

Comparação entre Segmentação Automática do Disco Ótico por SD-OCT e Retinografia Stereo

Comparison between Automatic Segmentation of the Optical Disc by SD-OCT and Stereo Retinography

 Jorge Simão^{1,2}, Miguel Raimundo^{1,2,3}, Pedro Pereira¹, Pedro Faria¹, José Moura Pereira¹, Joaquim Murta^{1,3}

¹ Departamento de Oftalmologia, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC), Coimbra, Portugal

² Association for Innovation and Biomedical Research on Light and Image (AIBILI), Coimbra, Portugal

³ Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra (FMUC), Coimbra, Portugal

Recebido/Received: 2021-02-04 | Aceite/Accepted: 2021-03-13 | Publicado/Published: 2022-06-30

© Author(s) (or their employer(s)) and Oftalmologia 2022. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use.

© Autor (es) (ou seu (s) empregador (es)) e Oftalmologia 2022. Reutilização permitida de acordo com CC BY-NC. Nenhuma reutilização comercial.

DOI: <https://doi.org/10.48560/rspo.23334>

RESUMO

INTRODUÇÃO: O rácio estimado entre os diâmetros verticais ou horizontais do disco com a escavação do mesmo (rácio escavação/disco – E/D), é uma das formas clássicas de presumir o dano neurológico glaucomatoso, sendo o *hallmark* histórico no diagnóstico e avaliação da progressão da doença. O objetivo deste estudo é comparar a avaliação automática dos parâmetros planimétricos do disco ótico por tomografia de coerência ótica de domínio espectral (SD-OCT), com a avaliação tradicional feita com recurso a retinografia por dois médicos com níveis de experiência diferentes.

MÉTODOS: Estudo observacional e transversal onde incluímos 64 olhos de doentes seguidos em consulta de glaucoma e suspeita de glaucoma (incluindo hipertensão ocular), e que realizaram retinografia estereoscópica e avaliação por SD-OCT no mesmo dia. Excluímos doentes com opacidades de meios que dificultassem a aquisição de imagens. Foi pedido a 2 avaliadores, 1 médico oftalmologista especialista em glaucoma (G1 – *gold standard*), e 1 médico interno de formação específica em Oftalmologia (G2), que classificassem, de forma cega, cada par *stereo* de retinografia em relação ao rácio E/D vertical e horizontal, entre outros parâmetros qualitativos do disco. Foi analisada a correlação entre ambos, e ainda com o OCT.

RESULTADOS: O avaliador G1 diferiu de G2 em média $0,05 \pm 0,09$ (amplitude $-0,19-0,22$) ($p=0,05$) e $0,08 \pm 0,11$ (amplitude $-0,27-0,31$) ($p<0,01$) na vertical e horizontal, respetivamente, resultando num coeficiente de correlação *Bom* (0,82 e 0,81). Já em relação ao OCT, G1 e G2 diferiram em média $0,07(\pm 0,01)/0,13(\pm 0,02)$ e $0,03(\pm 0,02)/0,06(\pm 0,02)$, sendo que todas estas diferenças são estatisticamente significativas ($p<0,01$), à exceção do rácio E/D na vertical entre G2 e OCT (p -value 0,06). Contudo, a correlação entre G1 e o OCT foi superior àquela registada entre G2 e o OCT (0,92 e 0,82 vs 0,79 e 0,77). Quando avaliada a correlação mista entre G1 e G2 com o OCT, esta foi *Excelente* (0,91) para o rácio vertical, e *Boa* (0,83) para o rácio horizontal. A diferença de classificação entre G1 e o OCT não se correlaciona nem com a área do disco ($B=0,16$, $p=0,15$, 95%IC $[-0,09-0,01]$), nem com a atrofia peripapilar ($B=-0,02$, $p=0,31$, 95%IC $[-0,07-0,02]$).

CONCLUSÃO: No nosso estudo obtivemos uma boa correlação na análise do disco ótico entre um jovem oftalmologista e um médico com maior experiência, reafirmando a importância deste sinal clássico na prática clínica. O OCT obteve também uma boa reprodutibilidade, numa possível aplicabilidade crescente na telemedicina. Contudo, a avaliação humana mantém a sua relevância clínica, pois é mais sensível a discos anómalos e permite uma análise qualitativa do disco.

PALAVRAS-CHAVE: Glaucoma; Retinoscopia; Tomografia de Coerência Ótica.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The cup-to-disc (c/d) ratio, defined as the ratio of the optic disc cup and neuroretinal rim surfaces, is an important structural indicator for assuming glaucomatous damage and the historic landmark in the diagnosis and assessment of disease progression. We purpose to compare the automatic evaluation of the planimetric parameters of the optical disc by SD-OCT, with optic disc color fundus photographs (CFP) reviewed by two ophthalmologists with different experience levels.

METHODS: Observational and cross-sectional study including 64 eyes of patients followed up for glaucoma or suspected glaucoma (including ocular hypertension), who underwent stereoscopic CFP and evaluation by SD-OCT on the same day. We excluded patients with opaque media that can jeopardize image evaluation. Two graders, 1 glaucoma specialist (G1 - gold standard), and 1 ophthalmology resident (G2), blindly classified each stereo pair of CFP according to the vertical and horizontal cup-to-disk, among other qualitative parameters of the disk. The correlation between both was analyzed, as did with the OCT.

RESULTS: Graders differed by an average of 0.05 ± 0.09 (range -0.19-0.22) ($p = 0.05$) and 0.08 ± 0.11 (range -0.27-0.31) ($p < 0.01$) in the vertical and horizontal ratio, respectively. The agreement between graders was Good (ICC = 0.82 and 0.81). G1 and G2 differed from OCT on $0.07(\pm 0.01)/0.13(\pm 0.02)$ and $0.03(\pm 0.02)/0.06(\pm 0.02)$ (vertical/horizontal). These differences were statistically significant ($p < 0.01$), except for the vertical cup-to-disk ratio between G2 and OCT ($p = 0.06$). The mixed correlation between G1 and G2 with the OCT was Excellent (ICC = 0.91) for the vertical ratio, and Good (ICC=0.83) for the horizontal ratio. The difference in classification between G1 and OCT was not correlated with the disc area ($B = 0.16$, $p = 0.15$ nor with peripapillary atrophy ($B = -0.02$, $p = 0.31$).

CONCLUSION: In our study, we obtained a Good correlation in the optic disc analysis between a young ophthalmologist and a more experienced one, reassuring the importance of this classic sign in clinical practice. The OCT also obtained good reproducibility, with a possible increasing applicability in telemedicine. However, human evaluation maintains its clinical relevance, as it is more sensitive to anomalous discs and allowing a qualitative analysis of it.

KEYWORDS: Glaucoma; Retinoscopy; Tomography, Optical Coherence.

INTRODUÇÃO

O glaucoma é uma das causas de cegueira irreversível mais prevalente nos países desenvolvidos.¹ É caracterizado pela perda progressiva de fibras nervosas e correspondente perda de campo visual, com atingimento tardio da visão central. O diagnóstico precoce com tratamento atempado e otimizado demonstraram reduzir o risco de perda visual associada ao glaucoma.² O correto seguimento e tratamento destes doentes está dependente da deteção e referenciação para especialistas. Contudo, na maioria dos países ocidentais, aproximadamente metade dos doentes com glaucoma não estão diagnosticados,^{3,4} e, quando diagnosticados, a doença já se encontra em estágio avançado. Promover o rastreio da população e, fundamentalmente, de grupos de alto-risco, é crucial na gestão deste problema de saúde visual.

O glaucoma vai alterando a morfologia e aparência da cabeça do nervo ótico, condicionando um estreitamento do anel neuro-retiniano. O rácio estimado entre os diâmetros verticais ou horizontais do disco com a escavação do

mesmo (rácio escavação/disco – E/D), é uma das formas clássicas de presumir o dano neurológico, sendo o *hallmark* histórico no diagnóstico e na avaliação da progressão da doença. Esta avaliação pode ser feita diretamente através da fundoscopia, ou ainda através de retinografia com recurso a técnicas de estereopsia. Esta análise, para além de consumidora de recursos e de tempo, é sujeita a uma variabilidade interobservador considerável, mesmo entre especialistas de glaucoma.⁵

O desenvolvimento da tecnologia de tomografia de coerência ótica *spectral-domain* (SD-OCT) possibilitou a realização de imagens de melhor resolução num espaço de tempo mais curto, permitindo ainda a avaliação tridimensional da anatomia do disco ótico. Podemos agora obter informação reprodutível da espessura da camada de fibras nervosas retinianas, da volumetria e da medição das estruturas do disco.^{6,7} No entanto, o OCT não permite a avaliação de outros parâmetros importante na caracterização do dano glaucomatoso num disco ótico, como as alterações da cor, a presença de hemorragias ou áreas de atrofia peri-papilares.

A possibilidade de rastrear a população com recurso a exames de baixo custo, não invasivos e de elevada reprodutibilidade é algo ambicionado para diversas patologias, incluindo o glaucoma.⁸ Assim, com este estudo, pretendemos comparar a avaliação automática dos parâmetros planimétricos do disco ótico por OCT, com a avaliação tradicional feita com recurso a retinografia por 2 indivíduos: um médico especialista em glaucoma e um médico a completar a sua formação específica em oftalmologia.

MATERIAL E MÉTODOS

DESENHO DO ESTUDO E POPULAÇÃO

Estudo observacional e transversal conduzido no Departamento de Oftalmologia do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC). Todos os doentes foram informados da natureza do estudo e dos procedimentos a que iam ser sujeitos, concordando com a participação e disponibilizando os seus dados clínicos para futuros ensaios científicos, de acordo com os princípios éticos estabelecidos pela Declaração de Helsínquia.

Foram incluídos 64 olhos de 64 doentes seguidos em consulta de glaucoma e que realizaram retinografia estereoscópica e avaliação por OCT. Foram incluídos doentes com diferentes gravidades de glaucoma, de acordo com o dano estrutural (avaliado pela espessura da camada de fibras nervosas retinianas) e funcional (avaliado pela *mean deviation* – MD – das respetivas perimetrias), utilizando o método de classificação sugerido pela Sociedade Europeia de Glaucoma nas suas *guidelines*.⁹ Em oito doentes o diagnóstico glaucomatoso era incerto, sendo seguidos por hipertensão ocular. Foram ainda recrutados 12 indivíduos sem patologia oftalmológica. Esta política de inclusão teve como objetivo diversificar a amostra.

Excluímos doentes com opacidades de meios que dificultassem a aquisição de imagens (como catarata, opacidades da córnea ou vítreo).

Foram consultados os registos clínicos e outros exames complementares de diagnóstico dos doentes (nomeadamente a perimetria computadorizada estática – PEC).

IMAGEM

O nervo ótico foi documentado no mesmo dia por 2 meios complementares de diagnóstico:

- Retinografia estereoscópica (Topcon TRC-NW7SF, Topcon Corporation, Japan), centrada no disco, após dilatação com fenilefrina a 10% e tropicamida a 1%;
- SD-OCT (OptoVue XR100 Avanti, Optovue Inc, Bayview Drive Fremont, USA) com aquisição de imagens do disco ótico e região peripapilar através do protocolo de análise da cabeça do nervo ótico, com tomogramas centrados no disco.

A avaliação de cada par *stereo* de retinografias foi realizada com ajuda de um estereoscópio de mão, por dois avaliadores: um médico oftalmologista que exerce a sua prática clínica na área de glaucoma (G1 – considerado para o efeito

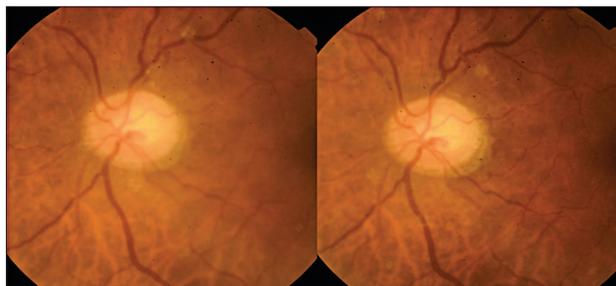


Figura 1. Exemplo de um par de retinografia stereo do mesmo olho. As imagens foram exportadas nas dimensões de 3264x3264 pixéis, tendo a cabeça do nervo ótico como centro em todas. Estas 2 imagens stereo podem ser fundidas para oferecer tridimensionalidade ao observador utilizando um estereoscópio de mão a cerca de 30 cm, e olhando o infinito.

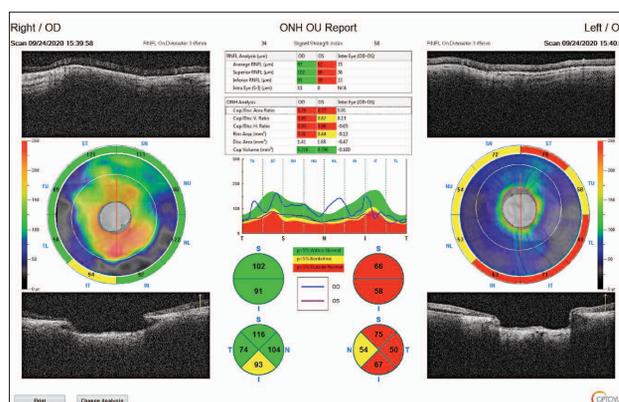


Figura 2. Exemplo de *printout* do OptoVue XR100 Avanti num dos doentes incluídos no estudo. Quer a camada de fibras nervosas da retina, quer os parâmetros estruturais do nervo ótico são avaliados pelo protocolo descrito no texto. Com recurso a este *printout* foram retiradas as informações relativas ao rácio entre escavação e disco por avaliação automática de OCT.

do estudo como *gold standard*), e por um médico interno de formação específica em Oftalmologia (G2). Aquando da classificação, cada avaliador era cego tanto para a classificação do outro, como para as imagens de OCT, e não dispunha de qualquer informação clínica do doente. Foi pedido a cada avaliador que classificasse o rácio entre os diâmetros da escavação e do disco, na horizontal e na vertical, e ainda a presença ou não de áreas de atrofia peripapilar, hemorragias do disco e áreas de *notch*, tal como exercem na sua prática clínica diária.

O aparelho utilizado para a aquisição das imagens de OCT, o OptoVue XR100 Avanti, *software* versão 4.0.2.0, gera imagens tridimensionais (3D) do disco e da cabeça do nervo com um mapa de diâmetro de 4-mm (NHM4). Este protocolo 3D consiste num raster de 4x4 mm fixado no disco ótico e é composto por 101 *B-scans*, cada um contando com 512 *A-scans*. Isto origina uma imagem 3D do disco ótico e da área envolvente. A versão de *software* utilizada desenha automaticamente o contorno da margem do disco, estimando os bordos do epitélio pigmentado da retina (EPR), gerando desta forma os parâmetros do referido protocolo

NHM4. Os valores obtidos pelo *software* do equipamento incluem: área do disco, área de escavação, área do anel neuroretiniano, rácio entre a área de escavação e a área do disco, rácio entre a escavação e o disco na horizontal e vertical, volume do disco, volume da escavação, volume no anel neuroretiniano, e rácio entre o volume da escavação e do disco. Os *scan* respetivos à camada de fibras nervosas da retina (RNFL) completam 4 *scan* circulares em 0,16 segundos, num diâmetro de 3,45 mm, centrado na cabeça do disco. Estes *scan* são ponderados e os resultados apresentados segundo um intervalo normativo para cada quadrante.¹⁰ Estes critérios de delimitação automática do disco ótico foi respeitada para todos os olhos incluídos, inclusive nos olhos atípicos.

ANÁLISE DE DADOS

Os dados demográficos e as características clínicas foram sumarizadas com os métodos tradicionais descritivos (isto é, média e desvio padrão para variáveis contínuas, percentagens para variáveis nominais). A avaliação da normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Todas as comparações relacionadas com variáveis contínuas foram realizadas com testes t independentes ou emparelhados, sempre que a normalidade fosse confirmada, ou com testes não paramétricos para as restantes situações. Regressões lineares univariadas foram utilizadas para estimar a relação condicional entre variáveis.

Foram determinados coeficientes de correlação intraclasses (CCI): com base no intervalo de confiança a 95% do valor estimado de CCI, valores menores que 0,5, entre 0,5 e 0,75, entre 0,75 e 0,9, e maiores que 0,9 foram considerados indicativos de *Pobre*, *Moderada*, *Boa* e *Excelente* reprodutibilidade, respetivamente.¹¹

A análise estatística foi realizada com recurso ao *software* STATA, versão 16.0, e foi assumido o valor de significância $p \leq 0,05$.

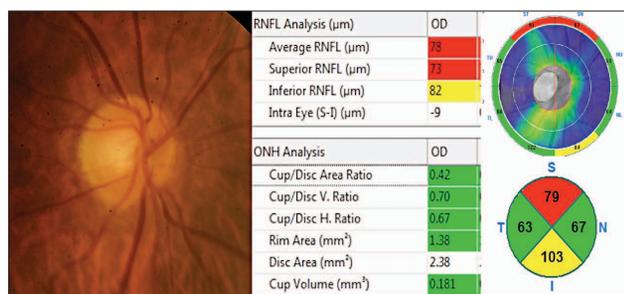


Figura 3. Exemplo da avaliação feita por retinografia (esquerda) e OCT (direita). Para o exemplo apresentado ambos os avaliadores concordaram no rácio escavação/disco vertical (0,8). Já o OCT indica uma relação de 0,70. Como podemos perceber pela análise da RNFL, já existe dano estrutural importante neste olho.

RESULTADOS

DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

Do total, 20 olhos (31,3%) não apresentavam alterações no OCT no que diz respeito à RNFL. Quatro olhos (6%) apresentavam degenerescência miópica com *tilted disk* e atrofia peripapilar importante. Os restantes 40 olhos (62,5%) pertenciam a doentes seguidos por glaucoma, com MD médio de 9,8 dB, e que variavam desde alterações subtis na perimetria estática computadorizada (PEC) e MD de -4,21 dB, até alterações grosseiras no PEC e MD de -24,38 dB.

A área média do disco da nossa amostra foi 2,11±0,37 (1,56-3,05) mm². O avaliador G1 (*gold standard*) considerou a atrofia peripapilar presente em 57,41% casos, com uma concordância de 1 com o G2.

A Tabela 1 resume os resultados da avaliação do rácio E/D, realizada pelos dois avaliadores e pelo OCT. O OCT apresentou a média mais alta deste rácio, quer na horizontal quer na vertical, seguido pelo G1 e pelo G2, respetivamente. De notar ainda que G1 apresenta os valores mais extremos em ambas as classificações.

Após regressão linear simples a diferença de classificação do rácio E/D na vertical, entre G1 e o OCT, não se correlaciona com a área do disco (B=0,16, p=0,15, 95%IC[-0,09-0,01], nem com a atrofia peripapilar ((B=-0,02, p=0,31, 95%IC[-0,07-0,02]).

Tabela 1. Resumo do desempenho dos 2 avaliadores em estudo e do OCT, em relação ao rácio escavação/disco.

	G1	G2	OCT
Rácio escavação/disco vertical			
Média ± Desvio Padrão	0,63 ± 0,19	0,60 ± 0,24	0,67 ± 0,20
Amplitude	0,1-1	0,2-0,9	0,12-0,97
p-value	G1 vs OCT <0,01	G1 vs G2 =0,05	G2 vs OCT =0,06
Rácio escavação/disco horizontal			
Média ± Desvio Padrão	0,63 ± 0,18	0,56 ± 0,22	0,69 ± 0,22
Amplitude	0,1-1	0,2-0,9	0,16-0,98
p-value	G1 vs OCT <0,01	G1 vs G2 <0,01	G2 vs OCT <0,01

G1=médico especialista em glaucoma; G2=médico no internato de formação específica em oftalmologia.

CONCORDÂNCIA ENTRE AVALIADORES

A Tabela 2 resume os resultados entre os dois avaliadores em estudo. O avaliador G1 diferiu em média 0,05±0,09 de G2 no que diz respeito ao rácio E/D na vertical (p-value 0,05). Já em relação ao rácio E/D na horizontal a diferença foi em média de 0,08±0,11, sendo estatisticamente significativa (p-value <0,01).

Os avaliadores obtiveram um coeficiente de correlação *Bom* (0,82 e 0,81 para os valores na vertical e horizontal, respetivamente), como demonstrado na Tabela 3.

Tabela 2. Resumo das diferenças encontradas entre as classificações dos 2 avaliadores.

Rácio escavação/disco vertical	
Média da diferença	0,05
Desvio Padrão	0,09
Amplitude	-0,19-0,22
<i>p-value</i>	0,05
Rácio escavação/disco horizontal	
Média da diferença	0,08
Desvio Padrão	0,11
Amplitude	-0,27-0,31
<i>p-value</i>	<0,01

G1=médico especialista em glaucoma; G2=médico no internato de formação específica em oftalmologia.

Tabela 3. Reprodutibilidade entre avaliadores.

	Coeficiente de Correlação (Intervalo de Confiança a 95%)	
	Rácio escavação/disco vertical	Rácio escavação/disco horizontal
G1 vs G2	0,82 (0,71-0,89)	0,81 (0,69-0,89)

G1=médico especialista em glaucoma; G2=médico no internato de formação específica em oftalmologia; CCI= coeficiente de correlação intraclasse.

CONCORDÂNCIA ENTRE AVALIADORES E OCT

O avaliador G2 apresentou em média uma diferença inferior a G1, no rácio E/D vertical, em relação ao OCT - 0,03±0,02 e 0,07±0,01 (ver Tabela 4). Todas as diferenças são estatisticamente significativas (*p-value* <0,01), à exceção da média da diferença entre OCT e G2 para o rácio E/D na vertical (*p-value* 0,06).

Contudo, a correlação de resultados entre G1 e o OCT foi superior àquela registada entre G2 e o OCT (0,92 e 0,82 vs 0,79 e 0,77, na horizontal e vertical, respetivamente)

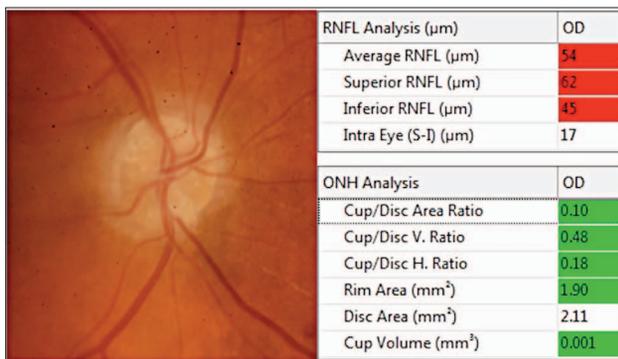


Figura 4. Exemplo com maior diferença entre avaliadores. Apesar da elevada concordância, em discos com anatomia alterada a diferença entre avaliadores parece aumentar. No exemplo apresentado, a classificação do rácio E/D na vertical foi de 0,8, 0,5 e 0,48, para G1, G2 e OCT, respetivamente. Como podemos observar pelo *printout* do OCT a espessura de fibras nervosas apresenta uma diminuição generalizada (vermelho), contrapondo com a relação apresentada pelo OCT (que surge a verde). Nestes casos atípicos o OCT parece ter dificuldade na segmentação.

Tabela 4. Resumo das diferenças encontradas entre as classificações dos 2 avaliadores e o OCT.

	OCT-G1	OCT-G2
Rácio escavação/disco vertical		
Média da diferença ± Desvio Padrão	0,07 ± 0,01	0,03 ± 0,02
Amplitude	0-0,42	0-0,39
<i>p-value</i>	<0,01	0,06
Rácio escavação/disco horizontal		
Média da diferença ± Desvio Padrão	0,13 ± 0,02	0,06 ± 0,02
Amplitude	0,01-0,72	0,02-0,44
<i>p-value</i>	<0,01	<0,01

G1=médico especialista em glaucoma; G2=médico no internato de formação específica em oftalmologia.

Tabela 5. Reprodutibilidade entre avaliadores e OCT.

	Coeficiente de Correlação (Intervalo de Confiança a 95%)	
	Rácio escavação/disco vertical	Rácio escavação/disco horizontal
G1 vs OCT	0,92 (0,87-0,95)	0,82 (0,71-0,89)
G2 vs OCT	0,79 (0,66-0,87)	0,77 (0,63-0,86)
G1/G2 vs OCT	0,91 (0,84-0,94)	0,83 (0,73-0,90)

G1=médico especialista em glaucoma; G2=médico no internato de formação específica em oftalmologia; CCI= coeficiente de correlação intraclasse.

(Tabela 5). A correlação entre G1 e o OCT foi *Excelente* na relação vertical e *Boa* na relação horizontal. Já a correlação entre G2 e o OCT foi *Boa* em ambas as vertentes. Quando avaliada a correlação mista entre G1 e G2 com o OCT, esta foi *Excelente* para a relação vertical, e *Boa* para a relação horizontal (Tabela 5).

DISCUSSÃO

O rácio entre a escavação e o anel neuroretiniano, como ferramenta na avaliação e monitorização de doentes em glaucoma,¹² oferece uma quantificação grosseira do estado do nervo ótico. Sendo influenciada pelas variações anatómicas da estrutura dos discos e ainda pela subjetividade interobservador,^{12,13} a correlação interobservador pode ser melhorada com treino protocolado e regular, aumentando para valores na ordem dos 0,74-0,83.¹⁴ Apesar da recente evolução tecnológica, esta avaliação morfológica do disco, continua a ser uma componente importante no exame oftalmológico, sobretudo numa primeira consulta ou na suspeita de glaucoma. A análise inicial subjetiva do disco é, nessas situações, o gatilho para uma investigação mais profunda, que engloba a realização de campos visuais e avaliação imagiológica da RNFL.

Os avaliadores em estudo demonstraram uma taxa de concordância elevada (0,82 e 0,81 para a relação vertical e horizontal, respetivamente). As diferenças médias encontradas entre as classificações de ambos os avaliadores foram baixas e com pouco significado clínico (0,05 e 0,08). Apesar de tudo, o valor máximo na diferença entre ambos - 0,32, realça a dificuldade acrescida que alguns discos acarretam, mesmo para avaliadores com elevada concordância. Essa

concordância foi ainda maior para características qualitativas, como a atrofia peripapilar (100%). À correlação obtida acrescenta-se algum valor clínico pela heterogeneidade da amostra, composta por olhos com alterações típicas do glaucoma, outros com anatomia anormal (como é o caso dos altos míopes), e ainda olhos normais, demonstrando que, mesmo numa fase precoce da carreira médica, a observação de um disco ótico pode ser fiável e reproduzível entre pares. Isto é um dado crucial para a prática clínica de grandes centros, uma vez que os doentes são avaliados por diferentes médicos, e com experiências muito diferentes.

Os resultados deste estudo preliminar mostram ainda que, tal como sugerido na literatura para outros aparelhos,^{6,15,16} o SD-OCT é capaz de medir de forma eficaz e reproduzível a anatomia do cabeça do nervo ótico, nomeadamente os seus limites, o anel neuroretiniano e a relação deste com a escavação do nervo. A concordância entre OCT e G1 foi de 0,92 (vertical) e 0,82 (horizontal), mostrando que a segmentação feita pelo aparelho se aproxima à análise subjetiva de um avaliador experiente. A amplitude da diferença nas classificações atingiu em alguns casos 0,37 na vertical, e 0,52 na horizontal, relacionado com morfologias anómalas que dificultam a segmentação automática do OCT, evidenciando o papel central da avaliação subjetiva do médico. Não podemos ainda esquecer que a avaliação qualitativa do disco, como áreas de atrofia, *notch*, hemorragias do disco, a cor, entre outros, escapam à análise do OCT. Outro dado curioso a destacar é o facto do erro entre G1 e OCT não aparentar estar relacionado com a área do disco, aspeto importante na clínica, pois sabemos que a dimensão do disco influencia a análise do mesmo.¹⁷

A análise de concordância entre os 3 avaliadores em estudo oferece-nos também alguns dados curiosos. G1, como esperado, apresenta uma concordância com o OCT mais alta do que G2 (0,92/0,82 vs 0,79/0,77). No entanto, a média das diferenças entre G2 e o OCT é inferior à registada para G1 e OCT, apresentando G2 valores mais extremos em relação ao OCT. Isto pode ser explicado pelo diferente nível de experiência entre os avaliadores: G1, apesar de ter um erro sistemático maior do que G2 em relação ao OCT, erra menos. Clinicamente, isto pode significar que um avaliador experiente tem resultados mais consistentes.

Por fim, com uma concordância global entre humano e OCT *Excelente* (0,91) na vertical, e *Boa* (0,83) na horizontal, a nossa análise sugere que o SD-OCT se aproxima muito da avaliação do disco realizada pelo médico. Como no glaucoma o rácio E/D vertical é o que mais se relaciona com a perda de fibras nervosas do nervo ótico a concordância referida atrás assume um maior significado clínico. É sabido que o rácio escavação/disco, pelo menos na sua forma quantitativa pura, não é determinante no diagnóstico e avaliação de progressão do glaucoma, principalmente na era do OCT e da RNFL. Contudo, oferece dados importantes para decisões estruturantes: disco glaucomatoso ou não, presença de palidez não escavada, e identificação de glaucomas avançados (>0,8), são alguns dos exemplos. O nosso estudo, ao demonstrar que o OCT se correlaciona bem com a avaliação de um oftalmologista com experiência em discos óticos, sugere que este pode vir a desempenhar um papel determinante no rastreio, referência e seguimento à distância destes doentes, algo particularmente importante tendo em conta o contexto atual onde a teleconsulta parece ganhar um peso cada vez mais importante na prática clínica, este género de estudos

são cada vez mais necessários.

Existem algumas limitações no nosso estudo. Em primeiro lugar o tamanho da amostra, principalmente nos conjuntos de olhos saudáveis e atípicos, que para estudos de correlação carece de números maiores. Outro fator é a utilização de um único aparelho de OCT: no futuro seria importante perceber se este desempenho é transversal a todos os aparelhos do mercado. Uma terceira questão prende-se com as medidas estudadas, sendo que a planimetria do disco, com área, área do anel neuroretiniano, entre outras, poderá ser incorporada e estudada a sua aplicabilidade clínica.^{16,18} Essa mesma aplicabilidade clínica é outra das limitações, uma vez que dados como a perimetria e a RNFL foram apenas tidos em conta na inclusão dos doentes, e não na sub análise dos dados. A própria análise, focando-se apenas na variabilidade interobservador, não explorou a variabilidade intraobservador; esta poderá ser outra das vantagens da automatização, reduzindo, ou não, a variabilidade entre observações para melhor detetar progressão.

Em conclusão, no nosso estudo obtivemos uma boa correlação na análise do disco ótico entre um jovem oftalmologista e um médico com maior experiência, reafirmando a importância deste sinal clássico na prática clínica. O OCT obteve também uma boa reprodutibilidade, numa possível aplicabilidade crescente na telemedicina. Contudo, a avaliação humana mantém a sua relevância clínica, pois é mais sensível a discos anómalos e permite uma análise qualitativa do disco.

CONTRIBUTORSHIP STATEMENT / DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO:

JS: Desenho do estudo e elaboração do artigo. Colheita, análise estatística e interpretação dos dados. Redação do manuscrito, revisão de versões e aprovação da versão final.

MR: Desenho do estudo e elaboração do artigo. Colheita, análise estatística e interpretação dos dados. Redação do manuscrito, revisão crítica e aprovação da versão final.

PP e PF: Elaboração do artigo. Colheita e interpretação dos dados. Revisão de versões do manuscrito e aprovação da versão final.

JMP e JM: Revisão crítica do manuscrito e aprovação da versão final.

RESPONSABILIDADES ÉTICAS

Conflitos de Interesse: Os autores declaram a inexistência de conflitos de interesse na realização do presente trabalho.

Fontes de Financiamento: Não existiram fontes externas de financiamento para a realização deste artigo.

Confidencialidade dos Dados: Os autores declaram ter seguido os protocolos da sua instituição acerca da publicação dos dados de doentes.

Consentimento: Consentimento dos doentes para publicação obtidos.

Proteção de Pessoas e Animais: Os autores declaram que os procedimentos seguidos estavam de acordo com os regulamentos estabelecidos pelos responsáveis da

Comissão de Investigação Clínica e Ética e de acordo com a Declaração de Helsínquia revista em 2013 e da Associação Médica Mundial.

Proveniência e Revisão por Pares: Não comissionado; revisão externa por pares.

ETHICAL DISCLOSURES

Conflicts of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing Support: This work has not received any contribution, grant or scholarship

Confidentiality of Data: The authors declare that they have followed the protocols of their work center on the publication of data from patients.

Patient Consent: Consent for publication was obtained.

Protection of Human and Animal Subjects: The authors declare that the procedures followed were in accordance with the regulations of the relevant clinical research ethics committee and with those of the Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki as revised in 2013).

Provenance and Peer Review: Not commissioned; externally peer reviewed.

REFERENCES

1. Quigley H, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol*. 2006;90:262-7. doi:10.1136/bjo.2005.081224
2. Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Hussein M. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression. *Evid Based Eye Care*. 2003;4:137-9. doi:10.1097/00132578-200307000-00009
3. Mitchell P, Smith W, Attebo K, Healey PR. Prevalence of open-angle glaucoma in Australia: The blue mountains eye study. *Ophthalmology*. 1996;103:1661-9. doi:10.1016/S0161-6420(96)30449-1
4. Tielsch J, Sommer A, Katz J. Racial variations in the prevalence of primary open-angle glaucoma. *JAMA Ophthalmol*. 1991;266:369-374.
5. Kwon YH, Adix M, Zimmerman MB, Piette S, Greenlee EC, Alward WL, et al. Variance owing to observer, repeat imaging, and fundus camera type on cup-to-disc ratio estimates by stereo planimetry. *J Glaucoma*. 2009;18:305-10. doi:10.1097/IJG.0b013e318181545e
6. Mwanza JC, Oakley JD, Budenz DL, Anderson DR; Cirrus Optical Coherence Tomography Normative Database Study Group. Ability of CirrusTM HD-OCT Optic Nerve Head Parameters to Discriminate Normal from Glaucomatous Eyes. *Ophthalmology*. 2011;118:241-8. doi:10.1016/j.ophtha.2010.06.036.Ability
7. Budenz DL, Fredette MJ, Feuer WJ, Anderson DR. Reproducibility of Peripapillary Retinal Nerve Fiber Thickness Measurements with Stratus OCT in Glaucomatous Eyes. *Ophthalmology*. 2008;115. doi:10.1016/j.ophtha.2007.05.035
8. Karvonen E, Stoor K, Luodonpaa M, Hägg P, Lintonen T, Liinamaa J, et al. Diagnostic performance of modern imaging instruments in glaucoma screening. *Br J Ophthalmol*. 2020;104:1399-405. doi:10.1136/bjophthalmol-2019-314795
9. Mills RP, Budenz DL, Lee PP, Noecker RJ, Walt JG, Siegartel LR, et al. Categorizing the stage of glaucoma from pre-diagnosis to end-stage disease. *Am J Ophthalmol*. 2006;141:24-30. doi:10.1016/j.ajo.2005.07.044
10. Mesiwala NK, Pekmezci M, Porco TC, Lin SC. Optic disc parameters from optovue optical coherence tomography: Comparison of manual versus automated disc rim determination. *J Glaucoma*. 2012;21:367-71. doi:10.1097/IJG.0b013e31821206e8
11. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*. 2016;15:155-63. doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012
12. Lichter PR. Variability of expert observers in evaluating the optic disc. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1977;74:532-72.
13. Tielsch JM, Katz J, Quigley HA, Miller NR, Sommer A. Intraobserver and Interobserver Agreement in Measurement of Optic Disc Characteristics. *Ophthalmology*. 1988;95:350-6. doi:10.1016/S0161-6420(88)33177-5
14. Hatch W V, Trope GE, Buys YM, Macken P, Etchells E, Flanagan JG. Agreement in assessing glaucomatous discs in a clinical teaching setting with stereoscopic disc photographs, planimetry, and laser scanning tomography. *J Glaucoma*. 8:99-104.
15. Abràmoff MD, Lavin PT, Birch M, Shah N, Folk JC. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care of fi ces. *npj Digit Med*. 2018;39. doi:10.1038/s41746-018-0040-6
16. Sharma A, Oakley JD, Schiffman JC, Budenz DL, Anderson DR. Comparison of Automated Analysis of Cirrus HD-OCTTM Spectral Domain Optical Coherence Tomography with. *Ophthalmology*. 118:1348-57.
17. Badalà F, Nouri-Mahdavi K, Raouf DA, Leeprechanon N, Law SK, Caprioli J. Optic Disk and Nerve Fiber Layer Imaging to Detect Glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2007;144:724-32. doi:10.1016/j.ajo.2007.07.010
18. Abràmoff MD, Lee K, Niemeijer M, Alward WL, Greenlee EC, Garvin MK, et al. Automated segmentation of the cup and rim from spectral domain OCT of the optic nerve head. *Investig Ophthalmol Vis Sci*. 2009;50:5778-84. doi:10.1167/iovs.09-3790



**Corresponding Author/
Autor Correspondente:**

Jorge Simão
Praceta Prof. Mota Pinto
3000-075 Coimbra, Portugal
jorgemsimao@gmail.com



ORCID: 0000-0003-1254-2985