

# ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS DA CÓRNEA E A ESTIMATIVA DO INTERVALO PÓS MORTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Amélia Soares de Melo<sup>1</sup> , Yara Vieira Lemos<sup>1</sup> , Juliana Lambert Oréfice<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup>Instituto dos Olhos Ciências Médicas (IOCM), Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil

Autor correspondente: Amélia Soares de Melo, Email: amelo0801@gmail.com

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A córnea, distinta estrutura de tecido avascular e transparente do olho, por vezes é acometida por alterações patológicas, iatrogênicas ou traumáticas durante a vida, mas também sofre alterações morfológicas após a morte. Consequentemente, o estudo da córnea tem sido uma área de interesse na ciência forense, principalmente para a estimativa do intervalo pós-morte (IPM). A literatura forense sobre a relação entre as alterações oculares e o IPM tem tradicionalmente focado em variações relacionadas às concentrações de metabólitos e elementos intraoculares. No entanto, as mudanças estruturais do olho ao longo do tempo merecem a mesma atenção porque há evidências de sua relevância no auxílio para a determinação do IPM. **OBJETIVO:** Reunir e analisar estudos envolvendo alterações estruturais da córnea que possam auxiliar médicos legistas na estimativa do intervalo pós-morte. Esta revisão visa destacar o conhecimento atual que existe neste campo e também identificar caminhos promissores para futuras investigações. **METODOLOGIA:** Trata-se de uma revisão sistemática, cuja operacionalização iniciou-se com uma consulta aos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), por meio da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) para conhecimento dos descritores universais. Foram, portanto, utilizados como descritores os termos em inglês “Postmortem Interval”, “Autopsy”, “Ophthalmology” e “Cornea”. As buscas para a elaboração deste artigo foram feitas com base na National Library of Medicine, por meio da base de dados PUBMED. **RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As alterações morfológicas da córnea em consequência do IPM são fenômenos bem conhecidos, com descrições na literatura que datam desde o século passado. As limitações mais importantes e comuns encontradas nos estudos revisados foram: as pequenas populações de estudo, a falta de dados robustos necessários para produzir um banco de dados confiável, as análises subjetivas de profissionais, os parâmetros examinador-dependentes, e o foco das investigações apenas em IPMs curtos. Embora os fenômenos estudados não possam ainda ser usados para estimar o IPM, existem expectativas de que com as próximas inovações tecnológicas aplicáveis à prática forense, a determinação da espessura da córnea poderá ser usada em um futuro próximo para se complementar os métodos que em conjunto são utilizados para se estimar o tempo decorrido desde a morte de um indivíduo. Nesse contexto, é possível perceber que não apenas o estudo tradicional sobre as alterações oculares microscópicas e bioquímicas no IPM merecem atenção, mas também os estudos sobre as alterações macroscópicas e não bioquímicas, sobretudo as relacionadas à espessura da córnea, uma vez que apontam para resultados mais promissores. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Estimar o intervalo de tempo desde a morte de um indivíduo de uma forma prática e confiável continua sendo uma das mais antigas e complexas questões debatidas na ciência e na prática forense. Houve um progresso significativo no conhecimento da ciência forense oftalmológica utilizando novas tecnologias que têm permitido o surgimento de novas possibilidades para a compreensão desse campo, de modo que, a oftalmologia pode auxiliar o trabalho da medicina legal também neste aspecto.

**Palavras-chave:** Intervalo pós-morte. Córnea. Oftalmologia. Medicina Legal.

## INTRODUÇÃO

A córnea, distinta estrutura de tecido avascular e transparente do olho, faz parte da túnica externa do globo ocular, cobrindo a íris, a pupila e a câmara anterior.<sup>1</sup> Ela atua como barreira de proteção e fornece uma superfície refrativa anterior adequada para o olho. No adulto médio, a córnea possui formato elíptico, com diâmetro horizontal de aproximadamente 12,0 mm e diâmetro vertical de cerca de 11,5 mm. Sua espessura é de aproximadamente 0,5 mm na região central, aumentando gradualmente em direção à periferia.<sup>1,2</sup>

Ao longo da vida, por vezes a córnea é acometida por alterações patológicas, iatrogênicas ou traumáticas, sendo que, após a morte também sofre alterações morfológicas.<sup>2</sup> Com o decesso a córnea torna-se turva e enrugada ao longo do tempo devido à desidratação, degeneração e necrose gradual das células, bem como pelo espessamento irregular do estroma corneano.<sup>1,2</sup> Consequentemente, o estudo da córnea tem sido uma área de interesse na ciência forense, principalmente para a estimativa do intervalo pós morte (IPM). No entanto, a literatura forense tem tradicionalmente focado em variações relacionadas às concentrações de metabólitos e elementos intraoculares em detrimento das alterações estruturais ou morfológicas.<sup>3</sup>

Apesar disso, estudos sobre as mudanças estruturais do olho ao longo do tempo também têm ganhado destaque nos últimos anos, pois, há evidências de sua relevância no auxílio para a determinação do IPM.<sup>2,3</sup> Vários estudos relatam uma correlação entre a opacidade e espessura corneana e o IPM. Na prática forense tradicional, o examinador observa principalmente a opacidade da córnea a olho nu sem auxílio de qualquer instrumento. Nesse contexto, esforços para utilizar a tecnologia de análise de imagem computadorizada

para quantificar a opacidade da córnea e estimar o IPM têm sido valorizados.<sup>3</sup>

## OBJETIVO

Reunir e analisar estudos envolvendo alterações estruturais da córnea que possam auxiliar médicos legistas na estimativa do intervalo pós-morte. Esta revisão visa destacar o conhecimento atual que existe neste campo e também identificar caminhos promissores para futuras investigações.

## METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática cuja operacionalização iniciou-se com uma consulta aos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), por meio da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) para conhecimento dos descritores universais. Foram, portanto, utilizados como descritores os termos em inglês “*Postmortem Interval*”, “*Autopsy*”, “*Ophthalmology*” e “*Cornea*”. As buscas para a elaboração deste artigo foram feitas com base na *National Library of Medicine*, por meio da base de dados PubMed. Os idiomas selecionados para a pesquisa foram o inglês, o espanhol e o português. Inicialmente foram encontrados 45 artigos que foram reduzidos a 10 após análise dos critérios de exclusão. Foram descartados os artigos com foco em alterações microscópicas, histopatológicas e bioquímicas da córnea.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais dados obtidos nos referenciais teóricos utilizados neste trabalho podem ser observados na *Tabela 1*.

**TABELA DE RESULTADOS**

Autor e Ano	Parâmetro Estudado	Espécie	Nº de Casos	Método de Análise	Tempo máx. após a morte
Aoki, T. (1965) <sup>4</sup>	Opacidade	Humanos	n/a	Observação direta	36 horas
Wroblewski, B. (1970) <sup>5</sup>	Opacidade	Humanos	96	Observação direta	03 dias
Balci, Y. <i>et al.</i> (2010) <sup>6</sup>	Opacidade	Humanos	100	Observação direta	22 horas
Kumar, B. <i>et al.</i> (2012) <sup>7</sup>	Opacidade	Humanos	238	Observação direta	> 36 horas
Zhou, L. <i>et al.</i> (2010) <sup>8</sup>	Opacidade	Coelhos	6	Imagens computador	47 horas
Cantürk, I. <i>et al.</i> (2017) <sup>9</sup>	Opacidade	Humanos	10	Imagens computador	15 horas
Zheng J, <i>et al.</i> (2021) <sup>10</sup>	Opacidade	Humanos	n/a	Corneal-Smart Phone	72 horas
Napoli, PE. <i>et al.</i> (2016) <sup>11</sup>	Espessura	Ovelhas	23	OCT	96 horas
Nioi, M. <i>et al.</i> (2018) <sup>12</sup>	Espessura	Ovelhas	15	OCT	72 horas
Napoli, PE. <i>et al.</i> (2020) <sup>13</sup>	Espessura	Humanos	58	OCT	19 horas

**Tabela 1.** Resultados obtidos após a realização da pesquisa por tipo de parâmetro, espécie, tamanho da amostra, método e intervalo máximo de tempo decorrido desde a morte.

Os resultados encontrados por essa revisão revelam que as novas pesquisas têm desvendado alguns métodos de análise da córnea no intervalo após a morte com o auxílio de novas tecnologias que têm permitido o surgimento de novas possibilidades para a compreensão desse campo. Dentre esses métodos, os achados mais relevantes são:

## Opacidades da Córnea

### A) Método: observação direta.

A córnea é fisiologicamente um meio transparente. Pode, contudo, tornar-se variavelmente opaca devido a condições patológicas, em casos de rejeição de transplante, ou como um ajuste anormal a diferentes tipos de trauma.<sup>1,2</sup>

Estudos sobre a transparência da córnea e o IPM remontam desde 1965 quando Aoki concluiu que em todos os seus casos estudados, por até 8-12h após a morte, a córnea permanecia transparente, e, entre 12h e 18h, 15% apresentaram algum sinal de opacidade. No período de 18-24 horas, 25% estavam opacas e este valor subiu para 75% nas 24-36 horas após a morte. Ademais, Aoki também observou que havia alguma variação sazonal de opacidade, na medida em que foi relatado um aumento da sua intensidade nos casos observados no verão em comparação com o inverno. Em seu trabalho, no entanto, não restou definido claramente o método pelo qual foram medidas as opacidades, de modo que entendemos terem sido análises subjetivas.<sup>4</sup>

Em 1970 Wroblewski e Ellis investigaram as alterações oculares após a morte com intuito de remoção de órgãos para transplante. Nos 96 casos examinados, foi relatado que antes de 2h após a morte, apenas uma opacidade mínima podia ser observada na córnea. No entanto, após 2h, 74% dos casos apresentaram opacidade da córnea mais significativa. Sendo assim, conclui-se que a ausência completa desse fenômeno indicaria um intervalo decorrido desde a morte inferior a 2h.<sup>5</sup>

Quatro décadas depois, Balci *et al* estudaram 100 casos e observaram que se os olhos forem mantidos fechados entre as observações, a opacidade da córnea aumentaria significativamente após 8h. Ademais, constatou-se que o uso de géis ou lágrimas artificiais para fins de medição pode afetar a aparência da opacidade da córnea. Nesse sentido, entendeu-se que as avaliações macroscópicas da córnea devem ser feitas no primeiro exame macroscópico antes da aplicação de géis ou lágrimas.<sup>6</sup>

Em 2012, Kumar *et al* descreveram alterações póstumas na transparência da córnea em função de duas variáveis: o IPM e o clima. Na maioria dos casos, verificou-se que a córnea permanece transparente e úmida dentro do intervalo de 0 à 06h. Torna-se transparente e seca entre 06 e 12h; transparente à turva em 12-24h; turva à opaca em 24-36h e finalmente opaca em um período maior que 36h. Em sequência, notou-se que as mudanças ocorrem mais em clima quente e úmido. Em segundo lugar ficou o clima quente e seco. Em terceiro, o clima frio e úmido, e por fim, o clima com menores mudanças, restou o clima frio e seco.<sup>7</sup>

Em suma, nos quatro trabalhos citados, as variações na transparência/opacidade da córnea foram observadas de forma direta e descritas subjetivamente pelos pesquisadores.<sup>4,5,6,7</sup>

### B) Método: Análise de imagens computadorizadas

Com a evolução da tecnologia, novas perspectivas para a análise da opacidade da córnea têm surgido.<sup>3</sup> Modelos computacionais têm sido desenvolvidos para extrair características específicas das imagens da córnea e elaborá-las para fazer inferências sobre o tempo decorrido desde a morte. Resumidamente, esses métodos são essencialmente baseados na extração de recursos de cor e textura de imagens de opacidades corneanas. Dessa forma, os sistemas de computadores e banco de dados criam e aplicam algoritmos para selecionar e classificar os dados identificados.<sup>8,9</sup>

Zhou *et al.* foram os primeiros a desenvolver esses modelos computacionais, mas os validaram em modelos com animais (coelhos). Em seu trabalho, as regiões da córnea foram extraídas a partir de imagens de olhos de coelhos e descritas por recursos baseados em cores e texturas, que representam as alterações da córnea em diferentes IPM. Os resultados mostraram que o novo método foi estável, não invasivo e conveniente. Uma limitação do estudo é que foram analisadas as córneas apenas quando os olhos estavam abertos. Além disso, outros fatores que influenciam os resultados e precisam ser levados em consideração incluem a variação individual, sexo, idade, temperatura ambiente, etc. Sendo assim, mais estudos são necessários para confirmar se os resultados podem ser aplicados a seres humanos e alcançar melhores resultados.<sup>8</sup>

Canturk *et al.* foram os primeiros a traduzir e desenvolver esta tecnologia para propor e validar um modelo confiável para uso em humanos. No entanto, este grupo de pesquisadores enfatizou que, embora essa tecnologia seja de fácil uso, aumentando a confiabilidade e eficácia do método, os modelos usados por esses sistemas requerem coleta e compartilhamento de dados suficientes sobre opacidades corneanas em bancos de dados específicos. Em resumo, o uso de modelos computacionais é atualmente limitado pela falta de dados robustos necessários para produzir um modelo confiável.<sup>9</sup>

### C) Método: Corneal-Smart Phone

Mais recentemente, em 2021, Zheng J, *et al.* apresentou à comunidade científica uma inovação tecnológica que visa alcançar verdadeiramente uma estimativa IPM quantitativa, não destrutiva e objetiva com base em análises da opacidade da córnea. Neste estudo, foi desenvolvido um dispositivo que pode ser usado para coletar imagens da córnea de cadáveres em cenas de crime ao ar livre. Além disso, a aquisição de imagens da córnea é combinada com a análise de imagens digitais em um aplicativo de smartphone de modo que os usuários podem estimar rapidamente o IPM na cena do crime.<sup>10</sup>

O estudo analisou a correlação entre os valores de seis recursos de cores (RGB, HSV) e o IPM para analisar quantitativamente as

alterações da opacidade da córnea após a morte. A característica de cor RGB da imagem da córnea dentro de 72h após a morte mostrou uma correlação positiva com IPM ( $p < 0,01$ ). A tendência positiva foi mais aparente dentro de 12-60h após a morte. Já o recurso de cor HSV da imagem da córnea dentro de 72h após a morte não teve correlação óbvia com IPM ( $p > 0,05$ ).<sup>10</sup>

Nesse sentido, o modelo RGB, mais comumente usado na análise de imagens, pode refletir de forma abrangente as mudanças de intensidade clara e escura das imagens. O modelo HSV, por sua vez, concentra-se na representação das cores em termos de sua tonalidade, saturação e valor, que não é sensível a pequenas mudanças nas imagens em preto, branco e cinza. Sendo assim, o modelo RGB é mais adequado para representar as mudanças na opacidade das imagens da córnea do que o modelo HSV.<sup>10</sup>

Estudos futuros serão necessários para continuar a fortalecer o design inteligente, desenvolver e expandir a função da interface do dispositivo. Além disso, é essencial coletar ativamente mais dados e imagens sobre a córnea humana após a morte para análise, de modo a alcançar verdadeiramente uma estimativa IPM quantitativa, não destrutiva e objetiva.<sup>10</sup>

### Espessura da córnea

#### Método: Tomografia de Coerência Óptica (OCT)

A córnea é uma membrana complexa e sua espessura é variável, sendo mais espessa na periferia e mais fina na área central. Sua estrutura é composta por cinco camadas: epitélio, camada de Bowman, estroma, membrana de Descemet e endotélio.<sup>1,2</sup>

Em 2016, Napoli *et al.* avaliou as variações da espessura central da córnea após a morte em um modelo animal (ovelhas) utilizando a tomografia de coerência óptica portátil (OCT). Este dispositivo relativamente complexo é normalmente usado em prática clínica oftalmológica. Sua aplicação no campo forense foi associada a uma boa confiabilidade de medição. Quarenta e seis globos oculares foram analisados em diferentes IPM. Os resultados apontaram que a média da espessura central da córnea diminuiu imediatamente após a morte e depois aumentou, com dois picos em 6h e 24h. Embora os dados comprovem a confiabilidade do OCT portátil para medidas paquimétricas da córnea, estudos futuros devem verificar a abordagem quantitativa e qualitativa em modelos humanos.<sup>11</sup>

Em 2018, foi a vez do grupo de pesquisadores Nioi *et al.* confirmarem esses resultados usando também um sistema OCT em 30 olhos de ovelhas adultas. As imagens de OCT foram realizadas em diferentes momentos desde a morte, gerando um mapa paquimétrico, possibilitando a análise morfológica e estrutural para cada ponto de tempo. Após um afinamento inicial dos tecidos, a espessura do estroma aumentou da 2ª até a 6ª hora.<sup>12</sup>

Mais recentemente, em 2020, Napoli *et al.* realizou 5.568 medições em 58 olhos humanos usando um sistema OCT portátil. Seus resultados indicaram que esta técnica tem alta repetibilidade e reprodutibilidade, podendo, portanto, ser considerado um

método confiável para abordagem da estimativa do IPM. Além disso, registrou-se que nas primeiras 19h após a morte, o padrão de variações na espessura da córnea é altamente influenciado pelo fato do olho ser deixado aberto entre as medições: quando é deixado aberto, observa-se uma rápida redução na espessura em IPMs iniciais, enquanto quando está fechado, este parâmetro progressivamente aumenta. Os autores levantaram a hipótese de que essas diferenças são devido à evaporação do filme lacrimal desprotegido do olho quando é deixado aberto e a penetração progressiva do líquido movendo-se sob pressão osmótica da câmara anterior.<sup>13</sup>

Com base nesta evidência, a espessura da córnea pode ser considerada um parâmetro interessante para a estimativa do IPM. Suas variações ao longo do tempo foram bem descritas pelos pesquisadores através de uma técnica de imagem (OCT) que pode gravar rapidamente varreduras de alta resolução sem a necessidade de qualquer contato com a córnea e que pode ser realizado próximo ao cadáver usando dispositivos portáteis.<sup>11-13</sup>

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações morfológicas da córnea durante o IPM são fenômenos bem conhecidos, com descrições na literatura que datam desde o século passado.<sup>1-3</sup> As limitações mais importantes e comuns encontradas nos estudos revisados foram: as pequenas populações de estudo, a falta de dados robustos necessários para produzir um banco de dados confiável, as análises subjetivas de profissionais, os parâmetros examinador-dependentes, e o foco das investigações apenas em IPMs curtos.<sup>4-13</sup> Embora os fenômenos estudados não possam ainda ser usados para estimar o IPM, existem expectativas de que com as próximas inovações tecnológicas aplicáveis à prática forense, a determinação da espessura da córnea poderá ser usada em um futuro próximo para se complementar os métodos que em conjunto são utilizados para se estimar o tempo decorrido desde a morte. Nesse contexto, é possível perceber que não apenas o estudo tradicional sobre as alterações oculares microscópicas e bioquímicas no IPM merecem atenção, mas também os estudos sobre as alterações macroscópicas e não bioquímicas, sobretudo as relacionadas à espessura da córnea, uma vez que apontam para resultados mais promissores.

Estimar o intervalo de tempo desde a morte de um indivíduo de uma forma prática e confiável continua sendo uma das mais antigas e complexas questões debatidas na ciência e na prática forense.<sup>3</sup> Houve um progresso significativo no conhecimento da ciência forense oftalmológica utilizando novas tecnologias que têm permitido o surgimento de novas possibilidades para a compreensão desse campo, de modo que, a oftalmologia pode auxiliar o trabalho da medicina legal também nesse aspecto.

### REFERÊNCIAS

1. Eghrari AO, Riazuddin SA, Gottsch JD. Overview of the Cornea: Structure, Function, and Development. *Prog Mol Biol Transl Sci.* 2015;134:7-23.

2. Riordan-Eva P, Whitcher JP. *Oftalmologia Geral de Vaughan & Asbury*. 17 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
3. Jaafar S, Nokes LD. Examination of the eye as a means to determine the early postmortem period: a review of the literature. *Forensic Sci Int*. 1994 Feb;64(2-3):185-9.
4. Aoki T. Studies on the estimation of time after death. *Jikeikai Med. J*. 1965, 1, 3-18.
5. Wróblewski B, Ellis M. Eye changes after death. *Br J Surg*. 1970 Jan;57(1):69-71.
6. Balci Y, Basmak H, Kocaturk BK, Sahin A, Ozdamar K. The importance of measuring intraocular pressure using a tonometer in order to estimate the postmortem interval. *Am J Forensic Med Pathol*. 2010 Jun;31(2):151-5.
7. Kumar B, Kumari V, Mahto T, Sharma A, Kumar A. Determination of time elapsed since death from the status of transparency of cornea in Ranchi in different weathers. *J Indian Acad Forensic Med*. 2012;34(4):336-338.
8. Zhou L, Liu Y, Liu L, Zhuo L, Liang M, Yang F, *et al*. Image analysis on corneal opacity: a novel method to estimate postmortem interval in rabbits. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*. 2010 Apr;30(2):235-9.
9. Cantürk I, Çelik S, Feyzi Şahin M, Yağmur F, Kara S, Karabiber F. Investigation of opacity development in the human eye for estimation of the postmortem interval. *Biocybernet. Biomed. Eng*, 2017; 37(3): 559-565.
10. Zheng J, Huo D, Wen H, Shang Q, Sun W, Xu Z. Corneal-Smart Phone: A novel method to intelligently estimate postmortem interval. *J Forensic Sci*. 2021 Jan;66(1):356-364.
11. Napoli PE, Nioi M, d'Aloja E, Fossarello M. Post-Mortem Corneal Thickness Measurements with a Portable Optical Coherence Tomography System: a Reliability Study. *Sci Rep*. 2016 Jul 26;6:30428.
12. Nioi M, Napoli PE, Demontis R, Locci E, Fossarello M, d'Aloja E. Morphological analysis of corneal findings modifications after death: A preliminary OCT study on an animal model. *Exp Eye Res*. 2018 Apr;169:20-27.
13. Napoli PE, Nioi M, Gabiati L, Lorenzo M, De-Giorgio F, Scordia V, *et al*. Repeatability and reproducibility of post-mortem central corneal thickness measurements using a portable optical coherence tomography system in humans: a prospective multicenter study. *Sci Rep*. 2020 Sep 2;10(1):14508.