

Oftalmologia e Otorrinolaringologia

Edição VII

Capítulo 17

CERATOCONE E CIRURGIA REFRACTIVA: DIAGNÓSTICO, MANEJO E A NOVA FRONTEIRA TECNOLÓGICA

MELANIE MAY CHOW¹

ANA PAULA BAYERL RAMIRO²

RAIANE CORRÊA TOMAZINHO³

GUILHERME AGRIZZI ALTOÉ⁴

JOÃO OLIVEIRA SAMPAIO³

JEAN SOUSA CAVALCANTE⁵

1. Discente – Universidade Santo Amaro.

2. Discente – Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória.

3. Discente – Universidade Vila Velha.

4. Discente – Universidade Federal do Espírito Santo.

5. Docente – Residente de Oftalmologia do Complexo Hospitalar Padre Bento de Guarulhos.

Palavras-chave: Ectasia Corneana; Cross-linking Corneano; Astigmatismo Irregular.

CERATOCONE

Definição

O ceratocone é uma ectasia corneana geralmente não inflamatória, caracterizada por afinamento progressivo e protrusão central ou paracentral da córnea, que assume formato cônico. O termo deriva do grego *kéras* (córnea) e *cōnus* (cone). Apesar de descrito por médicos europeus nos séculos XVIII e XIX, foi John Nottigham, em 1854, quem consolidou sua caracterização, distinguindo-o de outras ectasias (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Atualmente é reconhecido como doença bilateral, assimétrica e multifatorial, que afeta ambos os sexos e todas as etnias. Embora classificado como não inflamatório, estudos recentes sugerem componente inflamatório subclínico. O afinamento ocorre sobretudo no quadrante ínfero-temporal, aumentando a curvatura e formando o cone. Essa deformação gera astigmatismo irregular e queda da acuidade visual, muitas vezes refratária à correção óptica convencional. Embora geralmente isolado, o ceratocone pode coexistir com doenças oculares ou sistêmicas. Fatores ambientais, como o ato de coçar os olhos, e predisposição genética estão associados à doença, que é crônica, progressiva e visualmente debilitante, exigindo diagnóstico precoce e acompanhamento contínuo (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Epidemiologia

A prevalência do ceratocone varia amplamente: de 0,2 a 4.790 casos por 100 mil habitantes, e a incidência de 1,5 a 25 novos casos por 100 mil pessoas/ano, com maior concentração entre 20 e 30 anos. Essa dispersão reflete diferenças geográficas, étnicas, metodológicas e critérios diagnósticos. Em levantamentos mais restritos, a prevalência fica entre 50 e 230/100 mil (GOMES *et al.*, 2022).

O início costuma ocorrer na puberdade ou início da vida adulta, com progressão até a quarta década. Não há diferença relevante entre os sexos. Quanto à etnia, estudos sugerem maior incidência no subcontinente indiano e maior risco (cerca de 50% superior) em negros e latinos, reforçando a influência genética e ambiental (GOMES *et al.*, 2022).

Fatores de risco

O histórico familiar é relevante, com até 25 vezes mais risco em parentes de afetados. Casamentos consanguíneos também aumentam a predisposição. Entre fatores ambientais e imunológicos destacam-se doenças atópicas (asma, eczema, rinite alérgica), associadas a níveis elevados de IgE. O hábito de coçar os olhos é fator de risco independente, por microtraumas que aceleram a progressão. A doença também se relaciona a condições imunomediadas, como tireoidite de Hashimoto, e a síndromes do tecido conjuntivo, como Down, Ehlers-Danlos e osteogênese imperfeita (WAYMAN, 2024; GOMES *et al.*, 2022).

Fisiopatologia

Embora classificado como não inflamatório, o ceratocone apresenta alterações inflamatórias e oxidativas em nível molecular. É marcado por perda de colágeno e instabilidade biomecânica. Estresse oxidativo, redução de enzimas antioxidantes e aumento de proteases contribuem para a degradação da matriz corneana. Geneticamente, é uma condição hereditária complexa e multifatorial, com risco até 67 vezes maior em parentes de primeiro grau. Vários *loci* foram associados, mas poucos confirmados (WAYMAN, 2024).

Do ponto de vista estrutural, há degeneração de proteoglicanos, ruptura de microfibrilas e redução do número de lamelas estromais, levando à fragilidade corneana. Condições alérgicas,

imunomediadas e o hábito de coçar os olhos também participam da patogênese (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Manifestações clínicas

A principal manifestação é a perda progressiva da visão por astigmatismo irregular, inicialmente corrigível com óculos, mas que logo exige lentes especiais. Os pacientes relatam visão turva, halos, trocas frequentes de óculos e dificuldade de adaptação a lentes. Complicações incluem opacidades corneanas, hidropsia (em cerca de 3% dos casos, com início médio aos 25 anos) e, raramente, perfuração espontânea. Ao exame, destacam-se estrias de Vogt, anel de Fleischer, reflexo em tesoura à retinoscopia e sinal de Munson. A topografia mostra curvatura inferior aumentada e afinamento focal (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022; WAYMAN, 2024; PRADO *et al.*, 2018).

Diagnóstico

O diagnóstico inclui exame clínico, biomicroscopia e exames de imagem. A topografia identifica padrões característicos, mas a tomografia (Scheimpflug, OCT) é mais sensível para estágios iniciais, detectando elevação posterior, afinamento regional e perfis epiteliais alterados. Outros recursos incluem análise das aberrações ópticas (*coma* vertical aumentada), medidas biomecânicas da córnea e, mais recentemente, algoritmos de inteligência artificial, que alcançam alta sensibilidade e especificidade no diagnóstico precoce (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Classificação

Não há sistema universal. Os principais parâmetros são morfologia do cone, curvatura, acuidade visual e presença de cicatrizes. Entre os métodos: Buxton: cones ovais, mamilares ou globosos.

- Ceratometria: leve (<45 D), moderado (46–52 D), avançado (53–59 D), grave (>59 D).

- Amsler-Krumeich: inclui ceratometria, paquimetria e cicatrizes (amplamente usado, mas ultrapassado) (GOMES *et al.*, 2023).

- Belin ABCD: avalia raio anterior e posterior, paquimetria mínima e acuidade visual.

Índices derivados de topografia e tomografia auxiliam na diferenciação entre córneas normais, suspeitas e ceratocone (GOMES *et al.*, 2023).

Diagnóstico diferencial

- Degeneração marginal pelúcida: trata-se de uma condição rara e sem caráter hereditário, caracterizada por afinamento da parte inferior da córnea, geralmente entre as posições de 4h e 8h no relógio ocular, localizado a cerca de 1 a 2 mm do limbo. Não há sinais inflamatórios. A protrusão da córnea ocorre acima da área adelgada, resultando em um astigmatismo irregular elevado, geralmente contra a regra (GERVASIO *et al.*, 2023).

- Ceratoglobos: é uma doença rara, de origem congênita, não hereditária e que não apresenta progressão ao longo do tempo. A córnea tem forma esferoidal com afinamento difuso que se estende de limbo a limbo. Pode estar associada a distúrbios do tecido conjuntivo, como a síndrome de Ehlers-Danlos, e frequentemente se observa esclera de coloração azulada (GERVASIO *et al.*, 2023).

- Ectasia pós-cirurgia refrativa: pode surgir após procedimentos como LASIK ou SMILE, e com menor frequência após técnicas de ablação superficial. Essa ectasia apresenta características clínicas semelhantes às do ceratocone e, por isso, o seu manejo segue as mesmas diretrizes terapêuticas utilizadas para o tratamento do ceratocone (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Tratamento

O tratamento do ceratocone tem como principais objetivos preservar a visão funcional e impedir a progressão da ectasia corneana. A escolha depende do estágio da doença e da resposta do paciente, seguindo um manejo escalonado que vai das medidas conservadoras às cirurgias mais complexas (GOMES *et al.*, 2023).

O primeiro passo é a orientação sobre a importância de não coçar os olhos, hábito diretamente associado à progressão da doença. Pacientes com alergias devem tratar o prurido ocular e, em alguns casos, recomenda-se o uso de óculos de proteção para reduzir microtraumas repetitivos (CAMPOS *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2023).

Nos estágios iniciais, a correção óptica com óculos pode ser suficiente, mas logo se torna limitada pelo astigmatismo irregular. Quando isso ocorre, as lentes de contato passam a ser fundamentais. As rígidas gás-permeáveis são as mais utilizadas em casos leves a moderados, pois regulariza a superfície óptica. Para pacientes intolerantes, existem alternativas como lentes híbridas (com centro rígido e bordas gelatinosas), o sistema *piggyback* (lente rígida sobre gelatinosa) e, em casos mais avançados, lentes esclerais, que se apoiam na esclera e garantem conforto e boa visão (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Quando a doença apresenta progressão, a principal intervenção é o *cross-linking* do colágeno corneano. Nesse procedimento, aplica-se riboflavina na córnea, seguida de irradiação ultravioleta A, o que aumenta a rigidez das fibras colágenas. O protocolo de Dresden, com remoção do epitélio, é o mais utilizado e apresenta resultados duradouros, estabilizando a ectasia por muitos anos. Técnicas menos invasivas, como o *cross-linking* transepitelial, existem, mas

geralmente com menor eficácia (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2023; RAISKUP *et al.*, 2024).

Outra opção em estágios moderados é a implantação de anéis intracorneanos, que remodelam a curvatura da córnea, diminuem o astigmatismo irregular e melhoram a visão, facilitando a adaptação a lentes de contato. São indicados em pacientes com córnea clara e espessura mínima adequada. Quando combinados ao *cross-linking*, podem oferecer efeito complementar, unindo melhora óptica e estabilização (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022).

Nos casos avançados, quando não há mais possibilidade de adaptação às lentes e a visão está gravemente comprometida, indica-se o transplante de córnea. A ceratoplastia penetrante substitui toda a espessura corneana e proporciona boa recuperação visual, embora com risco de rejeição e astigmatismo elevado. A ceratoplastia lamelar anterior profunda (DALK) preserva o endotélio do receptor, reduzindo complicações imunológicas, mas pode ter resultados visuais ligeiramente inferiores (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2023).

Uma complicação possível é a hidropsia corneana aguda, caracterizada por edema súbito e doloroso decorrente da ruptura da membrana de Descemet. O tratamento é conservador, com cicloplégicos, soluções hipertônicas, hipotensores oculares e corticosteroides, sendo que a recuperação ocorre em dois a quatro meses, geralmente deixando cicatriz (GERVASIO *et al.*, 2023).

Novas técnicas ainda em estudo, como transplantes seletivos de camadas corneanas e terapias celulares, mostram-se promissoras para o futuro, mas ainda não fazem parte da prática clínica consolidada (GOMES *et al.*, 2023).

Assim, o tratamento do ceratocone deve ser contínuo e individualizado: nos casos leves,

óculos e lentes são suficientes; nos progressivos, o *cross-linking* deve ser considerado precocemente; nos moderados, podem-se associar lentes especiais e anéis intracorneanos; e, nos avançados, a ceratoplastia permanece como a opção definitiva. O êxito terapêutico depende do diagnóstico precoce, da monitorização regular e da escolha adequada da intervenção em cada estágio da doença (GOMES *et al.*, 2023).

Prognóstico

O ceratocone é progressivo, sobretudo em pacientes jovens e com ceratometria >55 D. A presença de cicatrizes e perda visual acentuada também predizem pior evolução. Antes do *cross-linking*, cerca de 12% necessitavam de ceratoplastia em 8 anos; hoje esse número tende a cair graças à estabilização proporcionada pela técnica (WAYMAN, 2024; RAISKUP *et al.*, 2024).

CIRURGIA REFRACTIVA

Definição e objetivos

A cirurgia refrativa engloba uma variedade de procedimentos cirúrgicos destinados a corrigir ou minimizar erros refrativos do olho, como miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia. Os principais objetivos da cirurgia refrativa são alcançar a emetropia (foco ideal da luz na retina), aprimorar a acuidade visual e melhorar a qualidade de vida por meio da redução da necessidade de lentes corretivas (WILKINSON *et al.*, 2017).

Principais tipos

As técnicas incluem procedimentos baseados na córnea, como *laser in situ keratomileusis* (LASIK), ceratectomia fotorrefrativa (PRK) e extração de lenticula por pequena incisão (SMILE), que remodelam a córnea para ajustar seu poder refrativo. As abordagens intraoculares,

como implante de lente intraocular fática e troca de lente refrativa, são consideradas para pacientes com altos erros refrativos ou contraindicações para procedimentos corneanos. Não obstante, avanços recentes possibilitaram tratamentos mais individualizados, como ablações guiadas por frente de onda (*wavefront-guided*) e guiadas por topografia (*topography-guided*), que visam corrigir aberrações de ordem superior e otimizar ainda mais os resultados visuais (KIM *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2020).

Entre as principais técnicas, o LASIK envolve a criação de um retalho corneano, seguida de ablação do tecido estromal com laser de excímer para remodelar a córnea, e posterior reposicionamento do retalho. O SMILE, por sua vez, é um procedimento minimamente invasivo, sem criação de retalho, no qual um laser cria uma lenticula intrastromal que é removida por meio de uma pequena incisão corneana. Além desses, o PRK é uma técnica de ablação de superfície, em que o epitélio corneano é removido (mecanicamente, quimicamente ou com laser), seguido de ablação do estroma anterior com laser de excímer. O epitélio se regenera no pós-operatório (KOHLEN *et al.*, 2008).

Indicações gerais

Idade ≥ 18 anos (algumas diretrizes recomendam ≥ 21 anos para estabilidade refrativa). Erro refrativo estável por pelo menos 12 meses (sem variação $>0,5$ D). Ausência de doença ocular ativa (por exemplo, ceratite, uveíte, olho seco significativo, ceratocone progressivo) (AAO, 2022). Espessura e topografia corneanas adequadas (assegurar leito estromal residual >250 – 300 μm após a ablação para LASIK/SMILE; PRK pode ser considerado para córneas mais finas) (CRANDALL *et al.*, 2024). Miopia de até aproximadamente -10 D e astigmatismo

de até 5 D para LASIK e SMILE; PRK geralmente é utilizado para menores graus de erro refrativo (CRANDALL *et al.*, 2024).

Contraindicações gerais

Refração instável, gravidez ou lactação, doenças oculares crônicas (como olho seco grave, glaucoma, doença retiniana), condições sistêmicas que afetam a cicatrização (por exemplo, doenças do colágeno, diabetes mal controlado). Topografia corneana anormal (como ceratocorne, degeneração marginal pelúcida). História de doença ocular herpética, infecção ocular ativa ou intolerância significativa a lentes de contato. Para SMILE, a hipermetropia ainda não é uma indicação aprovada (AAO, 2022; CRANDALL *et al.*, 2024).

Conclusão

Em geral, a seleção de pacientes enfatiza uma avaliação pré-operatória minuciosa da estabilidade refrativa, anatomia corneana, saúde da superfície ocular e expectativas do paciente. O LASIK é preferido para recuperação rápida e ampla gama de indicações refrativas; o SMILE é favorecido para pacientes míopes com preocupação sobre olho seco ou biomecânica corneana; e o PRK é indicado para aqueles com córneas finas, topografia irregular ou risco ocupacional de trauma (KIM *et al.*, 2019).

CIRURGIA REFRACTIVA E CERATOCONE

A cirurgia refrativa corneana convencional, como LASIK e PRK, é formalmente contraindicada em pacientes com ceratocorne, seja ele clínico ou subclínico. Isso ocorre devido ao elevado risco de progressão da ectasia corneana, uma vez que esses procedimentos envolvem a remoção de tecido estromal, o que compromete ainda mais a biomecânica de uma córnea já fragiliza-

da. Estudos mostram que uma proporção significativa dos pacientes avaliados para cirurgia refrativa apresenta alterações corneanas suspeitas ou compatíveis com ceratocorne, sendo essa uma das principais razões para a não indicação da cirurgia. Essa contraindicação é fundamental para prevenir complicações graves, como a ectasia pós-operatória, que resulta em perda progressiva da acuidade visual e pode culminar na necessidade de transplante de córnea (BAMASHMUS *et al.*, 2010; CRANDALL *et al.*, 2024).

Diante dessa limitação, surgem alternativas refrativas seguras para pacientes com ceratocorne, especialmente naqueles que apresentam estabilidade da ectasia, seja espontânea ou obtida por meio de tratamentos como o *crosslinking* corneano. Uma das principais opções são as lentes intraoculares fáticas, como as lentes de câmara posterior (ICL) ou lentes tóricas, que possibilitam correção eficaz de graus elevados de miopia e astigmatismo, sem afetar a integridade da córnea. Outra estratégia amplamente utilizada são os anéis intracorneanos, que atuam na regularização da curvatura corneana. Esses dispositivos são implantados no estroma periférico, promovendo a redistribuição das forças biomecânicas da córnea e reduzindo as aberrações ópticas, o que melhora significativamente a qualidade visual (D'ORIA *et al.*, 2024; FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO *et al.*, 2017).

Os resultados obtidos com essas abordagens são, em geral, bastante satisfatórios, embora devam ser adequadamente discutidos com o paciente. O implante de anéis intracorneanos oferece melhora na regularidade da córnea, na sensibilidade ao contraste e na acuidade visual, além de, em muitos casos, permitir a redução da dependência de lentes de contato ou óculos. Entretanto, raramente proporciona completa independência de correção óptica. Por outro lado, as

lentes fáticas são capazes de oferecer resultados refrativos muito próximos aos de pacientes sem ceratocone, desde que haja critérios anatómicos adequados e estabilidade comprovada da doença (FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO *et al.*, 2017).

É essencial destacar que essas abordagens não têm como objetivo tratar a doença em si, mas melhorar a qualidade visual e corrigir o erro refrativo residual. Portanto, a indicação desses procedimentos deve sempre ser feita após uma avaliação criteriosa, que inclua topografia, tomografia e análise da estabilidade biomecânica da córnea. O manejo refrativo no ceratocone exige uma abordagem individualizada, que combine segurança, eficácia e expectativas realistas, priorizando sempre a estabilidade da córnea e a preservação da saúde ocular a longo prazo (D'ORIA *et al.*, 2024).

Complicações da cirurgia refrativa

A cirurgia refrativa apresenta altos índices de segurança e satisfação, no entanto, é fundamental conhecer suas possíveis complicações, que podem ser classificadas como comuns ou raras, e quanto ao momento de aparecimento, sendo imediatas ou tardias (WILKINSON *et al.*, 2017).

Entre as mais frequentes, destaca-se o olho seco, especialmente após LASIK e SMILE, em razão do comprometimento da inervação corneana. Esse quadro costuma ser transitório, podendo se tornar persistente em alguns casos, gerando desconforto ocular, ardência, sensação de areia e visão flutuante. Outras queixas comuns são os fenômenos visuais como *glare*, *halos* e *starbursts*, especialmente em condições de baixa luminosidade. Esses sintomas costumam ser mais prevalentes em pacientes com pupilas de grande diâmetro e tendem a regredir com o tempo, embora possam persistir em casos isolados (KIM *et al.*, 2019).

As complicações mais graves, porém, menos frequentes, incluem infecções, que podem ocorrer tanto nas ablações de superfície (como PRK e LASEK) quanto na LASIK, sendo mais preocupantes quando acometem a interface do retalho, configurando um quadro de ceratite lamelar difusa (CLD) ou, mais raramente, uma infecção franca. O risco de infecção é maior nas técnicas de superfície, especialmente nos primeiros dias, até a completa reepitelização (CRANDALL *et al.*, 2024).

Outra complicação importante é a ectasia corneana, que consiste no afinamento e abaulamento progressivo da córnea, levando à indução de astigmatismo irregular e piora da acuidade visual. A ectasia pós-cirurgia refrativa ocorre principalmente após LASIK e SMILE, sendo mais rara após técnicas de ablação de superfície. Ela apresenta achados clínicos e topográficos semelhantes aos do ceratocone, porém tem origem iatrogênica, relacionada à remoção excessiva de tecido, córneas previamente predispostas ou parâmetros cirúrgicos inadequados (CRANDALL *et al.*, 2024).

O manejo varia de acordo com o quadro. O olho seco é tratado com lágrimas artificiais, géis lubrificantes, anti-inflamatórios tópicos e, nos casos mais refratários, oclusão dos pontos lacrimais ou uso de soro autólogo. Fenômenos ópticos como *glare* e *halos* podem ser atenuados com lentes específicas, colírios pilocarpínicos de baixa concentração para redução do diâmetro pupilar em casos selecionados ou, em situações persistentes, retratamento cirúrgico. Já as infecções exigem diagnóstico precoce, cultura e início imediato de antibioticoterapia intensiva; no caso de infecção na interface do LASIK, pode ser necessário levantar o retalho para irrigação e tratamento adequado (SCHOR *et al.*, 2023).

No caso da ectasia, o tratamento segue os mesmos princípios do ceratocone, podendo incluir o uso de lentes de contato rígidas, anéis intracorneanos para regularização da superfície e, sobretudo, o *crosslinking* corneano, que visa fortalecer o colágeno da córnea, estabilizando sua progressão. Nos casos mais avançados e refratários, pode ser necessária a realização de transplante de córnea (SCHOR *et al.*, 2023).

O reconhecimento precoce das complicações, aliado ao manejo adequado, é essencial para minimizar impactos na qualidade visual e garantir os bons resultados que a cirurgia refrativa é capaz de proporcionar (SCHOR *et al.*, 2023).

Avanços e novas tecnologias na cirurgia refrativa e no tratamento do ceratocone

O tratamento do ceratocone e as abordagens em cirurgia refrativa têm evoluído rapidamente, com o surgimento de técnicas e tecnologias inovadoras que visam aprimorar a segurança, a eficácia e a personalização dos procedimentos (GURNANI & KAUR, 2024).

No ceratocone, o CXL permanece como o único método comprovadamente capaz de interferir na fisiopatologia da doença, retardando ou interrompendo sua progressão. Protocolos acelerados de CXL, que utilizam maior intensidade de UV-A em menor tempo, mantêm eficácia e segurança semelhantes ao protocolo de Dresden, com maior comodidade para o paciente. O *crosslinking* personalizado, incluindo abordagens topoguiadas e transepiteliais (*epi-on*), permite tratar córneas mais finas, oferece recuperação epitelial mais rápida e reduz o risco de complicações. Essa abordagem permite aplicar diferentes padrões de radiação ultravioleta e concentrações de riboflavina, adaptando o tratamento à morfologia específica da córnea de cada paciente, com o objetivo de otimizar os re-

sultados biomecânicos e melhorar a regularização da superfície corneana. Tecnologias emergentes, como o *crosslinking* por dois fótons (2Ph-CXL), prometem intervenções tridimensionais mais precisas, embora ainda estejam em fase experimental (HAFEZI *et al.*, 2023; BORGARDTS *et al.*, 2023).

No campo das lentes de contato, há avanços significativos com o desenvolvimento de lentes esclerais e lentes customizadas, que proporcionam melhor adaptação, conforto e acuidade visual, especialmente em casos avançados de ceratocone. Além disso, os anéis intracorneanos (ICRS), incluindo versões alogênicas, representam opções minimamente invasivas para regularização corneana e melhora visual, com baixo índice de complicações. Em casos selecionados, a combinação de CXL com ablação topoguiada por *excimer laser* (PRK topoguiada) permite uma regularização óptica adicional, melhorando a acuidade visual e, em muitos casos, evitando a necessidade de transplante (SINGH & JHANJI, 2025).

Na cirurgia refrativa, os avanços nos *lasers* têm sido notáveis. A técnica SMILE (*Small Incision Lenticule Extraction*) representa uma evolução importante, sendo minimamente invasiva e dispensando a criação de retalho corneano, o que preserva melhor a biomecânica da córnea e reduz o risco de olho seco, quando comparada ao LASIK tradicional. Além disso, tratamentos personalizados, como o LASIK guiado por *wavefront* e a PRK topoguiada, proporcionam maior individualização, com menor indução de aberrações ópticas e melhores resultados visuais (D'ORIA *et al.*, 2024).

Paralelamente, os avanços nas lentes intraoculares (LIOs) expandem as opções para pacientes que não são candidatos ideais à cirurgia corneana. As LIOs fáticas de câmara posterior, como o modelo EVO Visian ICL, bem como as

LIOs tóricas, são indicadas em casos de ametropias elevadas ou em pacientes com ceratocone estável, embora o cálculo do poder da lente em córneas irregulares exija cautela e experiência do cirurgião. Novas plataformas de diagnóstico, como a OCT de segmento anterior e os sistemas baseados em Scheimpflug, aprimoram significativamente o planejamento cirúrgico e a detecção precoce de complicações (D'ORIA *et al.*, 2024).

Pesquisas em andamento exploram abordagens regenerativas, como enxertos da camada de Bowman, terapias celulares e biomateriais sintéticos para substituição do tecido corneano. Avanços em *crosslinking* transepitelial de maior eficácia, que não exige a remoção do epitélio, também estão sendo desenvolvidos, visando maior conforto, menor tempo de recuperação e remodelação corneana. Estudos experimentais investigam ainda o uso de células-tronco para reconstrução da córnea e técnicas de bioengenharia tecidual. Na cirurgia refrativa, o desenvolvimento de *lasers* de femtosegundo ainda mais precisos e de algoritmos baseados em inteligência artificial para planejamento cirúrgico personalizado estão entre as principais apostas para o futuro (GURNANI & KAUR, 2024).

Além dos avanços tecnológicos, é fundamental considerar os aspectos éticos e legais da prática da cirurgia refrativa. O termo de consentimento livre e esclarecido é uma exigência ética e legal indispensável, devendo ser claro, detalhado e específico, contemplando os riscos, benefícios, limitações e alternativas terapêuticas. A informação adequada ao paciente é parte central desse processo, sendo obrigação do médico garantir que o paciente compreenda plenamente o procedimento proposto, suas possíveis complicações e que suas expectativas estejam alinhadas com os resultados possíveis (CFM, 2019).

Do ponto de vista da responsabilidade médica, a cirurgia refrativa é considerada um procedimento eletivo, estético e funcional, o que exige rigor ainda maior na observância dos princípios éticos. De acordo com o Código de Ética Médica do Conselho Federal de Medicina (CFM) de 2019, é dever do médico obter consentimento livre e esclarecido, garantir autonomia do paciente e atuar com base nas melhores evidências científicas disponíveis.

CONCLUSÃO

O ceratocone é uma ectasia corneana progressiva e multifatorial que leva à perda visual por astigmatismo irregular (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022; WAYMAN, 2024). O diagnóstico precoce, via topografia/tomografia, é crucial para a intervenção.

O tratamento é escalonado: inicia-se com correção óptica por lentes especiais (SANTODOMINGO-RUBIDO *et al.*, 2022), sendo o CXL o padrão-ouro para a interrupção da progressão e estabilização da ectasia (RAISKUP *et al.*, 2024). Em estágios moderados e avançados, utilizam-se anéis intracorneanos para regularização (SINGH & JHANJI, 2025) ou o transplante de córnea (GOMES *et al.*, 2023).

A cirurgia refrativa convencional (LASIK/PRK) é formalmente contraindicada em córneas ectásicas, devido ao alto risco de ectasia pós-operatória iatrogênica (BAMASHMUS *et al.*, 2010; CRANDALL *et al.*, 2024). Alternativas seguras para correção refrativa em ceratocone estável incluem lentes intraoculares fálicas (D'ORIA *et al.*, 2024; FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO *et al.*, 2017).

O manejo atual combina os avanços em CXL personalizado e novas tecnologias com a necessidade de uma abordagem rigorosamente individualizada e baseada no consentimento informado do paciente (CFM, 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ACADEMY OF OPHTHALMOLOGY - AAO. Preferred practice pattern: refractive errors & refractive surgery. San Francisco: AAO, 2022.
- BAMASHMUS, M.A. *et al.* Razões para não realizar cirurgia ceratorrefrativa em pacientes que buscam cirurgia refrativa em uma coorte hospitalar no “Iêmen”. *Revista Africana de Oftalmologia do Oriente Médio*, v. 17, p. 349, 2010. doi: 10.4103/0974-9233.71605.
- BORGARDTS, K. *et al.* Innovations in corneal crosslinking. *Current Eye Research*, v. 48, p. 144, 2023. doi: 10.1080/02713683.2022.2146725.
- CAMPOS, M. *et al.* Manual de condutas em oftalmologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2022.
- CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA - CFM. Resolução CFM nº 2.217, de 27 de setembro de 2018. Aprova o Código de Ética Médica. Brasília: CFM, 2019.
- CRANDALL, A. S. *et al.* Corneal refractive surgery. UpToDate, 2024.
- D’ORIA, F. *et al.* Refractive surgical correction and treatment of keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, v. 69, p. 122, 2024. doi: 10.1016/j.survophthal.2023.09.005.
- FERNÁNDEZ-VEGA-CUETO, L. *et al.* Surgical options for the refractive correction of keratoconus: myth or reality. *Journal of Ophthalmology*, 2017. doi: 10.1155/2017/7589816.
- GERVASIO, K.A. *et al.* Manual de doenças oculares do Wills Eye Hospital: diagnóstico e tratamento no consultório e na emergência. 8. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2023.
- GOMES, J.A.P. *et al.* Keratoconus epidemiology: a review. *Saudi Journal of Ophthalmology*, v. 36, p. 3, 2022. doi: 10.4103/sjopt.sjopt_204_21.
- GOMES, J.A.P. *et al.* Tratamento do ceratocone: atualidades e perspectivas. São Paulo: Universidade Federal de São Paulo, 2023.
- GURNANI, B. & KAUR, K. Recent advances in refractive surgery: an overview. *Clinical Ophthalmology*, v. 18, p. 2467, 2024. doi: 10.2147/OPTH.S481421.
- HAFEZI, F. *et al.* Expanding indications for corneal cross-linking. *Current Opinion in Ophthalmology*, v. 34, p. 339, 2023. doi: 10.1097/ICU.0000000000000967.
- KIM, T.I. *et al.* Refractive surgery. *Lancet*, v. 393, p. 2085, 2019. doi: 10.1016/S0140-6736(18)33209-4.
- KOHNE, T. *et al.* Basic knowledge of refractive surgery: correction of refractive errors using modern surgical procedures. *Deutsches Arzteblatt International*, v. 105, p. 163, 2008. doi: 10.3238/arztebl.2008.0163.
- LI, S.M. *et al.* Wavefront excimer laser refractive surgery for adults with refractive errors. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, CD012687, 2020. doi: 10.1002/14651858.CD012687.pub2.
- PRADO, F.C. *et al.* Atualização terapêutica: diagnóstico e tratamento. 26. ed. São Paulo: Artes Médicas, 2018.
- RAISKUP, F. *et al.* Crosslinking with UV-A and riboflavin in progressive keratoconus: from laboratory to clinical practice – developments over 25 years. *Progress in Retinal and Eye Research*, v. 102, p. 101276, 2024. doi: 10.1016/j.preteyeres.2024.101276.
- SANTODOMINGO-RUBIDO, J. *et al.* Keratoconus: an updated review. *Contact Lens & Anterior Eye*, v. 45, 2022. doi: 10.1016/j.clae.2021.101559.
- SCHOR, P. *et al.* Guias de medicina ambulatorial e hospitalar UNIFESP/Escola Paulista de Medicina: oftalmologia. Barueri: Manole, 2023.
- SINGH, R.B. & JHANJI, V. Minimally invasive approaches to management of keratoconus. *Current Opinion in Ophthalmology*, v. 36, p. 322, 2025. doi: 10.1097/ICU.0000000000001142.
- WAYMAN, L.L. Keratoconus. UpToDate, 2024.
- WILKINSON, J.M. *et al.* Refractive eye surgery: helping patients make informed decisions about LASIK. *American Family Physician*, v. 95, p. 637, 2017.