância. *Rev Bras Enferm*. 2007;60(5):541-5.
99. Martins TG dos S, Costa ALF de A. Letter to the editor: Association between participation and compliance with Continuing Medical Education and care production by physicians: a cross-sectional study. *einstein (São Paulo)*. 2015;13(1):1-6. Einstein (São Paulo) [Internet]. 2015 Jun;13(2):341-341. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082015000200032&lng=en&tlng=en
100. Martins TG dos S, Costa ALF de A, Helene O, Schor P. Knowledge about primary open angle glaucoma among medical students. *Rev Bras Oftalmol [Internet]*. 2015;74(5). Available from: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0034-7280.20150069>
101. Martins TG dos S, Costa ALF de A, Helene O, Schor P. Retinopathy in patients with hypertension and/or diabetes in a family health unit. *Rev Bras Oftalmol [Internet]*. 2015;74(1). Available from: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0034-7280.20150013>
102. Dos Santos Martins TG, Schor P, de Azevedo Costa AL. Teaching ophthalmoscopy to medical students (the TOTeMS Study). *Am J Ophthalmol*. 2014 Jun;157(6):1329-30. doi: 10.1016/j.ajo.2014.02.047. PMID: 24881847.
103. Martins TGDS, Martins TGS, Martins DGS, Schor P. Anesthesia in Ophthalmology. *Insight (San Francisco, California)* 2020 45(4), p.12-16
104. Martins TG dos S, Costa ALF de A, Martins DG dos S. Efficacy of Eyesi surgical simulator training in improving high-tension capsules capsulorhexis performance. *Rev Bras Oftalmol [Internet]*. 2017;76(2). Available from: <http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0034-7280.20170022>
105. Martins TGS, Martins TGS, Martins DGS. Ophthalmologic Manifestations in Pregnancy. *Insight*. 2020 (45): 23-25.
106. Martins TG, Costa AL, Oyamada MK, Schor P, Sipahi AM. Ophthalmologic manifestations of celiac disease. *Int J Ophthalmol*. 2016 Jan 18;9(1):159-62. doi: 10.18240/ijo.2016.01.26. PMID: 26949627; PMCID: PMC4768497.
107. Martins TG, Costa AL. Decreased visual acuity secondary to celiac disease. *Einstein (Sao Paulo)*. 2012 Jul-Sep;10(3):389-90. English, Portuguese. doi: 10.1590/s1679-45082012000300025. PMID: 23386025.
108. Dos Santos Martins TG, de Azevedo Costa AL, Sipahi AM, Schor P. Eye disorders in children with celiac disease. *Eur J Ophthalmol*. 2016 Jun 10;26(4):e83. doi: 10.5301/ejo.5000782. PMID: 26980111.
109. Martins, TGS; Costa, ALFA; Souza BMM. Teaching Medicine to Machines. *Insight (San Fransisco, Calif)*. 2017;42(3):30-1.

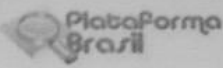
110. Holmberg, O.G., Köhler, N.D., Martins, T. *et al.* Self-supervised retinal thickness prediction enables deep learning from unlabelled data to boost classification of diabetic retinopathy. *Nat Mach Intell* 2020 2 :719–726.
111. Ching T, Himmelstein DS, Beaulieu-Jones BK, Kalinin AA, Do BT, Way GP, Ferrero E, Agapow PM, Zietz M, Hoffman MM, Xie W, Rosen GL, Lengerich BJ, Israeli J, Lanchantin J, Woloszynek S, Carpenter AE, Shrikumar A, Xu J, Cofer EM, Lavender CA, Turaga SC, Alexandari AM, Lu Z, Harris DJ, DeCaprio D, Qi Y, Kundaje A, Peng Y, Wiley LK, Segler MHS, Boca SM, Swamidass SJ, Huang A, Gitter A, Greene CS. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. *J R Soc Interface*. 2018 Apr;15(141):20170387. doi: 10.1098/rsif.2017.0387. PMID: 29618526; PMCID: PMC5938574.
112. Martins TGS, Souza TCA, Marques MA, Nascimento AV, Schor P. Ambiente e conceitos de computação em nuvem: implementação de um banco de dados para uso no segmento hospitalar. *Vittalle – Revista de Ciências da Saúde* 2020; 32(3) : 87-97
113. Martins TGDS. Use of smartphone-based instant messaging services in medical practice: a cross-sectional study. *Sao Paulo Med J*. 2020 Jun;138(3):269-270. doi: 10.1590/1516-3180.2020.0228.15052020. Epub 2020 Jun 22. PMID: 32578746.
114. Martins Thiago Gonçalves dos Santos. Is Medical Education Changing? Five challenges for the near future. *Cartas ao Editor, Acta Med Port* 2020 Oct;33(10):703-712
115. Martins Thiago Gonçalves dos Santos, Schor Paulo. Perfil multicêntrico do acadêmico de medicina e suas perspectivas sobre o ensino da Oftalmologia. *Rev. bras. oftalmol.* [Internet]. 2020 Mar [cited 2020 Aug 18]; 79(2): 149-149.
116. Martins TGS, Costa ALFA, Schor P, Fowler SB. Innovation in Developing Ophthalmology Science. *Insight*.2020 (45): 26-27.
117. Martins TG, Rangel FS, Mendes LG, Silva R. Políticas públicas na era informacional: uma perspectiva comparada no contexto da pandemia em dois países lusófonos. *einstein (São Paulo)*. 2021;19:eED6251.
118. Dos Santos Martins TG, Schor P, Stuchi JA, Fowler SB. New Direct and Indirect Ophthalmoscopy Teaching Methodology for Veterinary Doctors: Teaching Tip. *J Vet Med Educ*. 2021 Apr 21:e20200089. doi: 10.3138/jvme-2020-0089. Epub ahead of print. PMID: 33929299.
119. Martins TGDS. Smartphone Disc Photography Versus Standard Stereoscopic Disc Photography as a Teaching Tool. *J Glaucoma*. 2019 Dec;28(12):e174. doi: 10.1097/IJG.0000000000001383. PMID: 31633622.
120. Martins TGS. Perfil epidemiológico de recém-nascidos internados em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal em hospitais universitários no extremo Sul do Brasil. *Vittalle – Revista de Ciências da Saúde* 2020; 32 (3):10-11
121. Martins TG, Rangel FS. Data warehouse e pesquisa médica. *einstein (São Paulo)*. 2021;19:eED6324.
122. Martins TGDS, Miranda Sipahi A, Dos Santos FM, Schor P, Anschütz A, Mendes LGA, Silva R. Eye disorders in patients with celiac disease and inflammatory bowel disease: A study using clinical data warehouse. *Eur J Ophthalmol*. 2021 Apr 25:11206721211012849. doi: 10.1177/11206721211012849. Epub ahead of print. PMID: 33896218.
123. Martins TG, Schor P. Unpacking the black box. *einstein (São Paulo)*. 2021;19:eED6037. http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2021ED6037
124. Martins TG. Diabetic retinopathy: a neuropathy. *einstein (São Paulo)*. 2021;19:eED6110. http://dx.doi.org/10.31744/einstein_journal/2021ED6110

125. Martins TGS. Comment on: "Incidence and risk factors of retinopathy of prematurity in Korle-Bu Teaching Hospital: a baseline prospective study". *BMJ Open*. 2020 Aug 17;10(8):e035341.
126. Martins TGDS. Comment on: How is the risk of being diagnosed with referable diabetic retinopathy affected by failure to attend diabetes eye screening appointments? *Eye (Lond)*. 2020 Jun 22. doi: 10.1038/s41433-020-1040-8. Epub ahead of print. PMID: 32572186.
127. Martins Thiago Gonçalves dos Santos. Fundoscopy findings of diabetic and/or hipertensive patients. *Rev. bras.ofthalmol.* [Internet]. 2020 Oct [cited 2020 Dec 27] ; 79(5): 348-348.
128. Martins Thiago Gonçalves dos Santos, Schor Paulo. Analysis of direct ophthalmoscopy teaching in Medical graduation courses of Mato Grosso State; Brazil. *Rev. bras. oftalmol.* [Internet]. 2020 Oct [cited 2020 Nov 22] ; 79(5): 349-349. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-72802020000500349&lng=en. Epub Nov 20, 2020. <https://doi.org/10.5935/0034-7280.20200076>.
129. Dos Santos Martins, Thiago Gonçalves. "Comment on: "Artificial Intelligence and Ophthalmology"". *Turkish Journal of Ophthalmology* 50 6 (2020): 392-392. <http://dx.doi.org/10.4274/tjo.galenos.2020.98354>.
130. Martins Thiago Gonçalves dos Santos, Martins Thomaz Gonçalves dos Santos. Structural eye sequelae of retinopathy of prematurity in children in Manaus, Amazonas. *Rev. bras.ofthalmol.* [Internet]. 2020 Dec [cited 2021 Feb 06] ; 79(6): 426-426

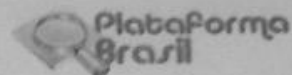
ANEXOS

7 ANEXOS

Anexo 1. Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - UNIFESP/ HOSPITAL SÃO PAULO		
PROJETO DE PESQUISA		
Título:	MODELO DIDÁTICO SIMPLES PARA O ENSINO DE OFTALMOSCOPIA DIRETA E	
Área Temática:		
Versão:	1	
CAAE:	03623512.2.0000.5505	
Pesquisador:	Thiago Gonçalves dos Santos Martins	
Instituição:	Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP/EPM	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
Número do Parecer:	110.507	
Data da Relatoria:	05/10/2012	
Apresentação do Projeto:		
<p>A oftalmoscopia é uma importante parte do exame oftalmológico, com o qual podemos identificar muitas doenças sistêmicas. Com o objetivo de identificar doenças retinianas, a técnica de oftalmoscopia tem sensibilidade de 79% e especificidade de 82%. Em estudo realizado no Reino Unido, concluiu-se que apenas 56% dos médicos possuem segurança no exame de oftalmoscopia. Nesse contexto, considerando a importância da fundoscopia, um estudo adequado dessa técnica pode ajudar no diagnóstico de diversas doenças com manifestações oftalmológicas. A ansiedade dos estudantes em processo de aprendizado pode ser diminuída com o uso de modelos durante o aprendizado da medicina. O objetivo do presente trabalho é a criação de um modelo para o aprendizado de oftalmoscopia direta, facilitando o ensino desse importante exame médico.</p> <p>Serão aplicados questionários aos alunos do quarto e quinto ano de medicina da UNIFESP durante o curso de oftalmologia. Esses questionários serão aplicados após uma aula teórica. Será avaliada a capacidade dos alunos identificarem palavras e alterações retinianas simuladas nos modelos. Será avaliada a resposta do aluno, assim como o tempo que o mesmo demorou para responder. Ao final da aula será fornecido um formulário aos alunos para eles escreverem suas sugestões e críticas ao método de ensino.</p>		
Objetivo da Pesquisa:		
Avaliar a influência de um modelo criado para treinamento da oftalmoscopia no aprendizado dos alunos de graduação do quarto e quinto ano de medicina da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)		
Avaliação dos Riscos e Benefícios:		
Risco mínimo, sem procedimento intervencionista		
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:		
Pesquisa envolvendo aplicação de questionários a estudantes de medicina. Estão descritos os procedimentos do estudo. A pesquisa será conduzida sem financiamento externo, com custo de R\$ 500,00.		
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:		
A folha de rosto encontra-se adequada. Apresenta TCLE contemplando a resolução 196/96		
<small>Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14 Bairro: VILA CLEMENTINO CEP: 04 223-061 UF: SP Município: SÃO PAULO Telefone: (11)5538-7162 Fax: (11)5571-1062 E-mail: cepunifesp@epm.br arpmiseta@unifesp.br</small>		

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO PAULO - UNIFESP/
HOSPITAL SÃO PAULO



Recomendações:

ja referidas

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

não se aplica

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

parecer do relator acatado pelo colegiado

SAO PAULO, 28 de Setembro de 2012

Assinado por
José Osmar Medina Pestana

(Coordenador)

Anexo 2. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Estudo: "MODELO DIDÁTICO SIMPLES PARA O ENSINO DE OFTALMOSCOPIA DIRETA E INDIRETA"

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo de pesquisa clínica, que visa o treinamento da oftalmoscopia direta e indireta utilizando-se um modelo didático simples. O presente estudo busca saber se essa análise visa estudar a utilização desse modelo prático de treinamento de oftalmoscopia direta e indireta baseado em princípios ópticos. Esse modelo será construído pelos próprios sujeitos da pesquisa para uma melhor compreensão desses princípios ópticos, com o auxílio dos pesquisadores.

Em relação aos procedimentos a serem realizados, serão selecionados dois grupos para o estudo, sendo que em um grupo será aplicado um questionário após aula sobre oftalmoscopia com o modelo didático e no outro grupo esse questionário será aplicado após uma aula sem o uso do modelo didático.

Não há desconfortos ou riscos dos procedimentos supracitados. Somente após resultados poderemos concluir a presença de algum benefício sendo pesquisado neste estudo. É garantido que em qualquer etapa da pesquisa o participante terá acesso aos profissionais envolvidos para esclarecimento de eventuais dúvidas. Os investigadores deste estudo são: Dr Thiago Gonçalves dos Santos Martins, Dr. Paulo Schor, Dr Milton Ruiz Alves, Dra Elizabeth Nogueira Martins, e Dra Ana Luiza Fontes de Azevedo Costa.

No caso de quaisquer dúvidas, os pesquisadores podem ser encontrados nos telefones 94527909 (Dr Thiago Gonçalves dos Santos Martins) sendo o endereço institucional relacionado Rua Botucatu, 821, Vila Clementino, São Paulo-SP. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Botucatu, 572 – 1º andar – cj 14, 5571-1062, FAX: 5539-7162 – E-mail: cepunifesp@unifesp.br.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição. As informações obtidas serão analisadas em conjunto com as de outros voluntários, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente.

Todos os participantes do estudo têm o direito de se manterem atualizados sobre os resultados parciais do estudo. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo "MODELO DIDÁTICO SIMPLES PARA O ENSINO DE OFTALMOSCOPIA DIRETA E INDIRETA". Eu discuti com os pesquisadores responsáveis sobre a minha decisão em participar neste estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta e que concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante legal



—

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Data ____ / ____ / ____

Assinatura do responsável pelo estudo

Anexo 3. Dados da Versão da Emenda

- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA	
Título da Pesquisa: MODELO DIDÁTICO SIMPLES PARA O ENSINO DE OFTALMOSCOPIA DIRETA E INDIRETA	
Pesquisador Responsável: Thiago Gonçalves dos Santos Martins	
Área Temática:	
Versão: 1	
CAAE: 03623512.2.0000.5505	
Submetido em: 26/09/2012	
Instituição Proponente: Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP/EPM	
Situação da Versão do Projeto: Aprovado	
Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável	
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio	
Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_36235	

Anexo 4. COMO CONSTRUIR O MODELO

Pode ser acompanhado no Youtube:

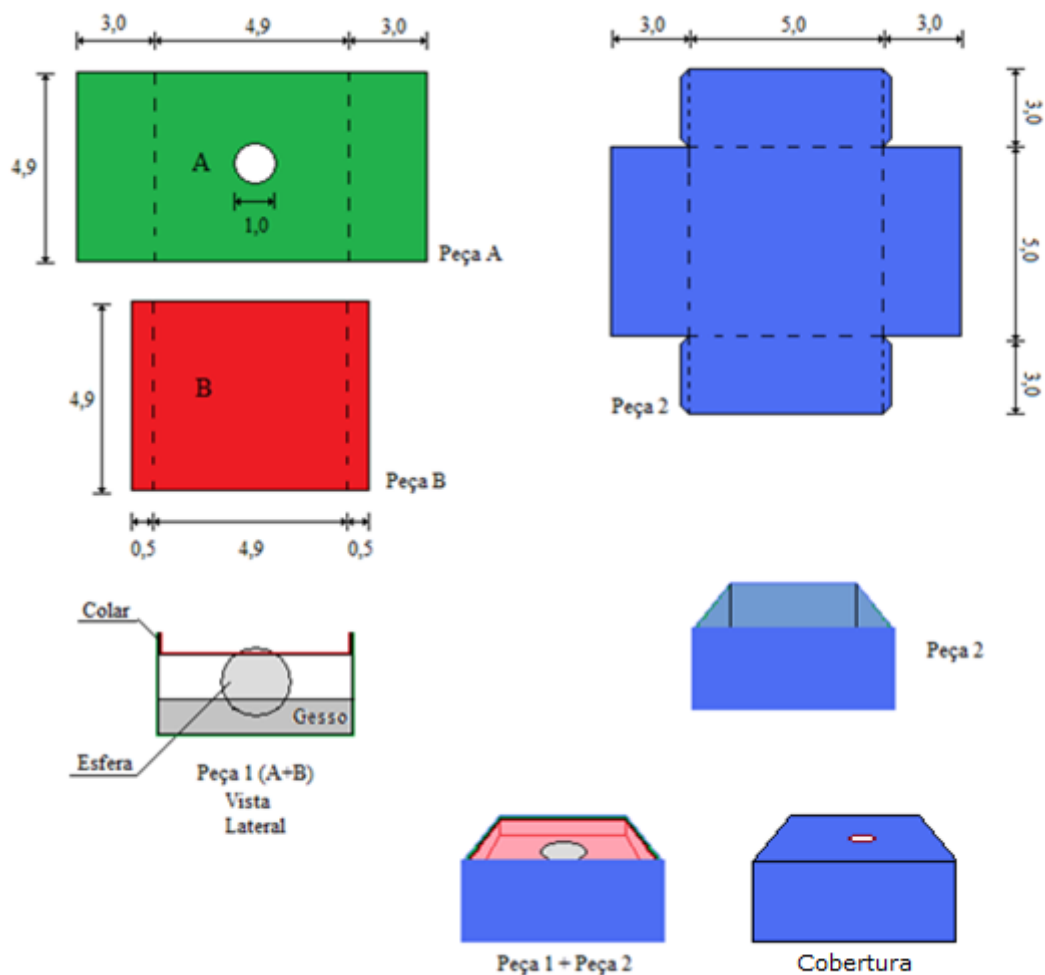
<https://www.youtube.com/watch?v=ttbQnHV9law>

I) MATERIAL NECESSÁRIO

- a) Cartolina com fundo escuro.
- b) Esfera de acrílico (o tamanho da esfera influencia na simulação do grau de ametropia do modelo).
- c) Tesoura.
- d) Lápis.
- e) Estilete.
- f) Compasso.
- g) Cola.
- h) Filme de policloreto de vinila (PVC) (normalmente utilizados para envolver e proteger alimentos).
- i) 300 gramas de gesso ou massa de modelar.
- j) Diversas imagens impressas de retinografia. A impressão deverá ter uma qualidade de 900 dpi. Nas imagens o nervo óptico deverá ter cerca de 1,5mm. Assim sendo, a imagem final observada através do modelo terá um tamanho próximo daquele que se observa na oftalmoscopia direta.
- k) Imagem impressa de sequência de seis números, ou palavras, tal que o tamanho das letras impressas tenha cerca de 1,5mm.

II) CONFECÇÃO DO MODELO PASSO A PASSO

Figura 1: Imagem das diversas peças que compõem o modelo.



Fonte: (Martins et al 2020, p.7)

Primeiro Passo: Confeção da peça 2.



Figura 2: Peça 2.

a) Desenhar sobre a superfície da cartolina a peça 2 (figura 3).

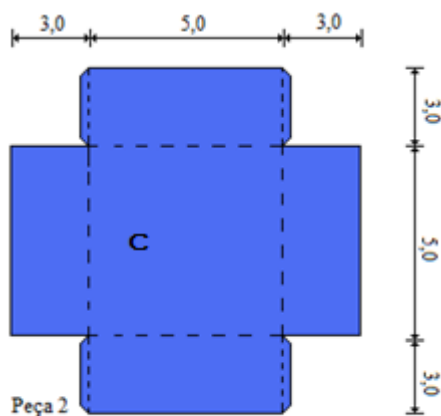


Figura 3: Peça 2 e suas dimensões em centímetro.

b) Utilizando uma tesoura recortar a peça 2.

c) Para facilitar dobrar a cartolina passe suavemente a lâmina de um estilete sobre as linhas tracejadas.

d) Dobrar e colar a peça 2 até obter sua forma final como mostra a figura 1.

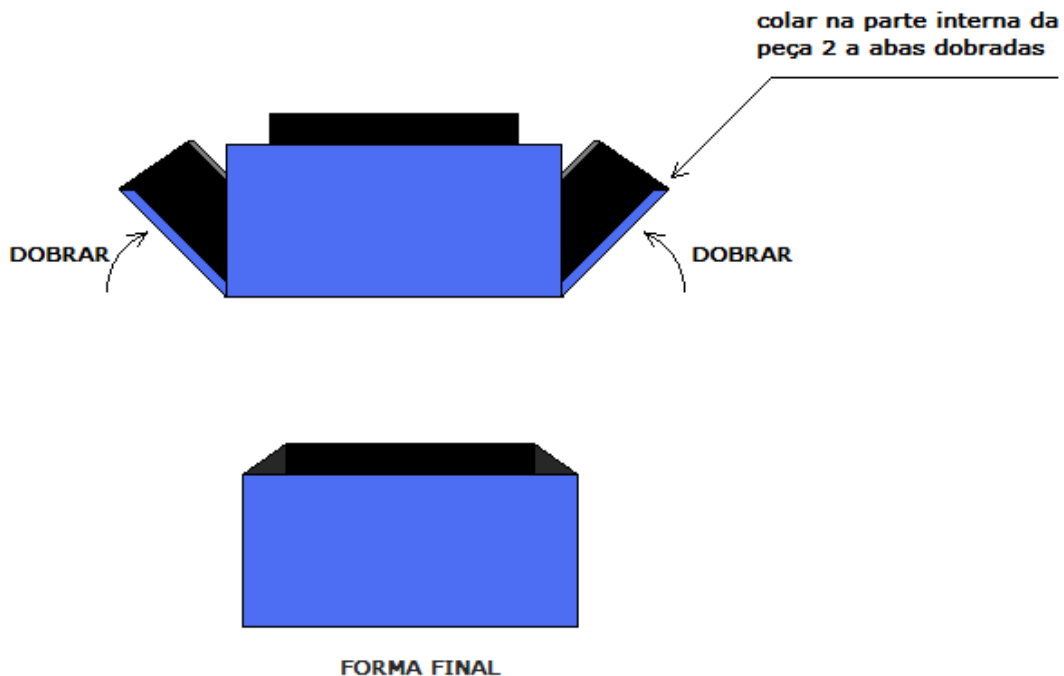


Figura 4: Montagem da peça 2

Segundo Passo: Confeccção da peça 1 (A+B).

a) Desenhar sobre a superfície da cartolina as figuras A e B⁵, conforme a figura 5.

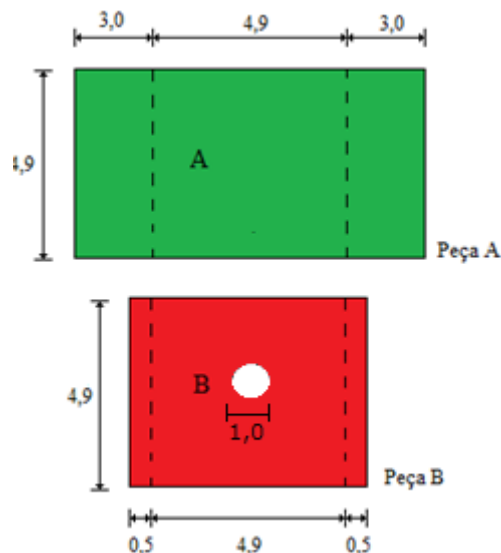


Figura 5: Dimensões das peças a e b.

- b) Passar suavemente o estilete sobre a linha tracejada e, a seguir, dobrar em ângulo reto as abas das peças A e B.
- c) Colar a peça B no interior de A, como mostra a figura 6.

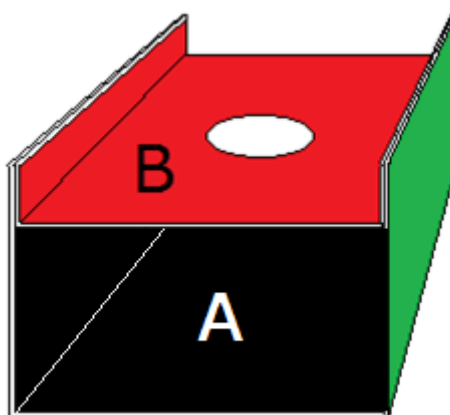


Figura 6: Forma final da peça 1: peça A colada na peça B,

Terceiro Passo: Confeccionar com gesso o suporte da esfera.

⁵ Para desenhar a circunferência no centro da peça B colocamos a ponta seca do compasso com abertura de 0,5cm na interseção das diagonais ao quadrado que forma a peça. Com o uso do estilete cortamos o disco de diâmetro 1,0cm.

a) Fazer uma caixa semelhante a peça 2 com apenas 1,0cm de altura (figura 7).

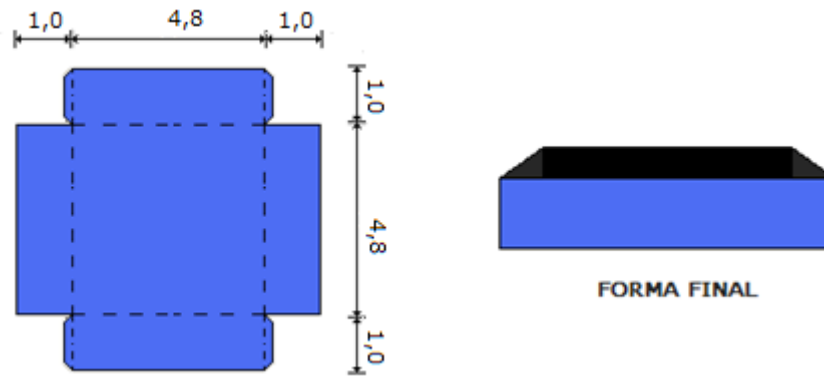


Figura 7: Molde do gesso.

b) Preencher o interior da caixa com gesso pastoso (figura 8).

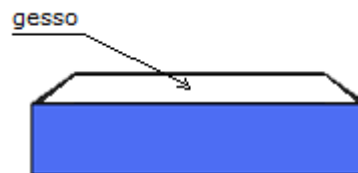


Figura 8: interior da caixa preenchido com gesso pastoso.

c) Conforme mostra a figura 9, no centro da superfície do gesso pastoso, pressionar a esfera de acrílico com a superfície protegida pelo filme de PVC até que metade do seu volume fique submerso no gesso.

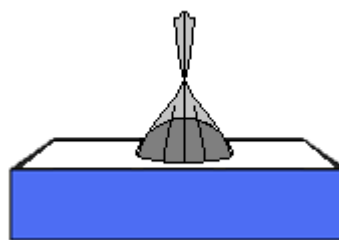


Figura 9: metade volume da esfera submerso no gesso pastoso.

- d) Retirar a esfera do interior do gesso seco assim que este endurecer.
- e) Colocar o paralelepípedo de gesso com 1cm de altura no interior da peça 1.
- f) Introduzir a esfera no interior da peça 1 como mostra a figura 9.
- g) Esse passo com o gesso pode ser substituído pelo uso de massa de modelar.

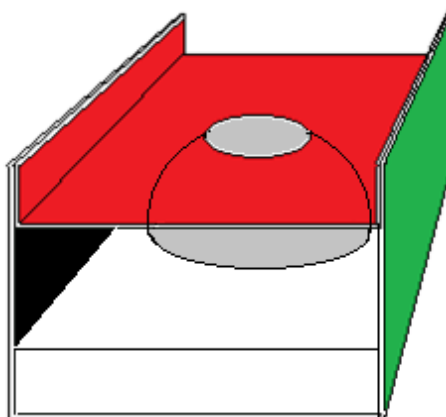


Figura 10: Esfera de acrílico no interior da peça 1 (A+B).

Quarto Passo: Montagem do modelo na sua forma final.

a) Colocar a peça 1 no interior da peça 2, como mostra a figura 10.

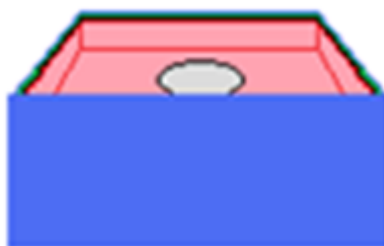


Figura 11: Peça 1 no interior da peça 2.

b) Confeccionar três tampas para o modelo com orifício pupilar de tamanhos diferentes (3, 4 e 5mm), conforme as medidas mostradas na figura 11.



Figura 12: Modelo com orifício pupilar.

Quinto Passo: Colocar imagens no interior do modelo.

- a) Colocar as imagens que serão observadas através do modelo (sequência de letras, números, ou imagens da retina) sob a esfera.
- b) Fechar o modelo com a tampa que tenha o orifício pupilar com diâmetro adequado ao grau de dificuldade que se deseja simular.

Bibliografia consultada

Normas para teses e dissertações [Internet]. 2ª ed. rev. e corrigida. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, Biblioteca Antônio Rubino de Azevedo, Coordenação de Cursos; 2015. Available from: <http://www.bibliotecacsp.unifesp.br/Documentos-Apostila/normas-para-teses-e-dissertacoes>.

Normas para elaboração gráfica de tese [Internet]. Universidade de Coimbra. Available from: <https://www.uc.pt/academicos/doutoramentos>.