

Estudo das correlações entre a área do disco óptico e as características geométricas e biomecânicas da córnea

Study of correlation between optic disc size and corneal geometry and biomechanics

Renata Siqueira da Silva¹, Jorge Augusto Siqueira da Silva², Fernanda Bina Fonyat de Lima³, Bruno de Freitas Valbon⁴, Marcella Quaresma Salomão⁵, Renato Ambrósio Junior⁶

RESUMO

Objetivo: Correlacionar área do disco óptico com parâmetros geométricos e biomecânicos da córnea. **Métodos:** Estudo retrospectivo nos arquivos de pacientes do Instituto de Olhos Renato Ambrósio a fim de se identificar os pacientes que realizaram exames HRT (Heidelberg Retina Tomography), Pentacam e ORA. A retinografia digital foi revisada de modo a se classificar na escala DDLs (Disc Damage Likelihood Scale). **Resultados:** 244 olhos de 122 pacientes (75 mulheres) foram incluídos no estudo. A média de idade foi de 47,2 anos (de 8 a 97 anos, desvio padrão de 21,7). Não houve correlação significativa entre área do disco e nenhuma das medidas de PIO (IOPg, IOPcc). Encontrou-se uma relação negativa significativa com CRF ($r=-0,1337$, $p=0,0263$). A relação com histerese foi também negativa ($-0,1123$), mas o valor p foi maior que 0,05 (0,0625). Não houve correlação significativa entre área do disco e progressão paquimétrica mínima ou média. Entretanto, observou-se correlação significativa e positiva entre a área do disco e astigmatismo corneano (Delta K), sendo de 1,15 ($p=0,0129$). **Conclusão:** Existe uma correlação negativa entre a área do disco óptico e os parâmetros biomecânicos e estruturais da córnea. Tal correlação pode ser parte da explicação da córnea ser um fator de risco para maior susceptibilidade do nervo óptico para neuropatia glaucomatosa.

Descritores: Disco óptico; Córnea/anatomia & histologia; Topografia da córnea; Biomecânica; Estudos retrospectivos

¹Fellowship' em Glaucoma no Wills Eye Hospital – Filadélfia- EUA; Membro do Grupo de Estudos de Tomografia e Biomecânica da Córnea - Rio de Janeiro (RJ), Brasil;

²Residente do 2º ano do CEPOA - Centro de Estudos e Pesquisas Oculistas Associados – CEPOA – Rio de Janeiro (RJ), Brasil;

³Fellow' de Catarata do Hospital São Vicente de Paulo - Rio de Janeiro (RJ), Brasil;

⁴Pós-graduando (Mestrado) da Universidade Federal Fluminense – UFF – Rio de Janeiro (RJ), Brasil;

⁵Fellowship' em Córnea e Cirurgia Refrativa no Cole Eye Institute - Cleveland Clinic – EUA.

⁶Professor Associado de Oftalmologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ - Rio de Janeiro (RJ), Brasil; Coordenador Científico do Grupo de Estudos de Tomografia e Biomecânica de Córnea - Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Instituição onde o trabalho foi realizado: Instituto de Olhos Renato Ambrósio - Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

Os autores declaram inexistir conflitos de interesse

Recebido para publicação em: 19/1/2011 - Aceito para publicação em 21/6/2011

ABSTRACT

Purpose: To correlate optic disc size geometry, corneal architecture and biomechanics. **Methods:** Optic disc area and geometry was accessed by HRT III (*Heidelberg Retina Tomography – Heidelberg eng*), Pentacam (Oculus) was used for accessing IOP and corneal parameters and ORA (*Ocular Response Analyze - Reichert*) was utilized to access corneal biomechanical properties. Classification based DDLS (*Disc Damage Likelihood Scale*) scale from retinography was performed. Settings: Instituto de Olhos Renato Ambrósio. **Results:** 244 eyes of 122 patients (75 female) were included. The average age was 47,2 years (from 8 to 97 years). A significant negative correlation was found between disc optic size and CRF ($r=0,1337$, $p=0,0263$). A small trend was also found between optic nerve size and hysteresis ($r=-0,1123$, $p=0,0625$). A significant negative correlation was also found between disc optic size and thinnest point, maximal pachymetry progression, corneal volume at (1, 4 e 6mm) and difference from thinnest and central value ($p<0,05$). The highest negative correlation was with corneal volume within 4mm in diameter ($r=-1,887$; $p=0,0017$). A positive correlation between size of optic disc and cornea astigmatism (delta K), was found ($r= 1,15$; $p=0,0129$). **Conclusion:** There is a negative correlation between optic disc size and corneal thickness and biomechanical properties. These findings may help explaining susceptibility for the development of glaucoma neuropathy in some cases.

Keywords: Optic disc; Cornea/anatomy & histology; Corneal topography; Biomechanics; Retrospective studies

INTRODUÇÃO

Desde a publicação em junho de 2002 do estudo OHTS (*Ocular Hypertension Treatment Study*), que identificou, em análise multivariada, a espessura corneana central (ECC) como o mais importante fator preditivo para o desenvolvimento de lesão glaucomatosa do nervo óptico em pacientes hipertensos oculares⁽¹⁾, há um crescente interesse nas relações entre características da córnea e a neuropatia óptica glaucomatosa. Os achados do OHTS foram validados com o estudo europeu EGPS (*European Glaucoma Prevention Study Group*)⁽²⁾. O modelo de predição que combina os dados do OHTS e do EGPS calcula que para cada 40 micra de diminuição da ECC, há um risco duas vezes maior de desenvolvimento de lesão glaucomatosa em cinco anos⁽³⁾. Adicionalmente, outros estudos têm relacionado espessura corneana mais baixa com maior gravidade na apresentação da lesão glaucomatosa⁽⁴⁻⁶⁾.

Inicialmente, as explicações para a associação entre a influência da espessura corneana no desenvolvimento da neuropatia óptica glaucomatosa estavam baseadas no fato de que córneas mais finas apresentam uma influência negativa na medida da pressão intraocular (PIO) por meio de tonometria de aplanção. Deste modo, pacientes com córneas mais finas apresentariam medidas de PIO menos elevadas e, conseqüentemente, seriam menos tratados, o que aumentaria o risco de lesão.

A influência da espessura da córnea na medida da pressão intraocular (PIO) por meio de tonometria de

aplanção é bastante reconhecida⁽⁷⁻⁹⁾. Segundo o princípio de Imbert-Fick, no qual se baseia a tonometria de aplanção, a pressão interna de uma esfera cheia de fluidos é diretamente proporcional à força requerida para realizar externamente o aplanamento de sua parede, contanto que a superfície seja uma membrana perfeitamente elástica, seca, esférica, e infinitamente fina. De fato, as limitações do princípio de Imbert-Fick já eram reconhecidas por Goldmann e Schmidt quando introduziram este método em 1957, ao fazerem duas suposições na tentativa de compensar tais limitações: 1) a córnea sem doença apresentava uma espessura pouco variável, em torno de 500 μm ; 2) os efeitos da rigidez da córnea seriam equilibrados pela tensão de superfície do menisco de lágrima em contato com a ponta do instrumento ao aplanar uma área circular com diâmetro de 3,06 mm⁽¹⁰⁾.

De forma alternativa, a hipótese de existir uma relação entre a espessura corneana e uma maior susceptibilidade para lesão glaucomatosa foi aventada com base nas relações anatômicas entre a córnea e o disco óptico, que são as aberturas da parede escleral. Considerando-se as origens genética e embrionária semelhantes, bem como a continuidade destas estruturas, as propriedades biomecânicas da córnea de elasticidade e resistência podem estar relacionadas com as do disco óptico a nível da lâmina cribiforme, o que explicaria maior impacto da pressão nas fibras nervosas.

Novas evidências clínicas identificam a espessura corneana como um fator de risco para progressão da neuropatia óptica glaucomatosa. O estudo EMGT (*Early Manifest Glaucoma Trial*), no seguimento de onze anos, identificou a ECC como um importante fator de predi-

ção para progressão do glaucoma em pacientes com níveis pressóricos mais elevados⁽¹¹⁾. É interessante notar que, provavelmente pelo fato que menos pacientes com glaucoma desenvolveram progressão da doença, o seguimento de cinco anos do mesmo estudo falhou em identificar tal associação clínicas⁽¹²⁾.

Outros parâmetros da córnea, como a ceratometria, também exercem importante influência no “erro” da medida da PIO por aplanção, que é hiperestimada em casos de córneas mais espessas e mais curvas. Entretanto, um modelo matemático elaborado por Liu e Roberts identifica que o módulo de Young da córnea, relacionado com suas propriedades biomecânicas, exerce uma influência independente e superior à espessura e curvatura da córnea⁽¹³⁾.

O estudo clínico das propriedades biomecânicas da córnea tornou-se possível com a introdução do sistema de não contato, ORA (Ocular Response Analyzer, Reichert), em 2005. O ORA é um tonômetro de sopro que utiliza um pulso de ar extremamente controlado e monitorado em sua intensidade, com fases ascendentes e descendentes simétricas. O exame leva cerca de 20 milissegundos. O pulso de ar desencadeia deformação na superfície da córnea que passa por um primeiro momento de aplanção, que é identificado por um pico no reflexo da córnea (ponto 1, Figura 1). Após tal momento, a córnea ainda sofre a pressão do pulso de ar até ficar ligeiramente côncava (ponto 2, Figura 1) e retorna ao seu estado original de modo a passar por um segundo momento de aplanção (ponto 3, Figura 1). O comportamento da córnea e o sinal obtido durante o exame representa as propriedades biomecânicas da córnea medida. A diferença entre a pressão do pulso de ar nos momentos de aplanção é relacionada com a capacidade viscoelástica da córnea de armazenar energia e é denominada histerese ($Histerese = P1 - P2$). Quatro parâmetros são gerados na versão atual do *software* do ORA: PIO calibrada para Goldmann, PIO compensada da córnea, histerese e fator de resistência corneana⁽¹⁴⁾.

Congdon et al. realizaram um estudo no qual se mediu a histerese em uma coorte de pacientes com diagnóstico de glaucoma, que foram avaliados retrospectivamente para determinar o grau e a progressão da lesão. O estudo identificou que histerese mais baixa era um importante fator de predição de piora dos parâmetros perimétricos⁽¹⁵⁾.

Por outro lado, a medida central da espessura da córnea (ECC) não reflete de forma completa as características geométricas da córnea. A córnea é fisiologicamente mais fina no centro e mais espessa na sua perife-

ria, com aumento gradual em direção ao limbo. O perfil de progressão paquimétrico é um parâmetro tomográfico da córnea que tem características paramétricas “Gaussianas” em uma população normal e tem características significativamente distintas em córneas normais e com ceratocone^(16,17). O tomógrafo de córnea e segmento anterior, Pentacam (Oculus) tem *software* específico que analisa graficamente a progressão paquimétrica e calcula a média de progressão para cada olho estudado.

Além da limitação de ser uma medida pontual, a espessura central não é necessariamente o ponto mais fino da córnea, havendo em 12% das córneas normais, uma diferença superior a $10\mu\text{m}$ ⁽¹⁸⁾. Estudos da ECC mostram importante variação ao longo do tempo⁽¹⁹⁾, o que pode ser explicado por variação na posição da ponteira do ultrassom na córnea, uma vez que não observamos tal variação ao longo de quatro anos no mapa paquimétrico em um grupo de 116 olhos com córneas normais⁽²⁰⁾.

Novos estudos vêm sendo realizados para identificar novas relações entre a córnea e o nervo óptico, de modo que sirvam para justificar uma maior susceptibilidade de córneas mais finas e com menor viscoelasticidade para a lesão do nervo óptico. Lesk et al. concluíram que pacientes com glaucoma de ângulo-aberto e hipertensão ocular com córneas mais finas apresentam maior diminuição da profundidade de escavação que pacientes com córneas mais espessas, quando submetidos a redução da PIO⁽²¹⁾. Esta avaliação, realizado com o HRT (Heidelberg Retina Tomography) reconhecidamente demonstra uma maior variação a nível da lâmina cribiforme (complacência) nos pacientes com córnea mais fina. Adicionalmente, o estudo observou menor melhora nos parâmetros de fluxo sanguíneo da rima neural por meio do scanning laser Doppler flowmetry no grupo com córneas mais finas⁽²¹⁾.

Pakravan et al., em estudo retrospectivo envolvendo pacientes com glaucoma de ângulo-aberto, encontraram uma relação negativa entre a área do nervo óptico e a ECC⁽²²⁾, existindo diferenças significativas entre os grupos raciais. Tal relato sugere que um nervo com maior diâmetro sofra maior impacto da pressão de acordo com a lei de Laplace, o que justificaria uma maior susceptibilidade a lesão pela pressão elevada.

O objetivo deste trabalho é relacionar as características biomecânicas da córnea medidas com o ORA, as características estruturais (geometria) da córnea medidas com o Pentacam HR e o diâmetro do nervo óptico medido com o HRT.

MÉTODOS

Foi feito um estudo retrospectivo com base nos arquivos de pacientes do Instituto de Olhos Renato Ambrósio, de modo a se identificar os pacientes que realizaram exames HRT (*Heidelberg Retina Tomography*), Pentacam e ORA. A tentativa de eliminar a influência da raça neste estudo, limitou-se a incluir olhos de pacientes considerados como de origem caucasiana. Todos os exames de HRT e ORA foram feitos no mesmo dia, de forma sequencial. Os pacientes que apresentavam alguma doença na córnea ou cirurgia corneana prévia foram excluídos. Apenas pacientes com ambos os olhos elegíveis para o estudo foram incluídos.

Apenas exames com qualidade considerada adequada foram selecionados para o estudo, excluindo-se os pacientes com pelo menos um exame de qualidade comprometida, de acordo com os padrões da cada instrumento.

O exame do ORA foi realizado com duas medidas consecutivas em cada olho. Os dados IOPg, IOPcc, CRF e histerese foram considerados. O exame do Pentacam foi realizado com sistema rotacional digital de Scheimpflug, programado para realizar 25 fotos em 2 segundos em 360°.

Os dados dos exames (HRT, ORA e Pentacam) de cada paciente foram exportados para planilha do Excell (Microsoft Office 2006) usando os *softwares* disponíveis de cada aparelho. Os mapas topográficos e paquimétricos e os perfis de progressão paquimétrica foram extraídos do exame Pentacam para cada paciente e armazenados em arquivo digital (jpeg). Da mesma forma a retinografia digital com o *HRT3 OU Report* foram gerados e arquivados para cada paciente.

Cada retinografia foi revisada e classificada na escala DDLS (Disc Damage Likelihood Scale - Figura 2)⁽²³⁾ por pesquisadora treinada (RSS) em *fellowship* pelo próprio Dr. G. Spaeth, quem descreve tal classificação.

Os dados de todos os exames de cada olho foram combinados na mesma planilha para possibilitar estudo estatístico utilizando-se o *software* SPSS v 13.0. Como o exame do ORA consistiu em duas medidas, o estudo das concordâncias entre cada medida foi realizado. Utilizou-se o teste de Pearson (Pearson's product-moment correlation) para IOPg, CRF e histerese, uma vez que tais dados foram considerados normais ou Gaussianos por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (Kolmogorov-Smirnov Test of Composite Normality). IOPcc teve uma distribuição não normal, de modo que utilizou-se o teste

de Spearman (Spearman's rank correlation).

Considerando-se que pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, a área do disco óptico teve distribuição normal ou gaussiana, as correlações entre a área do disco óptico foram feitas utilizando-se o teste de Pearson, no caso do segundo parâmetro ser também gaussiano, ou teste de Spearman, no caso do segundo parâmetro ter distribuição não gaussiana. As correlações foram estudadas com: CRF (Corneal Resistance Factor), histerese, ceratometria (K1, K2 e K-médio), astigmatismo corneano (delta K), eixo do astigmatismo, profundidade, volume e ângulo da câmara anterior, paquimetria mais fina, progressão paquimétrica mínima, média e máxima, volume corneano (1, 4 e 6 mm), distância do ápice ao ponto mais fino, diferença entre o ápice e o ponto mais fino e classificação DDLS.

RESULTADOS

Duzentos e quarenta e quatro olhos de 122 pacientes (75 mulheres) foram incluídos no estudo. A média de idade foi de 47,2 anos (de 8 a 97 anos, desvio padrão de 21,7).

O estudo da concordância entre os parâmetros do ORA revelou boa reprodução das medidas. As correlações entre a primeira e segunda medidas para IOPg, IOPcc, CRF e histerese foi respectivamente de 0,9130, 0,8541, 0,8487 e 0,8098 ($p < 0,005$).

A média de área do disco foi de 2,04 mm com desvio padrão de 0,51. A variável mostrou-se normal ou Gaussiana, de acordo com teste de Kolmogorov-Smirnov ($p = 0,12$, $ks = 0,0481$).

Não houve correlação significativa entre área do disco e nenhuma das medidas de PIO (IOPg, IOPcc). Observou-se uma associação negativa significativa entre a área do disco e os parâmetros biomecânicos e geométricos da córnea. A Tabela 1 resume as médias, desvio padrão e se a distribuição foi considerada paramétrica.

Não foram encontradas associações significantes com a ceratometria, profundidade, volume e ângulo da câmara anterior.

Encontrou-se uma relação negativa significativa com CRF (Figura 3), sendo o fator de correlação de -0,1337 ($p = 0,0263$). A relação com histerese foi também negativa (-0,1123), mas não foi significativa com valor p maior que 0,05 (0,0625).

As correlações entre área do disco e paquimetria mais fina (Figura 4), progressão paquimétrica máxima (Figura 5), volume corneano (1, 4 e 6mm) e diferença paquimétrica entre o ponto mais fino e o apical foram

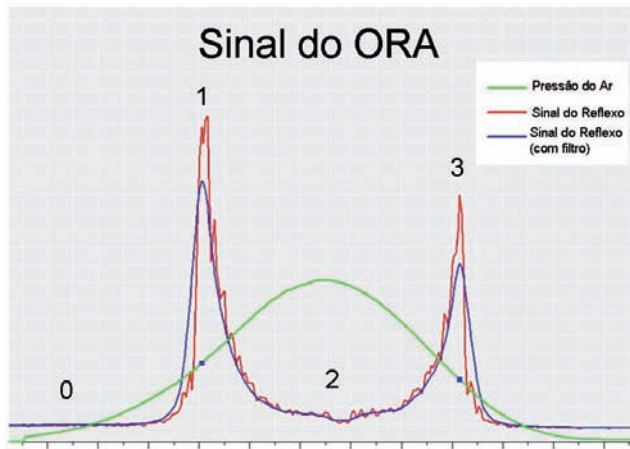


Figura 1 – Sinal do ORA

THE DISC DAMAGE LIKELIHOOD SCALE

DDLS Stage	Narrowest width of rim (rim/disc ratio)			DDLS Stage	Examples		
	For Small Disc <1.50 mm	For Average Size Disc 1.50 - 2.00 mm	For Large Disc >2.00 mm		1.25 mm optic nerve	1.75 mm optic nerve	2.25 mm optic nerve
1	.5 or more	.4 or more	.3 or more	0a			
2	.4 to .49	.3 to .39	.2 to .29	0b			
3	.3 to .39	.2 to .29	.1 to .19	1			
4	.2 to .29	.1 to .19	less than .1	2			
5	.1 to .19	less than .1	0 for less than 45°	3			
6	less than .1	0 for less than 45°	0 for 46° to 90°	4			
7	0 for less than 45°	0 for 46° to 90°	0 for 91° to 180°	5			
8	0 for 46° to 90°	0 for 91° to 180°	0 for 181° to 270°	6			
9	0 for 91° to 180°	0 for 181° to 270°	0 for more than 270°	7a			
10	0 for more than 180°	0 for more than 270°		7b			

Figura 2: Escala DDLS

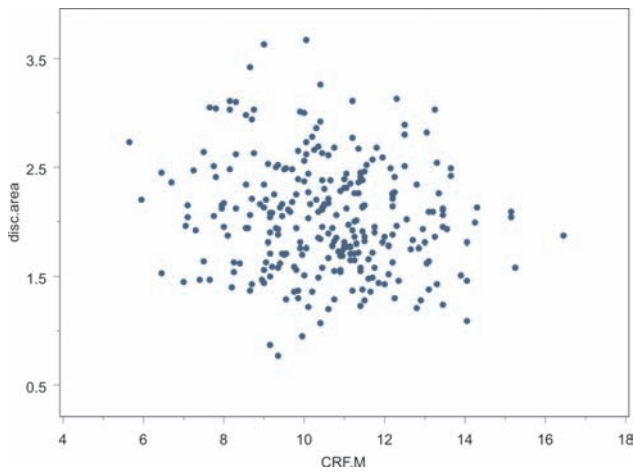


Figura 3: Gráfico de dispersão entre área do disco e CRF

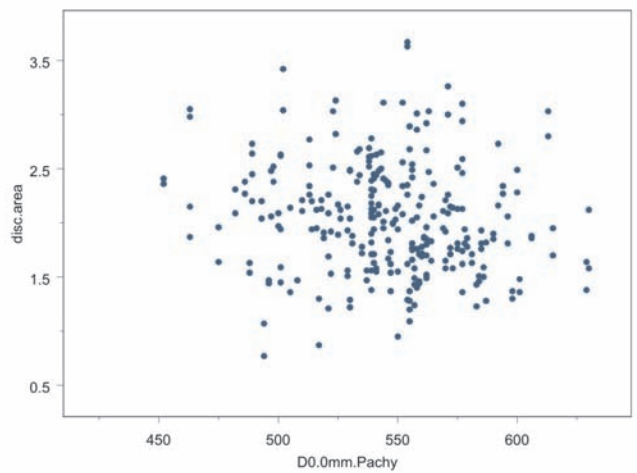


Figura 4: Gráfico de dispersão entre área do disco e paquimetria mais fina

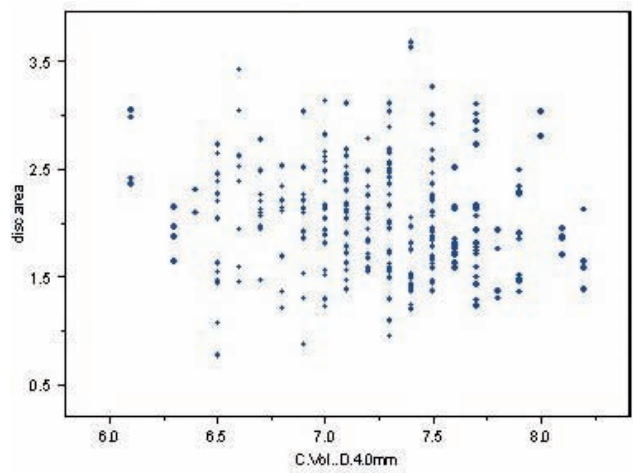


Figura 5: Gráfico de dispersão entre área do disco e progressão paquimétrica máxima

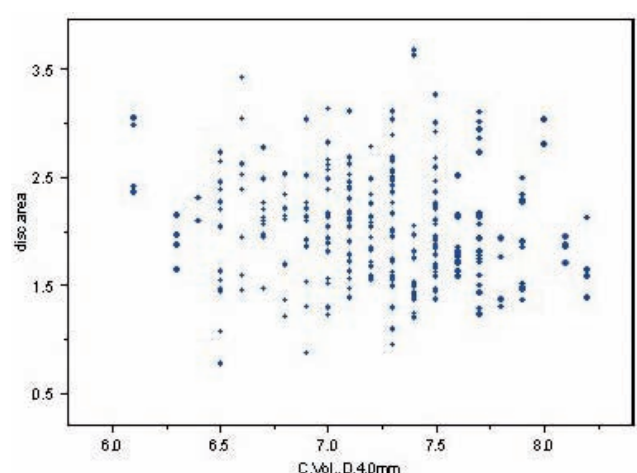


Figura 6: Gráfico de dispersão entre área do disco e volume corneano

Tabela 1
Média, desvio padrão, valores mínimo e máximo e verificação de distribuição normal dos parâmetros estudados

Parâmetro	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Distribuição normal ou Gaussiana* <i>One sample Kolmogorov-Smirnov Test of Composite Normality</i>
Área do disco	2,01	0,47	0,77	3,42	Sim
CRF	10,60	1,82	5,65	16,45	Sim
Histerese	10,07	1,72	5,45	15,35	Sim
Ceratometria média	43,09	1,88	33,55	47,15	Não
Astigmatismo	1,03	0,60	0	3,6	Não
Profundidade da CA	3,04	0,88	1,59	8,06	Não
Volume da CA	182,87	84,34	56	694	Não
Ângulo da CA	38,84	29,18	13	360	Não
Paquimetria mais fina,	547,09	32,53	463	630	Não
Progressão paquimétrica máxima	1,16	0,30	0,7	3,2	Não
Volume corneano (1mm)	0,41	0,03	0,4	0,5	Não
Volume corneano (4 mm)	7,24	0,42	6,3	8,2	Não
Volume corneano (6 mm)	17,30	0,99	15	19,7	Não
Distância do ápice ao ponto mais fino	0,81	0,36	0,07	2,68	Não
Diferença entre o ápice e o ponto mais fino	5,13	4,98	0	35	Não
Classificação DDLS	3,54	1,24	1	8	Não

CA = câmara anterior; DDLS = *Disc Damage Likelihood Scale*

Tabela 2
Correlações com área do disco

Parâmetro	Valor da correlação	Valor de p	Teste Estatístico
CRF	-0,13	0,03	Pearson
Histerese	-0,11	0,06	Pearson
Ceratometria média	-0,08	0,15	Spearman
Astigmatismo	0,15	0,01	Spearman
Eixo do astigmatismo	-0,18	0,00	Spearman
Profundidade da CA	-0,07	0,27	Spearman
Volume da CA	-0,01	0,87	Spearman
Ângulo da CA	-0,08	0,16	Spearman
Paquimetria mais fina	-0,17	0,00	Spearman
Progressão paquimétrica mínima	0,06	0,29	Spearman
Progressão paquimétrica média	-0,04	0,47	Spearman
Progressão paquimétrica máxima	-0,15	0,01	Spearman
Volume corneano (1 mm)	-0,14	0,02	Spearman
Volume corneano (4 mm)	-0,19	0,00	Spearman
Volume corneano (6 mm)	-0,19	0,00	Spearman
Distância do ápice ao ponto mais fino	-0,07	0,26	Spearman
Diferença entre o ápice e o ponto mais fino	-0,12	0,04	Spearman
Classificação DDLS	-0,27	0	Spearman

CA = câmara anterior; DDLS = *Disc Damage Likelihood Scale*

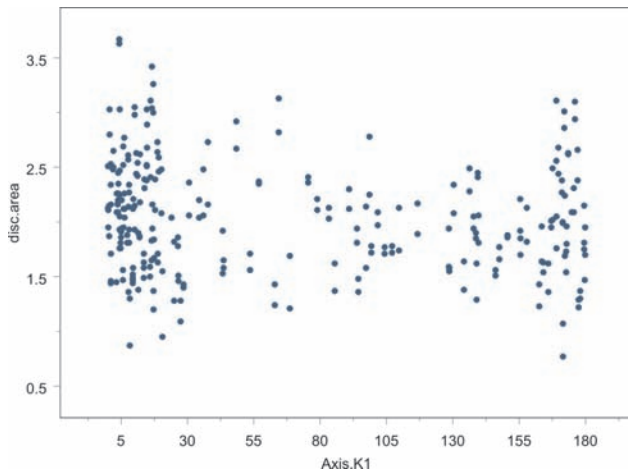


Figura 7: Gráfico de dispersão entre área do disco e os eixos do astigmatismo

significantes e negativas ($p < 0,05$). A correlação com maior significância foi com o volume corneano em 4mm de diâmetro (Figura 6), sendo $-1,887$ ($p = 0,0017$).

Não houve correlação significativa entre área do disco e progressão paquimétrica mínima ou média, bem como distância do ponto mais fino ao ápice corneano e ceratometria. Entretanto, observou-se correlação significativa e positiva entre a área do disco e astigmatismo corneano (Delta K), sendo de $1,15$ ($p = 0,0129$). Observou-se uma correlação significativa entre a área do disco e o eixo do astigmatismo, com valor $r = -0,1766$ ($p = 0,0034$). Entretanto, observando-se a distribuição dos eixos no gráfico de dispersão, observa-se que há uma distribuição homogênea entre os valores de área do disco óptico e os eixos do astigmatismo (Figura 7).

A Tabela 2 resume as correlações entre área do disco e os parâmetros estudados, bem como o teste estatístico utilizado.

DISCUSSÃO

As correlações entre parâmetros da córnea com características do nervo óptico é uma das áreas de maior interesse em pesquisas, uma vez que estas podem representar clinicamente fatores de risco para a neuropatia óptica glaucomatosa.

O presente estudo encontrou uma associação negativa entre parâmetros tomográficos (geométricos) e biomecânicos da córnea e a área do disco óptico. Um recente estudo anterior⁽²²⁾ encontrou resultados semelhantes correlacionando-se apenas a espessura corneana.

Existem importantes correlações entre as características geométricas e biomecânicas da córnea e es-

truturais do nervo óptico com outras características individuais, como sexo, idade, raça e pigmentação da íris⁽²⁴⁻³³⁾. Um estudo realizado em olhos de cadáver falhou em identificar associações entre a espessura da córnea e da lâmina cribiforme, mas artefatos relacionados com a preservação provavelmente influenciaram nos resultados⁽³⁴⁾.

Uma das limitações mais importantes deste estudo é não haver correlação com aspectos funcionais do nervo óptico por meio de avaliação perimétrica. A amostra entretanto, constituiu-se de pacientes com glaucoma ou suspeita de glaucoma encaminhados para propedêutica complementar específica. Outro viés possível é o fato de que muitos pacientes estavam em uso de medicação tópica para tratamento de glaucoma. É possível que exista uma influência de medicações hipotensoras oculares, como as prostaglandinas, em parâmetros estruturais e biomecânicos da córnea^(35,36). Tal associação merece estudos mais detalhados.

O estudo de Pakravan et al. encontra importantes diferenças entre caucasianos e afro-americanos⁽²²⁾. Entretanto, estudos com relação a grupos raciais ficam comprometidos na população brasileira devido a grande miscigenação populacional. Por tal motivo, decidimos restringir o estudo a pacientes de origem caucasiana. Entretanto, novos estudos prospectivos podem ser realizados com maior cuidado na classificação racial dos pacientes. De fato, está bem estabelecido que existem diferenças significativas entre raças nos parâmetros corneanos e do nervo óptico, sendo que, na média, olhos de pacientes afro-americanos apresentam córneas mais delgadas e com propriedades biomecânicas mais baixas e nervos com maior diâmetro⁽²⁴⁻³³⁾.

A hipótese que foi corroborada com o presente estudo é que existe uma maior susceptibilidade para lesão axonal em casos de nervos com área maior. Por exemplo, aceita-se que a maior propensão ao aumento verticalizado com lesão neural nas regiões superior e inferior do disco óptico está relacionado com uma maior relação de tamanhos dos poros da lâmina cribiforme, possivelmente com menos tecido conectivo para suporte^(37,38).

É aceito que a espessura da córnea exerce influência na medida da PIO. Entretanto, há fatores corneanos, relacionados com sua geometria e também com as características biomecânicas que estão relacionados com a medida por tonometria de aplanção. Além disso, a influência da córnea na doença glaucomatosa parece estar relacionada com um aspecto mais essencial além de artefato de medida da PIO⁽³⁹⁾.

De acordo com os postulados e a equação de

Young-Laplace, há uma maior distribuição e impacto da pressão com maior tensão superficial em áreas maiores. A denominada Lei de Laplace⁽²²⁾, muito utilizada em fisiologia respiratória, determina portanto uma explicação física para o fato de nervos com maior diâmetro terem maior susceptibilidade para lesão por pressão, de acordo com a teoria mecânica da fisiopatologia do glaucoma. Tal mecanismo também poderia influenciar o fato de pacientes com nervos menores, possivelmente mais robustos, terem menor chance de lesão axonal. Entretanto, tal conceito deve ser considerado com cautela, pois é sabido que pacientes com discos ópticos de menor diâmetro têm menor “tolerância” para presença de escavação, para haver doença glaucomatosa.

Novos estudos, envolvendo outros parâmetros biomecânicos, bem como o pulso ocular e o fluxo sanguíneo devem ser realizados. Estes podem ter influências distintas em casos com maior ou menor área de disco, ou com córneas mais finas ou espessas. Adicionalmente, estudos devem ser realizados para correlacionar os parâmetros da geometria da escavação e aspectos funcionais perimétricos.

CONCLUSÕES

Existe uma correlação negativa entre a área do disco óptico e os parâmetros biomecânicos e estruturais da córnea. Tal correlação pode ser parte da explicação da córnea ser um fator de risco para maior susceptibilidade do nervo óptico para neuropatia glaucomatosa.

REFERÊNCIAS

1. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 2002;120(6):714-20; discussion 829-30. Comment in: *Arch Ophthalmol*. 2004;122(7):1088-9; author reply 1089.
2. European Glaucoma Prevention Study (EGPS) Group, Miglior S, Pfeiffer N, Torri V, Zeyen T, Cunha-Vaz J, Adamsons I. Predictive factors for open-angle glaucoma among patients with ocular hypertension in the European Glaucoma Prevention Study. *Ophthalmology*. 2007;114(1):3-9.
3. Ocular Hypertension Treatment Study Group; European Glaucoma Prevention Study Group, Gordon MO, Torri V, Miglior S, Beiser JA, Floriani I, Miller JP, et al. Validated prediction model for the development of primary open-angle glaucoma in individuals with ocular hypertension. *Ophthalmology*. 2007;114(1):10-9.
4. Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN. Corneal thickness measurements and frequency doubling technology perimetry abnormalities in ocular hypertensive eyes. *Ophthalmology*. 2003;110(10):1903-8.
5. Herndon LW, Weizer JS, Stinnett SS. Central corneal thickness as a risk factor for advanced glaucoma damage. *Arch Ophthalmol*. 2004;122(1):17-21.
6. Shah H, Kniestedt C, Bostrom A, Stamper R, Lin S. Role of central corneal thickness on baseline parameters and progression of visual fields in open angle glaucoma. *Eur J Ophthalmol*. 2007;17(4):545-9.
7. Ehlers N, Hansen FK, Aasved H. Biometric correlations of corneal thickness. *Acta Ophthalmol (Copenh)*. 1975;53(4):652-9.
8. Shah S, Chatterjee A, Mathai M, Kelly SP, Kwartz J, Henson D, McLeod D. Relationship between corneal thickness and measured intraocular pressure in a general ophthalmology clinic. *Ophthalmology*. 1999;106(11):2154-60.
9. Doughty MJ, Zaman ML. Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach. *Surv Ophthalmol*. 2000;44(5):367-408.
10. Goldmann H, Schmidt T. [Applanation tonometry]. *Ophthalmologica*. 1957;134(4):221-42. German.
11. Leske MC, Heijl A, Hussein M, Bengtsson B, Hyman L, Komaroff E; Early Manifest Glaucoma Trial Group. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Arch Ophthalmol*. 2003;121(1):48-56.
12. Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B, Dong L, Yang Z; EMGT Group. Predictors of long-term progression in the early manifest glaucoma trial. *Ophthalmology*. 2007;114(11):1965-72.
13. Liu J, Roberts CJ. Influence of corneal biomechanical properties on intraocular pressure measurement: quantitative analysis. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(1):146-55. Comment in: *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(7):1073-4; author reply 1074.
14. Luce DA. Determining in vivo biomechanical properties of the cornea with an ocular response analyzer. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31(1):156-62.
15. Congdon NG, Broman AT, Bandeen-Roche K, Grover D, Quigley HA. Central corneal thickness and corneal hysteresis associated with glaucoma damage. *Am J Ophthalmol*. 2006;141(5):868-75.
16. Ambrósio R Jr, Alonso RS, Luz A, Coca Velarde LG. Corneal-thickness spatial profile and corneal-volume distribution: tomographic indices to detect keratoconus. *J Cataract Refract Surg*. 2006;32(11):1851-9.
17. Luz A, Ursulio M, Castañeda D, Ambrósio Júnior R. Progressão da espessura corneana do ponto mais fino em direção ao limbo: estudo de uma população normal e de portadores de ceratocone para criação de valores de referência. *Arq Bras Oftalmol*. 2006;69(4):579-83.
18. Ambrósio Jr R. Corneal biomechanics, pachymetric progression profile, and corneal volume: indices for detecting ectasia and screening refractive candidates. E-Poster 000242 ASCRS 2007. [cited 2008 Jan 30]. Available from: <http://ascrs2007.abstractsnet.com/acover.wcs?entryid=000242>
19. Wickham L, Edmunds B, Murdoch IE. Central corneal thickness: will one measurement suffice? *Ophthalmology*. 2005;112(2):225-8.
20. Alonso RS, Maranhão SB, Luz A, Castañeda DN, Ambrósio Júnior R. Comparação entre as medidas da espessura corneana central obtidas pela paquimetria ultrassônica e pelo sistema Pentacam. *Rev Bras Oftalmol*. 2005;64(4):227-31.
21. Lesk MR, Hafez AS, Descovich D. Relationship between central corneal thickness and changes of optic nerve head topography and blood flow after intraocular pressure reduction in open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Arch Ophthalmol*. 2006;124(11):1568-72.
22. Pakravan M, Parsa A, Sanagou M, Parsa CF. Central corneal thickness and correlation to optic disc size: a potential link for susceptibility to glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2007;91(1):26-8.

23. Spaeth GL, Henderer J, Liu C, Kesen M, Altangerel U, Bayer A, et al. The disc damage likelihood scale: reproducibility of a new method of estimating the amount of optic nerve damage caused by glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2002;100:181-5; discussion 185-6.
24. Zangwill LM, Weinreb RN, Berry CC, Smith AR, Dirkes KA, Coleman AL, Piltz-Seymour JR, Liebmann JM, Cioffi GA, Trick G, Brandt JD, Gordon MO, Kass MA; Confocal Scanning Laser Ophthalmoscopy Ancillary Study to the Ocular Hypertension Treatment Study. Racial differences in optic disc topography: baseline results from the confocal scanning laser ophthalmoscopy ancillary study to the ocular hypertension treatment study. *Arch Ophthalmol.* 2004;122(1):22-8.
25. Healey PR, Mitchell P. Optic disk size in open-angle glaucoma: the Blue Mountains Eye Study. *Am J Ophthalmol.* 1999;128(4):515-7.
26. Quigley HA, Varma R, Tielsch JM, Katz J, Sommer A, Gilbert DL. The relationship between optic disc area and open-angle glaucoma: the Baltimore Eye Survey. *J Glaucoma.* 1999;8(6):347-52. Comment in: *J Glaucoma.* 2000;9(2):203-4.
27. Varma R, Tielsch JM, Quigley HA, Hilton SC, Katz J, Spaeth GL, Sommer A. Race-, age-, gender-, and refractive error-related differences in the normal optic disc. *Arch Ophthalmol.* 1994;112(8):1068-76.
28. Broman AT, Congdon NG, Bandeen-Roche K, Quigley HA. Influence of corneal structure, corneal responsiveness, and other ocular parameters on tonometric measurement of intraocular pressure. *J Glaucoma.* 2007;16(7):581-8.
29. Villegas VM, Diaz L, Emanuelli A, Izquierdo NJ, Townsend W. Central corneal thickness and intraocular pressure in Puerto Rican glaucoma patients. *P R Health Sci J.* 2007;26(1):23-7.
30. Mercieca K, Odogu V, Fiebai B, Arowolo O, Chukwuka F. Comparing central corneal thickness in a sub-Saharan cohort to African Americans and Afro-Caribbeans. *Cornea.* 2007;26(5):557-60.
31. Kirwan C, O'Keefe M, Lanigan B. Corneal hysteresis and intraocular pressure measurement in children using the reichert ocular response analyzer. *Am J Ophthalmol.* 2006;142(6):990-2. Erratum in: *Am J Ophthalmol.* 2007;144(4):642.
32. Racette L, Boden C, Kleinhandler SL, Girkin CA, Liebmann JM, Zangwill LM, et al. Differences in visual function and optic nerve structure between healthy eyes of blacks and whites. *Arch Ophthalmol.* 2005;123(11):1547-53.
33. La Rosa FA, Gross RL, Orengo-Nania S. Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations. *Arch Ophthalmol.* 2001;119(1):23-7.
34. Jonas JB, Holbach L. Central corneal thickness and thickness of the lamina cribrosa in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46(4):1275-9.
35. Harasymowycz PJ, Papamatheakis DG, Ennis M, Brady M, Gordon KD; Travoprost Central Corneal Thickness Study Group. Relationship between travoprost and central corneal thickness in ocular hypertension and open-angle glaucoma. *Cornea.* 2007;26(1):34-41.
36. Liu Y, Yanai R, Lu Y, Hirano S, Sagara T, Nishida T. Effects of antiglaucoma drugs on collagen gel contraction mediated by human corneal fibroblasts. *J Glaucoma.* 2006;15(3):255-9.
37. Tezel G, Trinkaus K, Wax MB. Alterations in the morphology of lamina cribrosa pores in glaucomatous eyes. *Br J Ophthalmol.* 2004;88(2):251-6.
38. Jonas JB, Mardin CY, Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GO. Morphometry of the human lamina cribrosa surface. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1991;32(2):401-5.
39. Brandt JD. Central corneal thickness—tonometry artifact, or something more? *Ophthalmology.* 2007;114(11):1963-4.

Endereço para correspondência:**Renato Ambrósio Junior****Rua Conde de Bonfim, nº 211/712 – Tijuca****CEP 20520-050 - Rio de Janeiro (RJ), Brazil****Tel/Fax: 55(21) 2234-4233; celular 55(21) 8222-1979****e-mail:renatoambrosiojr@terra.com.br**