

Astigmatismo corneano anterior, posterior e total: evidências clínicas e implicações para a prática oftalmológica

Anterior, posterior, and total corneal astigmatism: clinical evidence and implications for ophthalmological practice

Cristina M. F. Carossa Veiga Jardim¹ , Bárbara Santos Rodrigues² , Alexandre Chater Taleb² 

¹ Centro de Referência em Oftalmologia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

² Hospital de Olhos Aparecida, Aparecida de Goiânia, GO, Brasil.

Como citar:

Jardim CM, Rodrigues BS, Taleb AC. Astigmatismo corneano anterior, posterior e total: evidências clínicas e implicações para a prática oftalmológica. Rev Bras Oftalmol. 2026;85:e0084.

doi:

<https://doi.org/10.37039/1982.8551.20260084>

Descritores:

Astigmatismo; Córnea; Refração ocular; Ceratocone

Keywords:

Astigmatism; Cornea; Refraction, ocular; Keratoconus

Recebido:
26/9/2025

Aceito:
1/4/2026

Autor correspondente:

Cristina M. F. Carossa Veiga Jardim
1ª Avenida, S/N, Setor Leste Universitário
CEP: 74605-020 – Goiânia, GO, Brasil
E-mail: criscarossa@gmail.com

Instituição de realização do trabalho:
Centro de Referência em Oftalmologia,
Universidade Federal de Goiás, Goiânia,
GO, Brasil.

Fonte de auxílio à pesquisa:
trabalho não financiado.

Conflitos de interesse:
não há conflitos de interesses.

Declaração de Disponibilidade de Dados:
Os conjuntos de dados gerados e/ou
analisados durante o estudo atual estão
incluídos no manuscrito.

Editor Associado:

Bruno Machado Fontes
Centro de Microcirurgia e Diagnóstico. Rio
de Janeiro, RJ, Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-5725-1458>



Copyright ©2026

RESUMO

O objetivo deste estudo foi revisar criticamente a literatura sobre a magnitude, a orientação e a correlação entre o astigmatismo corneano anterior, posterior e total, bem como suas implicações clínicas em olhos normais, em portadores de ceratocone e em pacientes avaliados no contexto da cirurgia refrativa. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura, com busca sistematizada de estudos publicados entre 2010 e 2025. Foram incluídos estudos observacionais que avaliaram o astigmatismo corneano por tomografia de Scheimpflug em olhos saudáveis, com ceratocone ou avaliados no contexto pré-operatório de cirurgia refrativa. Foram incluídos 20 estudos com diferentes delineamentos metodológicos. Do total, 12 avaliaram olhos saudáveis, 3 olhos com ceratocone, 3 compararam olhos com ceratocone e olhos saudáveis, e 2 envolveram populações avaliadas no contexto pré-operatório de cirurgia refrativa. Não foram identificados estudos em populações pós-cirurgia refrativa. De forma consistente, o astigmatismo corneano anterior apresentou maior magnitude média, enquanto o astigmatismo posterior, embora menor em valor absoluto, mostrou influência clinicamente relevante sobre o astigmatismo corneano total, especialmente em casos de ceratocone e astigmatismo oblíquo ou contra a regra. A avaliação integrada das superfícies corneanas é essencial para melhor compreensão do astigmatismo ocular, maior acurácia diagnóstica e planejamento cirúrgico mais preciso, contribuindo para melhores resultados refracionais na prática.

ABSTRACT

This study aimed to critically review the literature regarding the magnitude, orientation, and correlation between anterior, posterior, and total corneal astigmatism, as well as their clinical implications in normal eyes, in patients with keratoconus, and in individuals evaluated in the context of refractive surgery. An integrative literature review was conducted, with a systematic search of studies published between 2010 and 2025. Observational studies that assessed corneal astigmatism using Scheimpflug tomography in healthy eyes, eyes with keratoconus, or eyes evaluated in the preoperative refractive surgery setting were included. Twenty studies with different methodological designs were included. Of these, 12 evaluated healthy eyes, 3 evaluated eyes with keratoconus, 3 compared eyes with keratoconus and healthy eyes, and 2 involved populations assessed in the preoperative refractive surgery context. No studies were identified in post-refractive surgery populations. Consistently, anterior corneal astigmatism showed greater mean magnitude, whereas posterior corneal astigmatism, although smaller in absolute value, demonstrated clinically relevant influence on total corneal astigmatism, particularly in cases of keratoconus and oblique or against-the-rule astigmatism. Integrated evaluation of the corneal surfaces is essential for improved understanding of ocular astigmatism, greater diagnostic accuracy, and more precise surgical planning, contributing to better refractive outcomes in clinical practice.

INTRODUÇÃO

O astigmatismo refracional total é um dos principais fatores que impactam a qualidade visual e a satisfação de resultados pós-operatórios de procedimentos refrativos. Trata-se de uma assimetria meridional na curvatura da córnea associada a contribuição lenticular, levando a uma refração assimétrica correspondente dos raios de luz.^(1,2)

Em olhos emétopes, a luz paralela converge em um único ponto sobre a retina. No entanto, no astigmatismo, a luz é refratada em dois ou mais planos focais diferentes, produzindo visão borrada em todas as distâncias.⁽³⁾ O eixo do astigmatismo pode ser descrito como a orientação do meridiano principal. Em topografia/ceratometria, o eixo é definido como o meridiano de maior poder (meridiano íngreme), enquanto na prescrição refracional em cilindro negativo, o eixo corresponde ao meridiano de menor poder (meridiano plano), sendo os meridianos principais ortogonais ($\approx 90^\circ$) em astigmatismo regular.⁽⁴⁾

O astigmatismo corneano total resulta da combinação vetorial das superfícies anterior e posterior da córnea. O astigmatismo corneano pode ser classificado em a favor da regra, contra a regra e oblíquo, com base no meridiano mais curvo. No astigmatismo corneano a favor da regra, o meridiano mais curvo é o vertical (entre 60° - 120°); no contra a regra, é horizontal (entre 0° - 30° e 150° - 180°); e, no oblíquo, o meridiano mais curvo situa-se entre os demais valores.^(1,2)

Tradicionalmente, os cálculos biométricos baseavam-se apenas na face anterior; entretanto, desconsiderar o componente posterior pode gerar estimativas incorretas do astigmatismo total, levando a erros refracionais residuais e insatisfação no pós-operatório de cirurgia de catarata com implante de lente tórica.⁽⁵⁻⁹⁾ Com o avanço das tecnologias de imagem, como a tomografia de Scheimpflug e os sistemas combinados com disco de Plácido, tornou-se possível mensurar o astigmatismo posterior e o total de forma mais precisa.

A literatura recente reforça a necessidade de compreender as contribuições de cada superfície corneana em diferentes contextos – desde populações saudáveis e envelhecimento, até o contexto da cirurgia refrativa e doenças ectásicas. O objetivo deste estudo é revisar criticamente a literatura sobre a magnitude, a orientação e a correlação entre o astigmatismo corneano anterior, posterior e total, bem como suas implicações clínicas em olhos normais, em portadores de ceratocone e em pacientes avaliados no contexto da cirurgia refrativa.

MÉTODOS

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, com busca bibliográfica sistematizada nas bases de dados PubMed® /MEDLINE, Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs) e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), entre 31 de agosto e 7 de novembro de 2025. Foram considerados estudos publicados entre 2010 e a data final da busca.

Os descritores utilizados incluíram “astigmatismo corneano anterior”, “astigmatismo corneano posterior”, “astigmatismo corneano total”, “ceratocone” e “cirurgia refrativa”, combinados entre si por meio dos operadores booleanos AND e OR. A estratégia de busca foi adaptada às especificidades de cada base de dados.

Inicialmente, foram identificados 503 artigos. Após a aplicação do filtro temporal, permaneceram 477 estudos. Em seguida, procedeu-se à triagem dos títulos e resumos, realizada de forma independente por dois revisores, seguida da leitura na íntegra dos artigos potencialmente elegíveis. As discordâncias foram resolvidas por consenso.

Foram incluídos estudos observacionais com delineamento transversal, retrospectivo ou prospectivo, que avaliaram populações compostas de olhos saudáveis, portadores de ceratocone ou pacientes avaliados no contexto da cirurgia refrativa, desde que abordassem a mensuração do astigmatismo corneano anterior, posterior e total, por meio de tomografia de Scheimpflug ou sistemas combinados.

Foram excluídos estudos com pequenas séries amostrais, a fim de minimizar viés amostral, revisões narrativas, editoriais e cartas ao editor, bem como aqueles que incluíram participantes com outras doenças corneanas ou cristalinianas, olhos submetidos à facoemulsificação, ou condições oftalmológicas não especificadas nos critérios de inclusão. Estudos que utilizaram exclusivamente outros métodos de avaliação dos parâmetros corneanos, como biometria ocular ou tomografia de coerência óptica (OCT), também foram excluídos.

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 20 estudos foram incluídos nesta revisão, sendo 12 realizados em populações de olhos saudáveis, 2 em olhos saudáveis em pré-operatório para cirurgia refrativa e 6 em portadores de ceratocone. Não foram identificados estudos que preenchessem os critérios de inclusão envolvendo populações de pacientes submetidos à cirurgia refrativa.

As informações extraídas incluíram autor, ano de publicação, delineamento do estudo, tamanho amostral, dispositivo utilizado, valores médios do astigmatismo

corneano anterior, posterior e total, bem como a orientação do eixo astigmático.

O processo de seleção dos estudos está resumido em um fluxograma PRISMA simplificado (Figura 1). A qualidade metodológica dos estudos incluídos não foi formalmente graduada, o que constitui uma limitação desta revisão.

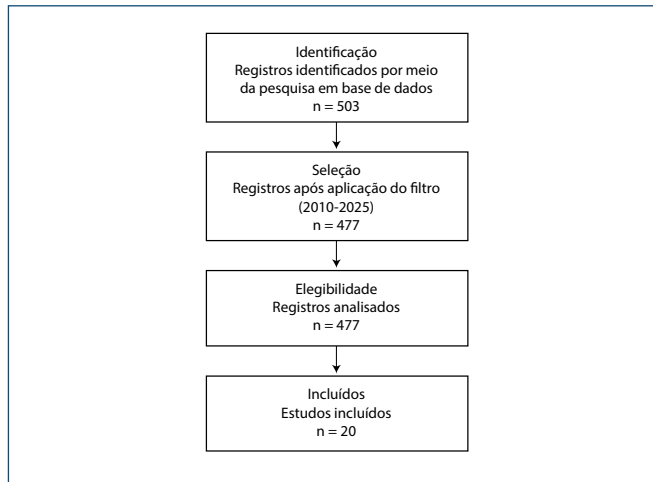


Figura 1. fluxograma PRISMA simplificado para seleção dos estudos.

RESULTADOS

Foram incluídos nesta revisão de literatura 20 estudos publicados nos últimos 15 anos. Entre eles, identificaram-se seis estudos transversais, três estudos retrospectivos, um estudo de coorte retrospectiva, dois estudos retrospectivos transversais, cinco séries de casos retrospectivas e três estudos prospectivos transversais. A população analisada foi composta de 12 estudos realizados em olhos saudáveis, 2 em olhos saudáveis avaliados em contexto pré-operatório de cirurgia refrativa, 3 em olhos com ceratocone, 3 estudos comparando olhos com ceratocone *versus* grupo de olhos saudáveis.

Em todos os trabalhos, o método empregado para análise do astigmatismo baseou-se em sistemas de tomografia por Scheimpflug. A tabela 1 resume os principais resultados dos estudos incluídos.

DISCUSSÃO

Magnitude do astigmatismo anterior, posterior e total em olhos normais

Há relativa consistência na literatura quanto à magnitude do astigmatismo corneano anterior, posterior e total,

Tabela 1. Síntese dos estudos incluídos na revisão

Estudo	Metodologia	Amostra	Sistema de medida	Foco primário
Eom et al. ⁽⁵⁾	Prospectivo transversal	99 olhos saudáveis	Scheimpflug (Galilei)	Efeito do astigmatismo posterior no astigmatismo total
Ho et al. ⁽⁶⁾	Transversal	370 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Mudanças relacionadas à idade no astigmatismo anterior, posterior e total
Tonn et al. ⁽⁷⁾	Transversal	3.818 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Comparação entre ceratometria anterior e astigmatismo corneano total
Miyake et al. ⁽⁸⁾	Retrospectivo	608 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Astigmatismo posterior pela orientação do eixo do astigmatismo
Savini et al. ⁽⁹⁾	Retrospectivo – série de casos	157 olhos saudáveis, $\geq 1,0$ D de astigmatismo	Sirius (Scheimpflug + topographer)	Influência da curvatura posterior em moderado a alto astigmatismo
Koch et al. ⁽¹⁰⁾	Retrospectivo – série de casos	715 olhos saudáveis	Scheimpflug (Galilei)	Contribuição do astigmatismo posterior no astigmatismo corneano total
Næser et al. ⁽¹¹⁾	Transversal	951 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Estimativa do astigmatismo corneano total a partir do astigmatismo corneano anterior
Feizi et al. ⁽¹²⁾	Prospectivo transversal	153 olhos saudáveis	Scheimpflug (Galilei)	Distribuição do astigmatismo corneano anterior, posterior e total
Nemeth et al. ⁽¹³⁾	Transversal	827 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Potência e eixo corneanos, além da influência da idade sobre as superfícies anterior e posterior
Hosny et al. ⁽¹⁴⁾	Prospectivo transversal	356 olhos saudáveis	Scheimpflug (Oculus)	Contribuição do astigmatismo corneano posterior no astigmatismo corneano total
Choi et al. ⁽¹⁵⁾	Retrospectivo transversal	33 olhos com ceratocone <i>versus</i> 33 olhos saudáveis	Scheimpflug (Oculus)	Astigmatismo anterior, posterior e total em olhos normais e com ceratocone
Shajari et al. ⁽¹⁶⁾	Retrospectivo coorte	361 olhos com ceratocone, 256 olhos saudáveis	Scheimpflug (Pentacam HR)	Astigmatismo corneano anterior e posterior no ceratocone
Kamiya et al. ⁽¹⁷⁾	Retrospectivo – série de casos	137 olhos com ceratocone	Scheimpflug (Pentacam HR)	Astigmatismo anterior, posterior e total no ceratocone
Savini et al. ⁽¹⁸⁾	Transversal	119 olhos com ceratocone	Scheimpflug (Galilei)	Astigmatismo corneano posterior no ceratocone
Aslani et al. ⁽¹⁹⁾	Retrospectivo – série de casos	161 olhos com ceratocone	Scheimpflug (Galilei)	Características do astigmatismo corneano total nos diferentes estágios do ceratocone
Naderan et al. ⁽²⁰⁾	Retrospectivo	1.273 ceratocone <i>versus</i> 1.035 olhos normais	Scheimpflug (Oculus)	Magnitude e orientação do astigmatismo anterior, posterior e total em olhos normais e com ceratocone
Wallerstein et al. ⁽²¹⁾	Retrospectivo – série de casos	19.317 olhos normais candidatos à cirurgia refrativa	Scheimpflug (Pentacam HR)	Interações relacionadas a idade entre astigmatismo corneano anterior e posterior
Shao et al. ⁽²²⁾	Transversal	3.769 olhos normais	Scheimpflug (tomógrafo)	Mudanças relacionadas a idade no astigmatismo corneano
Ventura et al. ⁽²³⁾	Retrospectivo transversal	3.253 olhos normais	Scheimpflug (Galilei)	Astigmatismo anterior, posterior e total
Hu et al. ⁽²⁴⁾	Retrospectivo	7.829 olhos normais candidatos à cirurgia refrativa	Scheimpflug (Pentacam HR)	Padrão do astigmatismo corneano posterior em pacientes míopes em pré-operatório para cirurgia refrativa

Tabela 2. Médias e desvios-padrão do astigmatismo corneano em olhos normais

Estudo	Amostra (olhos)	Local	ACA	ACP	ACT
Eom et al. ⁽⁵⁾	99	Coreia do Sul	1,35 ± 0,77 D	0,38 ± 0,16 D	1,10 ± 0,66 D
Miyake et al. ⁽⁸⁾	608	Japão	1,14 ± 0,76 D	0,37 ± 0,19 D	-
Koch et al. ⁽¹⁰⁾	715	Estados Unidos	1,20 ± 0,71 D	0,30 ± 0,15 D	1,07 ± 0,71 D
Næser et al. ⁽¹¹⁾	951	-	1,06 ± 0,85 D	0,33 ± 0,17 D	1,05 ± 0,83 D
Feizi et al. ⁽¹²⁾	153	Irã	1,09 ± 0,76 D	0,30 ± 0,13 D	1,08 ± 0,77 D
Wallerstein et al. ⁽²¹⁾	19.317	Canadá	1,06 ± 0,72 D	0,33 ± 0,16 D	0,81 ± 0,59 D
Ventura et al. ⁽²³⁾	3.253	Brasil	1,50 ± 1,11 D	0,34 ± 0,15 D	1,29 ± 0,98 D
Hu et al. ⁽²⁴⁾	7.829	China	--	0,34 ± 0,14 D	--

ACA: astigmatismo corneano anterior; ACP: astigmatismo corneano posterior; ACT: astigmatismo corneano total.

Tabela 3. Magnitude do astigmatismo corneano posterior

Referência	n (olhos)	Astigmatismo corneano posterior (%)			
		≤ 0,25 D	> 0,50 D	> 0,75 D	> 1 D
Tonn et al. ⁽⁷⁾	3.818	35,2	15,0	3,6%	0,4
Koch et al. ⁽¹⁰⁾	715	43,1	9,0	0,7%	0,1
Næser et al. ⁽¹¹⁾	951	-	20,0	-	0,3
Nemeth et al. ⁽¹³⁾	827	-	12,56	5,31%	2,41
Savini et al. ⁽⁹⁾	157	8,9	55,4	-	5,7
Wallerstein et al. ⁽²¹⁾	19.317	-	19,2	-	0,2
Shao et al. ⁽²²⁾	3.769	-	14,27	-	-
Hu et al. ⁽²⁴⁾	7.829	-	11,61	-	-

apesar de pequenas variações entre populações avaliadas. Koch et al.⁽¹⁰⁾, Feizi et al.⁽¹²⁾, Eom et al.⁽⁵⁾, Miyake et al.⁽⁸⁾ e Næser et al.⁽¹¹⁾ relataram médias semelhantes, com o astigmatismo anterior variando entre aproximadamente 1,06 e 1,35 D, o posterior entre 0,30 e 0,38 D e o total entre 1,05 e 1,10 D. Wallerstein et al.⁽²¹⁾ encontraram resultados semelhantes, porém evidenciando redução do astigmatismo corneano anterior em 37,6% até os 65 anos, diminuição linear do astigmatismo corneano posterior em 33,3% ao longo da vida e redução de 28% do astigmatismo corneano total até a sexta década, com aumento de 32,3% do mesmo em idades avançadas. Hu et al.⁽²⁴⁾ avaliaram pacientes em pré-operatório de cirurgia refrativa miópica e obtiveram magnitude média de 0,34 ± 0,14 D para astigmatismo corneano posterior. Ventura et al.⁽²³⁾ observaram valores ligeiramente superiores, sugerindo que o tamanho da amostra e características demográficas podem influenciar os resultados. Os principais resultados estão resumidos na tabela 2.

Em conjunto, os dados disponíveis indicam que, embora o componente anterior seja o principal responsável pela magnitude do astigmatismo, o componente posterior, mesmo menor, é consistente e clinicamente relevante. A não consideração desse fator pode resultar em erros refracionais na escolha de lentes intraoculares e no planejamento cirúrgico.

Influência do astigmatismo anterior em olhos normais

Observa-se de forma consistente na literatura que a análise do astigmatismo baseada apenas na face anterior da

córnea tende a gerar discrepâncias quanto ao astigmatismo corneano total. Koch et al.⁽¹⁰⁾ apontaram que há superestimação da prevalência do astigmatismo a favor da regra e subestimação do contra a regra. De forma semelhante, Savini et al.⁽⁹⁾ observaram que a ceratometria anterior superestimou em média +0,22 D o astigmatismo a favor da regra, subestimou em -0,21 D o contra a regra e superestimou em +0,13 D os oblíquos. Næser et al.⁽¹¹⁾ confirmaram essa tendência, mostrando superestimação de +0,12 D em olhos com astigmatismo a favor da regra e subestimação de -0,33 D no contra a regra e de -0,18 D nos oblíquos. Além disso, Tonn et al.⁽⁷⁾ relataram que o risco de superestimação é mais frequente em pacientes jovens, enquanto a subestimação ocorre predominantemente em idosos.

Magnitude do astigmatismo posterior em olhos normais:

Os estudos avaliados analisando olhos normais revelaram diferenças relevantes quanto à magnitude e à prevalência do astigmatismo posterior (Tabela 3). Shao et al.⁽²²⁾ encontraram média de 0,33 D, com 14,27% dos olhos apresentando valores superiores a 0,50 D, resultado semelhante ao de Wallerstein et al.⁽²¹⁾ com média de 0,33 D e 19,2% acima de 0,50 D, Tonn et al.⁽⁷⁾ com média de 0,33 D e 15% dos casos acima de 0,50 D, Nemeth et al.⁽¹³⁾ com astigmatismo posterior excedendo 0,5 D em 12,56%, Nemeth et al.⁽¹³⁾ com astigmatismo posterior excedendo 0,50 D em 20% dos olhos e Hu et al.⁽²⁴⁾ com média de 0,34 D e 11,6% excedendo em 0,50 D. Em contraste, Koch et al.⁽¹⁰⁾ encontraram prevalência menor de 9% acima de 0,50 D, e Savini

et al.⁽⁹⁾ reportaram valores mais elevados, com média de 0,54 D e 55,4% dos olhos acima de 0,50 D.

Estes achados indicam certa inconstância entre os estudos quanto à magnitude do astigmatismo posterior, que pode ter influência pela variabilidade amostral.

Correlação entre astigmatismo anterior, posterior e total em olhos normais:

Diversos estudos têm demonstrado correlação significativa entre o astigmatismo corneano anterior e o posterior, embora com magnitudes variáveis conforme o desenho metodológico e a população avaliada. Koch et al.⁽¹⁰⁾ identificaram correlação moderada no meridiano vertical ($r = 0,56$), enquanto Miyake et al.⁽⁸⁾ também observaram associação significativa, ainda que menos intensa ($r = 0,4739$). Em contrapartida, Savini et al.⁽⁹⁾ e Feizi et al.⁽¹²⁾ reportaram correlações mais fortes, com coeficiente r variando entre 0,63 e 0,86, evidenciando que a magnitude do astigmatismo anterior é um importante preditor do astigmatismo posterior e total. Resultados semelhantes foram encontrados por Næser et al.,⁽¹¹⁾ que demonstraram elevada concordância entre o astigmatismo ceratométrico e o total ($r^2 = 0,90$). Além disso, Tonn et al.⁽⁷⁾ destacaram que a intensidade da correlação pode variar de acordo com a orientação do astigmatismo anterior, sendo mais robusta nos casos a favor da regra ($r = 0,77$) e mais fraca em astigmatismos horizontais ($r = 0,43$) ou oblíquos ($r = 0,50$) e Wallerstein et al.⁽²¹⁾ apontaram correlação entre astigmatismo corneano anterior e astigmatismo corneano posterior forte em olhos com astigmatismo corneano anterior a favor da regra, moderada em astigmatismo corneano anterior oblíquo e ausente ou inversa em astigmatismo corneano anterior contra a regra em idosos. Hu et al.⁽²⁴⁾ encontraram forte correlação entre astigmatismo corneano posterior e astigmatismo corneano anterior ($r = 0,704$; $p < 0,0001$), com maior magnitude de astigmatismo corneano posterior em olhos com maior astigmatismo manifesto e astigmatismo corneano anterior elevado, além de redução progressiva com o envelhecimento. Já Hosny et al.⁽¹⁴⁾ evidenciaram que a porcentagem de contribuição da córnea posterior para o astigmatismo corneano total foi cerca de 30% em pacientes com astigmatismo a favor da regra e cerca de 8% no astigmatismo contra a regra (ambos com relevância estatística).

A análise integrada dos estudos reforça que, embora a relação entre os componentes anterior e posterior seja consistente, sua força depende do meridiano avaliado, da classificação do astigmatismo e da idade, o que tem implicações clínicas relevantes na previsão do astigmatismo total.

Orientação do astigmatismo

Observa-se na literatura uma divergência quanto à nomenclatura utilizada para descrever a orientação do astigmatismo corneano posterior, a qual depende da convenção adotada por cada autor. Em geral, o meridiano vertical da face posterior da córnea é o mais curvo, configurando o padrão mais frequente. No entanto, por a superfície posterior atuar como um elemento dióptrico negativo, alguns autores consideram esse padrão como astigmatismo contra a regra, pois o poder refrativo resultante é maior no meridiano horizontal. Outros, por sua vez, classificam-no como a favor da regra, baseando-se apenas na geometria corneana, sem levar em conta o sinal dióptrico. Dessa forma, há trabalhos que denominam como a favor da regra os casos em que o meridiano mais curvo se encontra entre 60° e 120°, e contra a regra entre 0° e 30° e 150° e 180°, enquanto outros aplicam a nomenclatura oposta. Essa variação destaca a relevância de explicitar claramente a convenção utilizada ao relatar a orientação do astigmatismo posterior.

A literatura demonstra que o astigmatismo corneano anterior é predominantemente a favor da regra principalmente em indivíduos jovens – isto é, com o meridiano vertical mais curvo, apresentando transição progressiva para o padrão contra a regra com o avançar da idade.^(6,8,9,12,13,21,24) A face posterior da córnea, por sua vez, mantém em todas as faixas etárias o meridiano mais curvo na vertical, com prevalência entre 80 e 90% na maioria dos estudos.^(5,6,8,9,21,24)

Assim, em indivíduos jovens, o astigmatismo total tende a ser parcialmente compensado pela face posterior da córnea, uma vez que ambos os astigmatismos apresentam o mesmo eixo (vertical-vertical). Em contraste, em indivíduos mais idosos, essa compensação não ocorre (horizontal-vertical), o que pode resultar em aumento do astigmatismo total. Análises de grandes coortes, como as de Wallerstein et al.,⁽²¹⁾ e Shao et al.⁽²²⁾ confirmam a tendência do astigmatismo total em direção ao padrão contra a regra com o envelhecimento.

Ho et al.⁽⁶⁾ demonstraram que esse efeito compensatório é significativo em pacientes jovens, ocorrendo em 91,4% dos casos na faixa de 21 a 30 anos, enquanto em indivíduos mais idosos, a capacidade de compensação é reduzida para 47,7%, podendo inclusive ser aditivo e contribuir para o agravamento do astigmatismo total. De forma consistente, Koch et al.⁽¹⁰⁾ relataram que o astigmatismo posterior tende a atenuar parcialmente o astigmatismo anterior em adultos jovens, mas em idades mais avançadas passa a intensificar o astigmatismo corneano total.

Esses achados reforçam a importância de considerar a contribuição da superfície posterior da córnea na avaliação refrativa, sobretudo em diferentes grupos etários. As tabelas 4 e 5 sintetizam os principais estudos e a prevalência do astigmatismo corneano anterior e posterior

Tabela 4. Distribuição da orientação do astigmatismo corneano anterior em olhos normais

Estudo e grupo	Prevalência do astigmatismo corneano anterior (%)		
	A favor da regra	Obliquo	Contra a regra
Eom et al. ⁽⁵⁾	71,7	-	12,1
-	-	-	-
Ho et al. ⁽⁶⁾	91,4	5,2	3,4
21-30 anos	31,8	29,5	38,6
≥ 71 anos	-	-	-
Miyake et al. ⁽⁸⁾	96,4	1,2	1,4
≤ 29 anos	34,9	20,5	44,6
≥ 80 anos	-	-	-
Savini et al. ⁽⁹⁾	84,0	4,5	11,5
Feizi et al. ⁽¹²⁾	77,8	13,7	8,5
20-24 anos	70,0	11,0	21,0
>40 anos	-	-	-
Nemeth et al. ⁽¹³⁾	80,0	12,0	8,0
21-30 anos	35,0	20,0	45,0
≥ 81 anos	-	-	-
Wallerstein et al. ⁽²¹⁾	78,1	11,6	10,3
-	-	-	-

Tabela 5. Distribuição da orientação do astigmatismo corneano posterior em olhos normais

Estudo e grupo etário	Prevalência do astigmatismo corneano posterior (%)		
	A favor da regra	Obliquo	Contra a regra
Eom et al. ⁽⁵⁾	--	--	94,0
-	-	-	-
Ho et al. ⁽⁶⁾	0,0%	1,7%	98,3%
21-30 anos	9,1%	2,3%	88,6%
≥ 71 anos	-	-	-
Miyake et al. ⁽⁸⁾	0,0	1,2	98,8
≤ 29 anos	6,0	10,9	83,1
≥ 80 anos	-	-	-
Savini et al. ⁽⁹⁾	--	--	93,0
-	-	-	-
Feizi et al. ⁽¹²⁾	0,0	0,0	100,0
20-24 anos	0,0	0,0	100,0
>40 anos	-	-	-
Nemeth et al. ⁽¹³⁾	4,0	6,0	90,0
21-30 anos	10,0	8,0	82,0
≥ 81 anos	-	-	-
Wallerstein et al. ⁽²¹⁾	1,7	4,1	94,2
-	-	-	-
Hu et al. ⁽²⁴⁾	0,65	1,8	97,55
-	-	-	-

O astigmatismo corneano posterior foi analisado predominantemente sob sua forma refracional, considerando o caráter dióptrico negativo da superfície posterior. Nesses casos, a classificação adotada foi: a favor da regra entre 0° e 30° e 150° e 180°, contra a regra entre 60° e 120°, e obliquo para os demais valores, em concordância com a maioria dos estudos.

Olhos com ceratocone

As magnitudes do astigmatismo corneano anterior, posterior e total em olhos com ceratocone apresentaram

consistência entre diferentes estudos, com valores maiores quando comparados a populações de olhos normais, embora com variações decorrentes do desenho metodológico e das populações avaliadas. Kamiya et al.⁽¹⁷⁾ reportaram valores médios de $3,93 \pm 2,74$ D, $0,93 \pm 0,64$ D e $3,90 \pm 2,75$ D, respectivamente, bastante próximos aos encontrados por Savini et al.,⁽¹⁸⁾ de $4,03 \pm 2,23$ D, $0,77 \pm 0,43$ D e $3,63 \pm 1,93$ D, e por Aslani et al.,⁽¹⁹⁾ de $4,07 \pm 2,21$ D, $0,85 \pm 0,45$ D e $3,50 \pm 1,94$ D. De modo semelhante, Choi et al.⁽¹⁵⁾ demonstraram valores mais elevados no grupo com ceratocone ($4,37 \pm 1,73$ D, $0,95 \pm 0,39$ D e $4,36 \pm 1,74$ D) em comparação ao grupo controle ($1,10 \pm 0,68$ D, $0,39 \pm 0,18$ D e $0,97 \pm 0,63$ D), assim como observado no estudo de Naderan et al.⁽²⁰⁾ (anterior de $4,47 \pm 2,14$ D e posterior de $0,90 \pm 0,43$ D, no grupo com ceratocone, versus anterior $0,93 \pm 0,74$ D e posterior $0,26 \pm 0,14$ D, no grupo controle), evidenciando a influência significativa da ectasia sobre o astigmatismo corneano. A tabela 6 resume a magnitude do astigmatismo corneano encontrada nos estudos.

A maioria dos estudos que abordavam ceratocone levou em consideração a classificação de Amsler Krumeich para classificar o ceratocone.^(16,17,19,20) Essa classificação baseia-se em astigmatismo, miopia, ceratometria, transparência da córnea e paquimetria.⁽²⁵⁾

À luz das evidências analisadas, observa-se que o astigmatismo corneano anterior corresponde ao principal componente refrativo. Contudo, o astigmatismo posterior, apesar de sua menor magnitude absoluta, desempenha papel clinicamente relevante na determinação do astigmatismo corneano total, especialmente em olhos com ceratocone, ressaltando a importância de sua avaliação para maior acurácia diagnóstica e adequado planejamento terapêutico.

Houve uma disparidade quanto ao eixo do astigmatismo encontrado. Kamiya et al.⁽¹⁷⁾ e Aslani et al.⁽¹⁹⁾ demonstraram que a orientação do astigmatismo varia de acordo com a progressão da doença. Aslani et al.⁽¹⁹⁾ mostraram que, nos estágios iniciais do ceratocone, o astigmatismo anterior tende a ser a favor da regra, mas evolui para contra a regra em fases avançadas, comportamento também identificado na superfície posterior, que inicialmente se mostra contra a regra, evoluindo para a favor da regra, em estágios mais avançados. Kamiya et al.⁽¹⁷⁾ encontraram alta prevalência de astigmatismo corneano anterior a favor da regra, diminuindo gradualmente em estágios progressivos do ceratocone, já referente ao astigmatismo corneano posterior, a maioria foi contra a regra em todos os estágios da doença.

Ao comparar grupo de olhos com ceratocone versus olhos normais, Choi et al.⁽¹⁵⁾ relataram alta prevalência

Tabela 6. Magnitude do astigmatismo corneano anterior, posterior e total em olhos com ceratocone, assim como orientação do eixo do astigmatismo

Estudo	Centro de referência	Amostra (olhos)	ACA (média ± DP)	ACP (média ± DP)	ACA orientação	ACP orientação
Choi et al. ⁽¹⁵⁾	Departamento de Oftalmologia, Korea University College of Medicine	33 olhos com ceratocone versus 33 olhos normais	4,37 ± 1,73 D	0,95 ± 0,39 D	AR: 33% CR: 0% Obliquo: 0,0%	AR: 2% CR: 31% Obliquo: 0%
Shajari et al. ⁽¹⁶⁾	Departamento de Oftalmologia, Hospital Universitário Goethe-University Frankfurt, Alemanha	361 olhos com ceratocone, 256 olhos saudáveis	3,47 ± 2,10 D	0,69 ± 0,40 D	AR: 52,3% CR: 16,2% Obliquo: 31,5%	-
Kamiya et al. ⁽¹⁷⁾	Departamento de Oftalmologia, Universidade de Kitasato, Japão	137	3,93 ± 2,74 D	0,93 ± 0,64 D	AR: 65,7% CR: 24,1% Obliquo: 10,2%	AR: 10,2% CR: 78,8% Obliquo: 10,9%
Savini et al. ⁽¹⁸⁾	Prática privada/instituição única na Itália	119	4,03 ± 2,23 D	0,77 ± 0,43 D	--	AR: 11,8% CR: 55,5% Obliquo: 32,8%
Aslani et al. ⁽¹⁹⁾	Hospital Oftalmológico Farabi, Teerã, Irã	161	4,08 ± 2,21 D	0,86 ± 0,46 D	AR: 32,4% CR: 34,8% Obliquo: 31,3%	AR: 37,9% CR: 41,6% Obliquo: 20,5%
Naderan et al. ⁽²⁰⁾	Zarrinbakhsh Eye Clinic, Teerã, Irã	1.273 ceratocone versus 1.035 olhos normais	4,49 ± 2,16 D	0,90 ± 0,43 D	AR: 7,2% CR: 57,4% Obliquo: 35,3%	AR: 63,2% CR: 7,4% Obliquo: 29,4%

O astigmatismo corneano anterior foi classificado de acordo com a orientação geométrica da córnea: a favor da regra quando o meridiano mais curvo se situou entre 60° e 120°, contra a regra quando entre 0° e 30° e 150° e 180°, e oblíquo para os demais valores. Nos estudos que incluíram olhos com ceratocone, o astigmatismo corneano posterior foi analisado predominantemente sob sua forma refracional, considerando o caráter dióptrico negativo da superfície posterior. Nesses casos, a classificação adotada foi: a favor da regra entre 0° e 30° e 150° e 180°, contra a regra entre 60° e 120°, e oblíquo para os demais valores.

ACA: astigmatismo corneano anterior; DP: desvio-padrão; ACP: astigmatismo corneano posterior; AR: a favor da regra; CR: contra a regra

de astigmatismo a favor da regra na superfície anterior e contra a regra na posterior, tanto em olhos com ceratocone quanto em controles e, de forma oposta, Naderan et al.⁽²⁰⁾ encontraram que a orientação dominante na face anterior era contra a regra em pacientes com ceratocone e a favor da regra em olhos normais; já na face posterior, a orientação foi a favor da regra em pacientes com ceratocone e contra a regra em olhos normais.

Por fim, Shajari et al.⁽¹⁶⁾ demonstraram que o astigmatismo corneano anterior e posterior apresentam maior magnitude nos olhos com ceratocone, aumentando progressivamente conforme a gravidade da doença. Enquanto em olhos saudáveis o eixo do astigmatismo posterior é predominantemente vertical e independente do eixo anterior, nos olhos com ceratocone clínico e subclínico observa-se maior concordância entre os eixos anterior e posterior, sendo que 60,5% dos pacientes com a doença clínica e astigmatismo anterior horizontal apresentam astigmatismo posterior também horizontal. Esses achados indicam que alterações no alinhamento do astigmatismo posterior já estão presentes em fases subclínicas do ceratocone, mesmo quando os exames tomográficos convencionais ainda são considerados normais.

Em conjunto, esses resultados sugerem que a evolução do ceratocone está associada a uma mudança gradual não apenas na magnitude, mas também na orientação do astigmatismo, com quebra da proporcionalidade geométrica e refracional entre as superfícies corneanas

CONCLUSÃO

Os achados desta revisão confirmam que o astigmatismo corneano anterior constitui o principal determinante da

magnitude do astigmatismo corneano total. Em olhos normais, a relação vetorial entre os componentes anterior e posterior apresenta comportamento relativamente previsível, com predomínio do padrão a favor da regra na superfície anterior e contra a regra na posterior, configurando uma disposição predominantemente ortogonal, que contribui para a estabilidade do astigmatismo total ao longo da vida.

A idade exerce influência significativa nesse equilíbrio, com transição progressiva do astigmatismo anterior de a favor da regra para contra a regra, enquanto o astigmatismo posterior mantém maior estabilidade angular, geralmente com orientação vertical. Esse comportamento confere efeito compensatório em indivíduos jovens e efeito aditivo com o envelhecimento, impactando diretamente a magnitude final do astigmatismo corneano total.

Embora apresente menor magnitude absoluta, o astigmatismo corneano posterior demonstra contribuição consistente e clinicamente relevante. Em olhos normais, seus valores médios situam-se entre 0,30 e 0,38 D, com magnitudes clinicamente significativas ($\geq 0,50$ D) em até 20% dos casos, especialmente em astigmatismos a favor da regra. Em olhos com ceratocone, observa-se aumento expressivo das magnitudes anterior e posterior, associado à maior concordância entre os eixos com a progressão da doença, refletindo alterações biomecânicas e perda da proporcionalidade geométrica entre as superfícies corneanas.

Diante disso, a variabilidade do astigmatismo corneano posterior em cenários como ceratocone, astigmatismos oblíquos ou contra a regra e no planejamento cirúrgico refrativo reforça a necessidade de sua avaliação

direta e individualizada sempre que disponível. A análise integrada das superfícies corneanas é fundamental para aumentar a acurácia diagnóstica, otimizar o planejamento cirúrgico – especialmente na seleção de lentes intra-oculares tóricas – e reduzir erros refracionais residuais, contribuindo para melhores desfechos visuais

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma significativa para a concepção e delineamento do estudo, revisão da literatura, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica do manuscrito. Todos aprovaram a versão final submetida e assumem responsabilidade pelo conteúdo apresentado.

REFERÊNCIAS

- Zhang J, Wu Y, Sharma B, Gupta R, Jawla S, Bullimore MA. Epidemiology and burden of astigmatism: a systematic literature review. *Optom Vis Sci*. 2023;100(3):218-31.
- Read SA, Vincent SJ, Collins MJ. The visual and functional impacts of astigmatism and its clinical management. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2014;34(3):267-94.
- Kaimbo WA, Kaimbo D. Astigmatism: definition, etiology, classification, diagnosis and non-surgical treatment. In: Goggin M, editor. *Astigmatism: optics, physiology and management*. Rijeka: IntechOpen; 2012. p. 59-74.
- Abass A, Clamp J, Bao F, Ambrósio R Jr, Elsheikh A. Non-Orthogonal Corneal Astigmatism among Normal and Keratoconic Brazilian and Chinese populations. *Curr Eye Res*. 2018;43(6):717-24.
- Eom Y, Kang SY, Kim HM, Song JS. The effect of posterior corneal flat meridian and astigmatism amount on the total corneal astigmatism estimated from anterior corneal measurements. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2014;252(11):1769-77.
- Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, Tsai CY. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism. *Cornea*. 2010;29(6):632-37.
- Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;56(1):291-298.
- Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of posterior corneal astigmatism according to axis orientation of anterior corneal astigmatism. *PLoS One*. 2015;10(1):e0117194.
- Savini G, Versaci F, Vestri G, Ducoli P, Næser K. Influence of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with moderate to high astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2014;40(10):1645-53.
- Koch DD, Ali SF, Weikert MP, Shirayama M, Jenkins R, Wang L. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism. *J Cataract Refract Surg*. 2012;38(12):2080-7.
- Næser K, Savini G, Bregnhøj JF. Estimating total corneal astigmatism from anterior corneal data. *Cornea*. 2017;36(7):828-33.
- Feizi S, Naderan M, Ownagh V, Sadeghpour F. Distribution of the anterior, posterior, and total corneal astigmatism in healthy eyes. *Int Ophthalmol*. 2018;38(2):481-91.
- Nemeth G, Berta A, Lipecz A, Hassan Z, Szalai E, Modis L Jr. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging. *Cornea*. 2014;33(11):1214-8.
- Hosny M, Badawy A, Khazbak L, Anis M, Azzam S. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism in a sample of Egyptian population. *Clin Ophthalmol*. 2020;14:3325-30.
- Choi Y, Eom Y, Song JS, Kim HM. Comparison of anterior, posterior, and total corneal astigmatism measured using a single Scheimpflug camera in healthy and keratoconus eyes. *Korean J Ophthalmol*. 2018;32(3):163-71.
- Shajari M, Friderich S, Pour Sadeghian M, Schmack I, Kohnen T. Characteristics of corneal astigmatism of anterior and posterior surface in a normal control group and patients with keratoconus. *Cornea*. 2017;36(4):457-62.
- Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, Miyake T. Assessment of anterior, posterior, and total central corneal astigmatism in eyes with keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2015;160(5):851-57.e1.
- Savini G, Næser K, Schiano-Lomoriello D, Mularoni A. Influence of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with keratoconus. *Cornea*. 2016;35(11):1427-33.
- Aslani F, Khorrami-Nejad M, Aghazadeh Amiri M, Hashemian H, Askarizadeh F, Khosravi B. Characteristics of posterior corneal astigmatism in different stages of keratoconus. *J Ophthalmic Vis Res*. 2018;13(1):3-9.
- Naderan M, Rajabi MT, Zarrinbakhsh P. Distribution of anterior and posterior corneal astigmatism in eyes with keratoconus. *Am J Ophthalmol*. 2016;167:79-87.
- Wallerstein A, Bernstein A, Cohen M, Mimouni M, Gauvin M. Quantifying age-related anterior and posterior corneal astigmatism relationships: insights for IOL calculators and topography-guided LASIK protocols. *J Refract Surg*. 2025;41(6):e520-531.
- Shao X, Zhou KJ, Pan AP, Cheng XY, Cai HX, Huang JH, et al. Age-related changes in corneal astigmatism. *J Refract Surg*. 2017;33(10):696-703.
- Ventura BV, Pacheco IA, Menezes CA, Rocha CS, Higino TM, Ventura CV, et al. Astigmatism profile in a large series of Brazilian patients. *J Refract Surg*. 2023;39(1):56-60.
- Hu Y, Zhu S, Xiong L, Fang X, Liu J, Zhou J, et al. A multicenter study of the distribution pattern of posterior corneal astigmatism in Chinese myopic patients having corneal refractive surgery. *Sci Rep*. 2020;10(1):16151.
- Krumeich JH, Kezirian GM. Circular keratotomies to reduce astigmatism and improve vision in stage I and II keratoconus. *J Refract Surg*. 2009;25(4):357-65.