

Apostila gratuita

AUTOFLUORESCÊNCIA, OCT E OCT-A NA RETINA

Autofluorescência · Tomografia de coerência óptica · OCT
angiography



Capítulo do livro Retina, vítreo e genética · Oft-Review, 2026

- Os *hot spots* são áreas bem delimitadas de hiperfluorescência, menores que 1 diâmetro de disco, e geralmente indicam vasculopatia polipoidal ou proliferação angiomatosa da retina (RAP), que são variantes da neovascularização macular.
- Na coriorretinopatia serosa central, observamos áreas focais de aumento da permeabilidade coroideana nas fases intermediárias do exame.
- Nas síndromes dos pontos brancos, geralmente observamos lesões hipofluorescentes à ICG.

Existem diversas outras indicações e alterações possíveis no exame de ICG, que conheceremos ao longo do estudo das patologias retinianas.

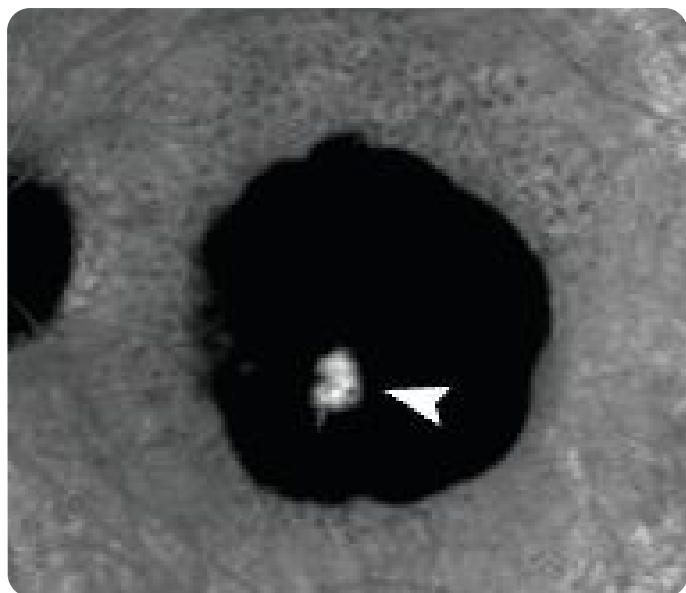


FIGURA 1. Hotspot (seta) em exame de indocianina verde em paciente com neovascularização macular. Fonte: <https://amdbook.org/content/diagnostic-usefulness-indocyanine-green-angiography-icga-age-related-macular-degeneration-am>

SEÇÃO 3

AUTOFLUORESCÊNCIA

O exame de autofluorescência é rápido, não-invasivo e sem necessidade de contraste. Utiliza uma luz excitatória (488nm) e a fluorescência intrínseca de certas estruturas é captada através de filtros de barreira (500nm).

O principal fluoróforo é a lipofuscina, que se acumula nos lisossomos do EPR, a partir de resíduos da fagocitose dos discos dos fotorreceptores. O acúmulo de lipofuscina faz parte do envelhecimento normal, não necessariamente apresentando significado patológico. Como a lipofuscina acumula-se no EPR, o exame de autofluorescência é um importante marcador para avaliar sua função. O disco óptico (devido à ausência de EPR), a fóvea (devido ao bloqueio parcial pela luteína e zeaxantina) e os vasos (devido ao bloqueio pelo sangue) são regiões naturalmente **hipoautofluorescentes** (mais escuras) no exame.

Regiões de ausência ou atrofia do EPR perdem a autofluorescência, aparecendo hipoautofluorescentes no exame. Por outro lado, regiões em que o EPR se encontra em sofrimento podem acumular lipofuscina e exibir hiperautofluorescência.

A autofluorescência tem um papel fundamental em doenças que acometem o EPR, como a central serosa e distrofias retinianas. Também são marcadores importantes de progressão na DMRI seca; as áreas de atrofia geográfica apresentam-se escuras e o padrão das bordas hiperautofluorescentes pode mostrar maior ou menor risco de progressão.

Outras estruturas hiperautofluorescentes são as drusas de nervo óptico e os astrocitomas.





FIGURA 1. Autofluorescência em paciente com DMRI e atrofia geográfica. Fonte: <https://amdbook.org/content/fundus-autofluorescence-age-related-macular-degeneration>

APRENDENDO COM QUESTÕES

CBO 2013

Pode-se afirmar sobre a angiofluoresceinografia (AGF) e a angiografia com indocianina verde:

- A) A imagem da AGF sofre menor influência de opacidades, como sangue, do que a angiografia com indocianina verde.
- B) Na angiografia com indocianina verde, pode-se observar melhor os vasos da coróide que na AGF.
- C) A AGF permite melhor observação de lesões abaixo do epitélio pigmentado da retina que a angiografia com indocianina verde.
- D) A angiografia com indocianina verde não permite a observação da circulação retiniana.

Gabarito - B

Comentário: Questões comparativas sobre AGF e ICG são frequentes na prova do CBO. Entendam as principais diferenças para nunca mais errar uma questão sobre este assunto.

A – Incorreta. A AGF sofre maior influência de opacidade de meios, sangue e pigmentos, por apresentar menor comprimento de onda de excitação e emissão.

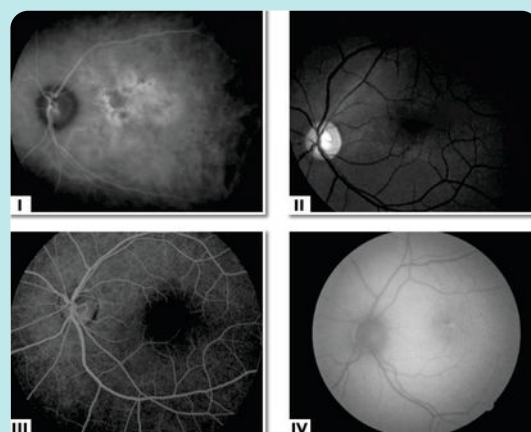
B – Correta! A ICG permanece no espaço intra-vascular da coróide, permitindo melhor visualização dos vasos desta topografia.

C – Incorreto. A ICG permite melhor visualização das lesões abaixo do EPR, por apresentar maior comprimento de onda.

D – Incorreta. Embora a AGF seja melhor na visualização dos vasos da retina, a ICG também permite sua visualização.

CBO 2020

Sobre as imagens a seguir, assinale a alternativa correta:



- A) A imagem II é a fase tardia do exame da imagem I.
- B) As imagens II e IV não usam contraste.
- C) As imagens I e III foram obtidas utilizando o mesmo contraste.
- D) A imagem IV é a fase tardia do exame da imagem III.

Gabarito - B

Comentário: Questão interessante da prova de imagens de 2020. O primeiro passo é identificar se o exame é contrastado ou não; para isso, basta observar os vasos. Os exames em que os vasos se encontram “pretos” são exames não contrastados. O exame I é um exame de indocianina verde; percebam como a lesão de coróide é mais bem visualizada, os vasos da retina são visualizados com menor destaque e o disco óptico encontra-se hipofluorescente. O exame II é um exame de retinografia red-free. É um exame não contrastado (“vasos estão pretos”), o disco óptico encontra-se claro e a retina assume cor acinzentada.

É um bom exame para avaliar defeitos na camada de fibras nervosas da retina.

O exame III é um exame de angiofluoresceinografia. Os vasos da retina são visualizados com nitidez e há uma fluorescência da coroide em "pano de fundo", devido à permeabilidade da coriocapilar à fluoresceína, parcialmente bloqueada pelos pigmentos do EPR. Em fases tardias, o disco óptico se impregna com fluoresceína, o que não é o caso na foto apresentada.

O exame IV é um exame de autofluorescência. É um exame não contrastado ("vasos estão pretos"), o disco óptico é hipoautofluorescente e a fóvea é discretamente hipoautofluorescente devido ao bloqueio parcial pelos pigmentos xantofílicos. O pano de fundo apresenta autofluorescência devido à lipofuscina do EPR.

CBO 2022

A foto abaixo é obtida em um exame de:



- A) Fluoresceína.
- B) Autofluorescência
- C) Retinografia anérita.
- D) Indocianina Verde.

Gabarito - C

Comentário: A imagem da questão nos mostra um exame de retinografia anérita ou red-free. Essa imagem é obtida através de um filtro verde e não utiliza contraste, por isso vemos os vasos escuros. As imagens red-free têm como principal função evidenciar lesões vasculares e de coloração vermelha, em comparação com retina que também tem tom avermelhado. Para não esquecer mais como diferenciar os exames

de imagem em retina: Com contraste (= vaso claro):

- Angiofluoresceinografia - disco claro;
- Indocianina Verde - disco escuro; Sem contraste (= vaso escuro):
- Red-free - disco claro;
- Autofluorescência - disco escuro

CBO 2023

Sobre o exame de retinografia por autofluorescência, é correto afirmar:

- A) É contraindicado em pacientes alérgicos a iodo
- B) Avalia o fluxo sanguíneo retiniano
- C) O nervo óptico apresenta-se hiperautofluorescente em uma pessoa normal
- D) Áreas de atrofia do epitélio pigmentado da retina apresentam-se hipoautofluorescentes

Gabarito - D

Comentário: A retinografia por autofluorescência é um registro fotográfico da emissão de luz por fluoróforos - elementos que emitem luz e tem fluorescência. Não utiliza contraste (A incorreta). A lipofuscina é o principal fluoróforo do olho. Ela é um produto da degradação dos elementos externos dos fotorreceptores pelo EPR e por isso é importante para avaliação da integridade do EPR. A Redução da lipofuscina leva a hipoautofluorescência, como na atrofia do EPR (resposta da questão), diminuição dos fotorreceptores (ex: retinose pigmentar) e em áreas fotocoaguladas.

São áreas com hipofluorescência no exame normal:

- Disco: não tem EPR (C incorreta)
- Vasos: hemoglobina bloqueia a passagem da luz para o EPR
- Fóvea: redução da lipofuscina na fóvea naturalmente e aumento da melanina do EPR
- Foveola: bloqueio da fluorescência pela luteína e zeaxantina

TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA

O OCT é um exame não invasivo, de não contato, que produz imagens em alta resolução (micrômetros) da retina, coróide e nervo óptico.

TÉCNICA

O OCT funciona através do princípio da interferometria de baixa coerência, utilizando luz infravermelha produzida por um laser de diodo (843 nm). Luz de baixa coerência é emitida em direção à retina e a um espelho de referência; a seguir, um interferômetro combina a luz que retorna da retina com a luz que retorna do espelho de referência, produzindo um interferograma.

O OCT evoluiu bastante desde a sua criação na década de 90. Os primeiros OCTs, chamados de Time-Domain, utilizavam um único detector, que se movia ao longo do tempo para captar os A-Scans (imagens axiais provenientes da retina). A união de A-Scans adjacentes forma uma imagem em B-Scan, que estamos acostumados a analisar; a união de B-Scans adjacentes, por sua vez, forma uma imagem tridimensional da retina, que é usada para formar os mapas de espessura que estamos acostumados.

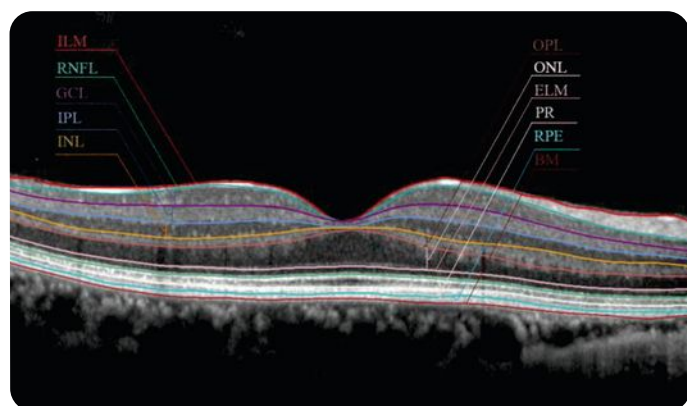


FIGURA 1. Camadas do OCT com escala em tons de cinza. Fonte: Kim, J.H., Lee, S.H., Han, J.Y. *et al.* Comparison of Individual Retinal Layer Thicknesses between Highly Myopic Eyes and Normal Control Eyes Using Retinal Layer Segmentation Analysis. *Sci Rep* 9, 14000 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50306-w>

A tecnologia Time-Domain foi progressivamente substituída pela Spectral-Domain (SD-OCT), que possuem uma série de detectores, permitindo a captação de cerca de 100.000 A-Scans por segundo, aumentando a velocidade e a

resolução do exame, portanto, gerando exames de maior qualidade.

O SD-OCT é ainda o mais utilizado, mas há novas tecnologias como o OCT Swept-Source, que possui comprimento de onda maior (1050 nm), permitindo maior penetração dos raios luminosos nos tecidos profundos e consequentemente a avaliação de toda a espessura da coróide, com visualização inclusive através de hemorragias ou do EPR. Também é mais veloz e capaz de fazer B-scans mais longos. Entretanto, perde um pouco em resolução quando comparado ao SD-OCT.

Os sinais refletidos podem ser representados graficamente em tons de cinza ou em escala colorida. Os sinais mais intensos, ou **hiperrefletivos**, são representados em branco (na escala de cinza) ou vermelho (na escala colorida). Exemplo: EPR, zona elipsoide, camada de fibras nervosas da retina.

Os sinais menos intensos, ou **hiporrefletivos**, são representados em preto (na escala de cinza) ou azul (na escala colorida). Exemplo: camada nuclear interna, nuclear externa e camada de células ganglionares.

NOTAS

Com relação à anatomia da retina vista ao OCT, há diferenças das camadas em relação à anatomia histológica. Essas diferenças se dão especialmente a partir dos fotorreceptores, em sentido externo, quando a interposição entre camadas hiperrefletivas e hiporrefletivas deixa de ser equivalente à distinção entre as que coram por hematoxilina e eosina; quando avaliamos a retina externa, focamos principalmente nas quatro linhas hiperrefletivas:

- A membrana limitante externa (MLE) é a primeira delas (de dentro para fora do olho), e é equivalente à MLE vista ao HE.
- Em seguida, há a **zona elipsoide**, um dos mais importantes marcos anatômicos e de prognóstico. Sua hiperrefletividade corresponde a uma área dos segmentos internos dos fotorreceptores com alta concentração de mitocôndrias.

NOTAS

Entre a MLE e a elipsoide, temos uma camada hiporrefletiva chamada zona mioide.

- Em seguida, menos definida do que as demais e muitas vezes ignorada em exames com menor resolução, vem a **zona de interdigitação**, onde o EPR tem íntimo contato com os fotorreceptores.
- Por fim, a linha mais externa e mais espessa é composta pela união entre o **EPR e a membrana de Bruch**.

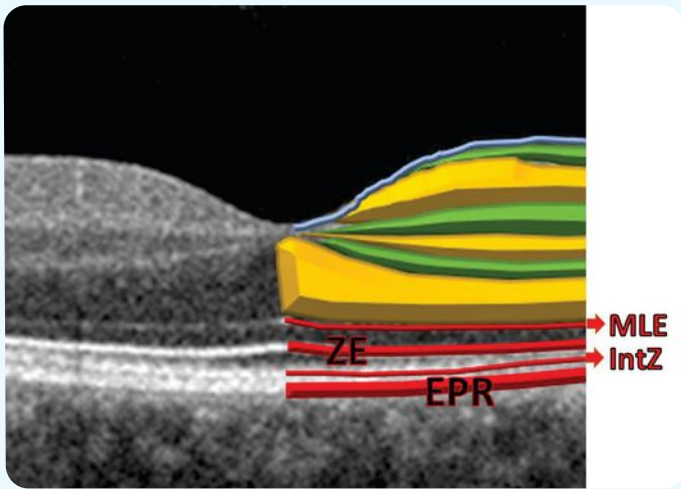


FIGURA 2. B-Scan foveal em maior aumento, mostrando a divisão das camadas retinianas e as linhas hiperrefletivas da retina interna. MLE = membrana limitante interna; ZE = zona elipsoide; IntZ = zona de interdigitação; EPR = epitélio pigmentado da retina + membrana de Bruch. Fonte: gentilmente cedida por Dr. Rodrigo Dahia (Salvador, BA)

APLICAÇÕES

Citaremos as principais aplicações do OCT, mas seu uso está se tornando cada vez mais imprescindível na propedêutica de retina, sendo parte da avaliação de rotina de patologias maculares. Além disso, como já estudamos, seu uso está crescendo também no diagnóstico e follow-up de glaucoma.

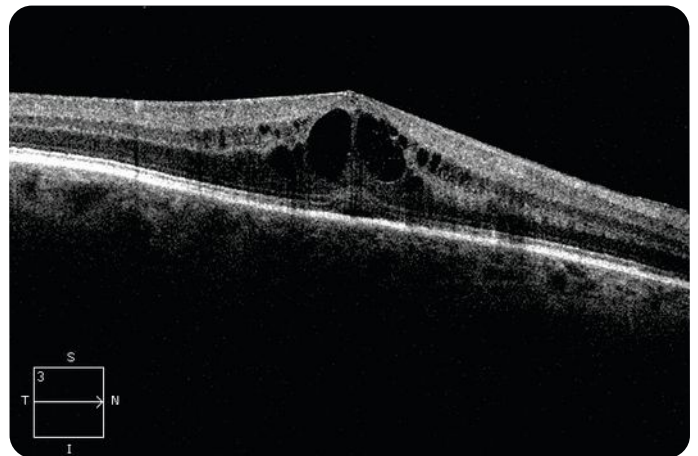
- Detecção e quantificação do fluido subretiniano em casos de DMRI exsudativa.
- Detecção e quantificação da espessura retiniana em casos de edema macular diabético, oclusões venosas e edema macular cistoide pós-operatório.

- Diagnóstico e classificação de doenças da interface vitreorretiniana como membrana epirretiniana, buraco macular e síndrome de tração vítreo-macular.
- Quantificação da camada de fibras nervosas peripapilar e do complexo de células ganglionares da mácula para diagnóstico e acompanhamento de pacientes com glaucoma ou patologias neuro-oftalmológicas.

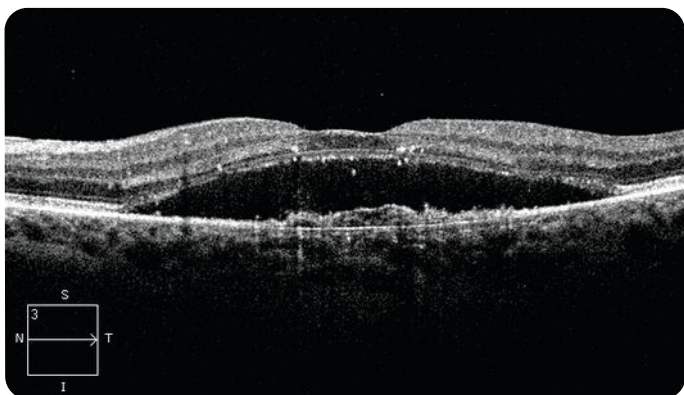
EXEMPLOS DE ALTERAÇÕES

Temos percebido uma tendência de a prova cada mais vez usar imagens de achados de exames retinianos para suas questões. Por isso, vamos apresentar alguns exemplos do que pode ser visto ao OCT, antes mesmo de discutir doenças mais específicas, nos capítulos que seguirão.

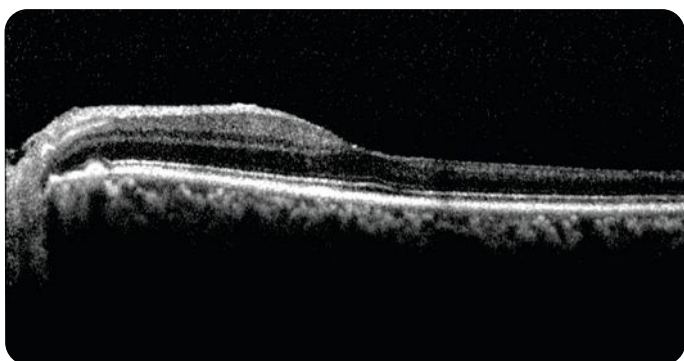
- Edema macular cistoide: observem as lesões hiporrefletivas arredondadas, nas camadas nuclear interna e externa. Também há mínima quantidade de líquido subfoveal.



- Líquido subretiniano, sobre área de descolamento irregular de epitélio pigmentado: grande área ocupada por material hiporrefletivo sob o tecido retiniano foveal, separando-o do EPR. Observem também que a linha do EPR se eleva, separando-se da membrana de Bruch por um material de refletividade variável, muito sugestivo de neovascularização macular (membrana neovascular).



- Afilamento da retina interna pós oclusão vascular retiniana: à esquerda da imagem, retina neurosensorial preservada, com todas as suas camadas visíveis; à direita, há grande afilamento retiniano pela ausência das camadas internas (mais internas do que a plexiforme externa). Vale lembrar que a retina externa é irrigada pela circulação coroideana, e, portanto, não é acometida (linhas hiperrefletivas externas preservadas).



- Atrofia de retina externa e EPR: notem como, nesse caso, o afilamento do tecido retiniano se dá por alteração mais externa, com descontinuidade da camada nuclear externa e das linhas hiperrefletivas (membrana limitante externa, zona elipsoide, interdigitação e EPR), à esquerda na imagem; à direita, o tecido retiniano ainda está menos afetado, com algumas áreas de descontinuidade da ZE.

COLEÇÃO CBO 2023

ARTEFATOS

“Artefato” é o nome dado a uma alteração no resultado do exame que ocorre não por uma alteração no tecido estudado, e sim por algo relacionado à técnica ou ao aparelho. Pode acontecer na grande maioria dos exames de imagem, e são muito importantes no OCT. Um operador experiente pode ajudar muito a minimizar a ocorrência destes, melhorando a qualidade do exame.

Entre os artefatos mais encontrados, podemos citar:

- Artefato de sombreamento: estruturas hiperrefletivas anteriores geram sombreamento (redução do sinal) do tecido mais externo, prejudicando sua avaliação.
- Imagem em espelho: ocorre quando o tecido retiniano estudado está muito próximo do OCT, o que faz com que a imagem seja demonstrada como invertida. Pode acontecer por erro técnico de posicionamento ou por estrutura muito anteriorizada (descolamento de retina, por exemplo).
- Artefato de movimento: se o olho se mexer durante o exame, os B-Scans não ficam adjacentes, e a imagem formada não representa de fato o tecido retiniano, prejudicando a análise completa de algumas alterações e a medida das espessuras.
- Falhas de software: os aparelhos de OCT possuem softwares que identificam automaticamente o tecido retiniano neurosensorial (da MLI até o EPR), mas pode haver erro em caso de alterações estruturais muito importantes.

OCT ANGIOGRAPHY (OCT-A)

O OCT-A é um exame não-invasivo, que não utiliza contraste, e que permite o estudo da circulação retiniana, incluindo a identificação de membranas neovasculares, de forma muito eficaz. **Não substitui completamente a angiofluoresceinografia**, mas está sendo muito estudada e sua importância é crescente.

TÉCNICA

Utiliza um OCT com grande velocidade de detecção de imagens para fazer repetidas análises da mesma área em um curto intervalo de tempo. Considerando o fato de que a retina é um tecido estático, a comparação entre os B-Scans do mesmo lugar não deveria mostrar qualquer variabilidade de sinal.

A exceção fica por conta do **movimento das hemácias** na circulação retiniana: em alguns momentos, vai haver hemácias aumentando a refletividade dos vasos, enquanto em outros, a refletividade será menor. Dessa forma, quando o aparelho compara as imagens, pixel por pixel, as diferenças só podem representar áreas onde há um vaso sanguíneo. Tais pontos são marcados com o chamado **"sinal de decorrelação"** nos B-Scans. Com a aposição dos B-Scans adjacentes, é formada uma imagem da árvore vascular. Brilhante, não?

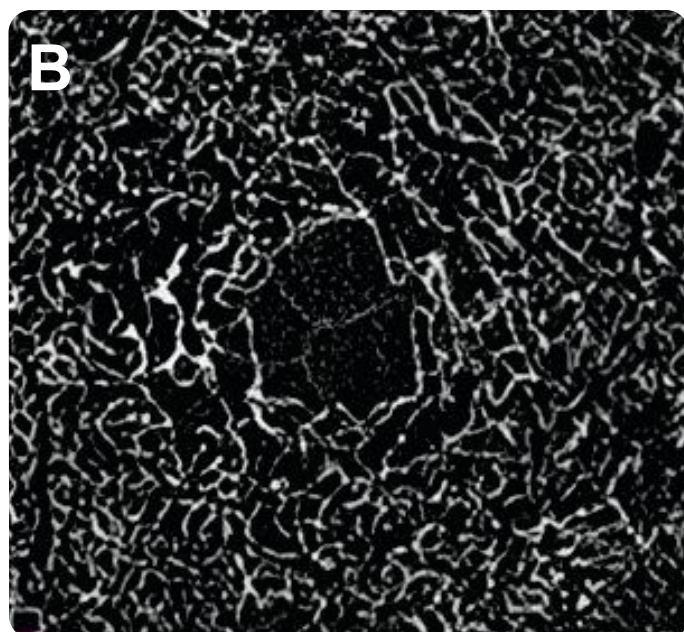
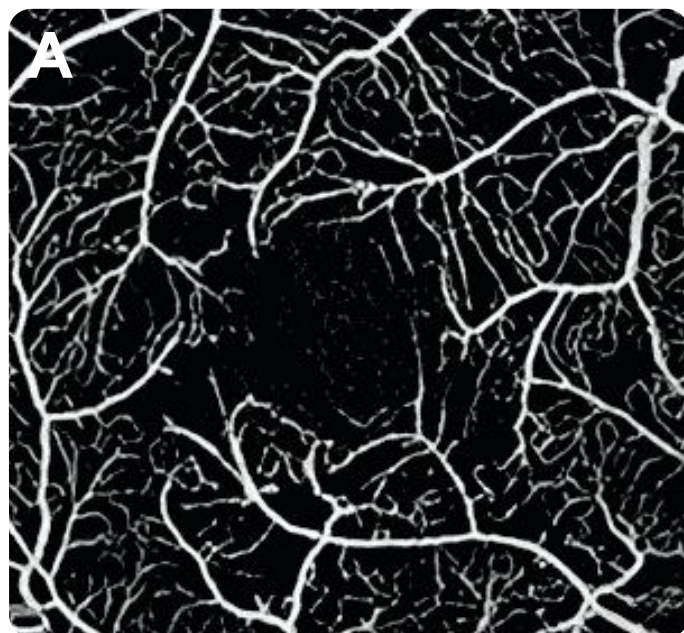
Os aparelhos mais populares utilizam uma fonte de laser de 840 nm e 70.000 scans/segundo.

VANTAGENS

- O OCT-A realiza a segmentação dos diferentes plexos da retina. Alguns softwares dividem os plexos em superficial e profundo, e outros subdividem o "complexo capilar profundo" em plexos intermediário e plexo profundo. Permite avaliar também o plexo capilar radial peripapilar. Trata-se de uma vantagem em relação à angiofluoresceinografia, que identifica apenas alterações no plexo superficial. Esta nova tecnologia permitiu avanços no entendimento de diver-

sas patologias como a PAMM (maculopatia média paracentral aguda) e Mactel (telangiectasia macular).

- Não utilização de contraste.
- Melhor resolução de imagem em relação às demais modalidades de estudo dos vasos retinianos.
- Detecção de membranas neovasculares subclínicas ou quiescentes, isto é, que ainda não cursam com exsudação para o espaço intra/sub-retiniano.
- Quantificação da perda capilar resultante de isquemia crônica, como ocorre na maculopatia isquêmica pelo diabetes.



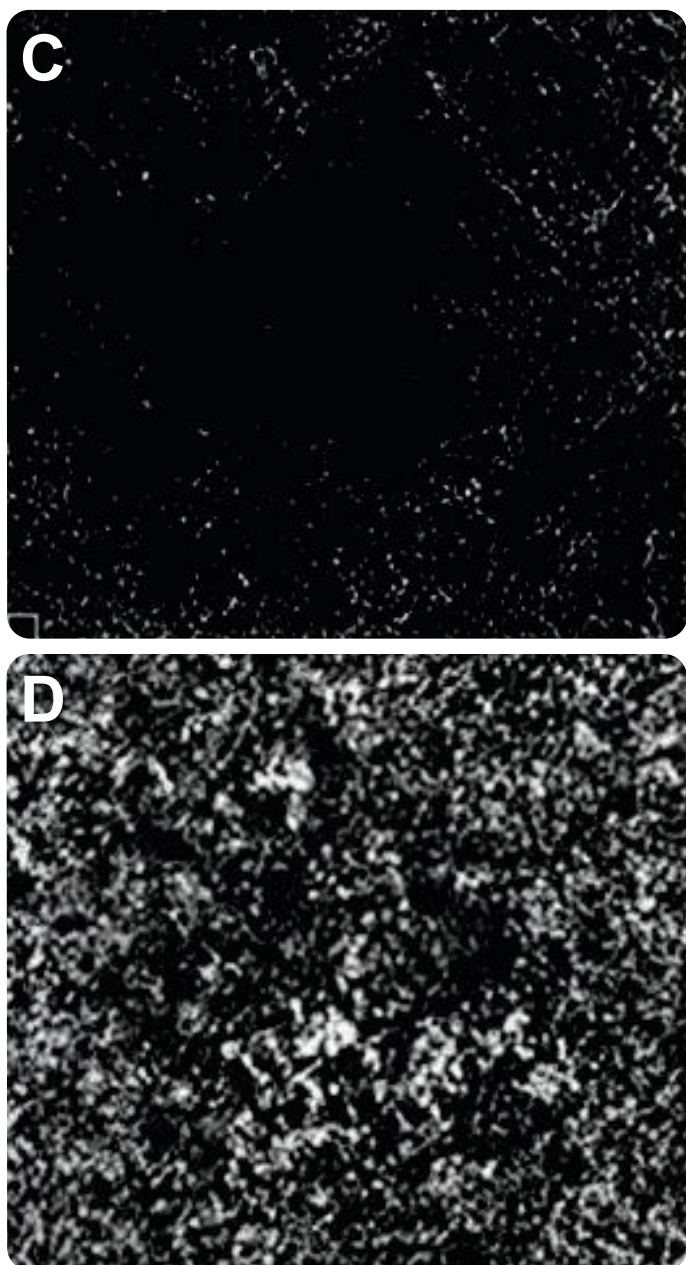


FIGURA 1. OCT-A. **A** plexo capilar superficial, **B** plexo capilar profundo, **C** retina externa (avascular) e **D** coriocalilar. Fonte: <https://www.haag-streit.com/de/haag-streit-uk/products/optovue/angiovue-oct-a/>

LIMITAÇÕES

- Diferentemente da angiofluoresceinografia, o OCT-A não faz um estudo dinâmico; ou seja, apresenta apenas uma "fotografia" estática da vasculatura retiniana/coriocalilar.
- A maioria dos OCT-A faz uma análise restrita à região macular, não avaliando a vasculatura extramacular/periférica.
- O OCT-A, diferentemente da angiofluoresceinografia e da ICG, não avalia a permeabilidade vascular e não detecta extravasamento, **detectando apenas fluxo intravascular.**

- O OCT-A também é suscetível a alguns artefatos, que podem levar a erros de interpretação:
 - Artefato de movimentação: se o paciente se mexer durante o exame, o aparelho pode gerar artefatos, que podem ser erroneamente interpretados como fluxo sanguíneo.
 - Artefato de projeção: ocorre quando a luz passa por um vaso sanguíneo e atinge uma estrutura hiperrefletiva mais profunda, sendo refletida. Esta reflexão pode gerar uma imagem como se o vaso superficial existisse também numa área mais profunda.
 - Áreas escuras no OCT-A podem representar áreas de ausência de fluxo sanguíneo ou áreas de fluxo lento, sendo difícil a diferenciação entre as duas situações.
 - Artefato de segmentação: a segmentação do aparelho é muito acurada em retinas com estrutura normal; entretanto, quando há alterações anatômicas significativas, o aparelho pode encontrar dificuldade em estabelecer a qual plexo pertence determinado fluxo.

APRENDENDO COM QUESTÕES

CBO 2019

Quanto às diferenças entre as técnicas de Tomografia de Coerência Óptica (OCT), pode-se afirmar:

- A) A angiografia por tomografia de coerência óptica (OCT-A) identifica os vasos por meio do fluxo dos eritrócitos.
- B) A tecnologia de fonte de varredura (swept source) permite a captura de imagens mais definidas, mas com menor penetração nos tecidos, como a coróide.
- C) A técnica de domínio temporal (time domain) é a que permite a obtenção mais rápida possível.
- D) No OCT do tipo domínio espectral (spectral domain), a imagem é obtida com luz no espectro visível.

Gabarito - A

Comentário: A prova do CBO tem cobrado cada vez mais questões sobre os exames propedêuticos em retina, incluindo OCT e OCT-A. O aluno deve conhecer os princípios técnicos do aparelho e também como este se comporta nas diferentes patologias.

A – Correta! O OCT-A não utiliza contraste, identificando os vasos a partir do fluxo das hemácias.

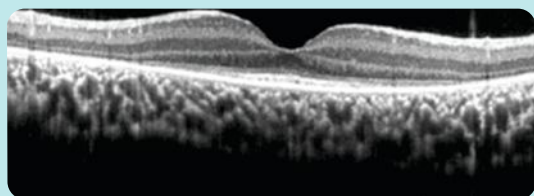
B – Incorreta. O OCT Swept Source apresenta comprimento de onda maior, penetrando mais profundamente e fornecendo imagens mais detalhadas das estruturas abaixo do EPR.

C – Incorreta. A técnica Time Domain foi abandonada, por apresentar aquisição de imagens lenta e com baixa resolução.

D – Incorreta. Todas as modalidades de OCT utilizam luz no espectro infravermelho.

CBO 2023

A hipótese mais provável, dentre as abaixo, para a alteração observada na tomografia de coerência óptica é:

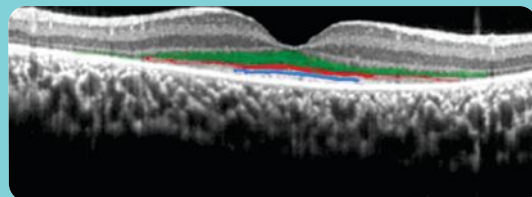


- A) Teleangiectasia macular.
- B) Edema macular diabético.
- C) Maculopatia solar.
- D) Distrofia de retina.

Gabarito - D

Comentário: Questão difícil para quem não está habituado à análise dos B-scans de OCT, e que vamos responder com uma avaliação anatômica. Se prestarmos atenção à camada nuclear externa, em verde, (lembrem-se: é a camada que ocupa a espessura quase completa da depressão foveal) e a acompanharmos em

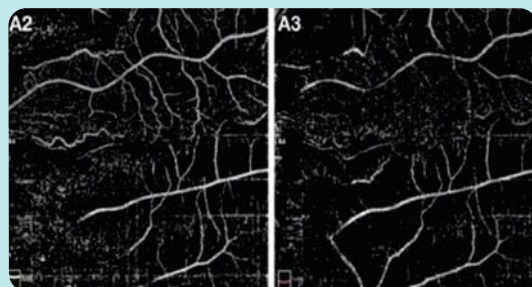
direção à periferia, veremos que ela vai se afilando até quase desaparecer. O mesmo acontece com a MLE (vermelho) e a zona elipsoide (azul):



Portanto, trata-se de alguma condição em que há acometimento preferencial dos fotorreceptores, poupando a região central. Claro, ainda vamos discutir a apresentação de cada uma das patologias presentes nas alternativas da questão, mas, dentre as quatro, a única que pode ter esse padrão é a distrofia de retina.

CBO 2024

Qual o diagnóstico mais provável com base nas imagens abaixo?



- A) Degeneração macular relacionada à idade, forma seca.
- B) Degeneração macular relacionada à idade, forma exsudativa.
- C) Oclusão arterial retiniana.
- D) Vasculopatia polipoidal

Gabarito - C

Comentário: As imagens apresentadas são de um exame de OCT-A (OCT-Angiography / Angiografia por Tomografia de Coerência Óptica).

Med-Review Educação Médica Retina, Vítreo e Genética

Belo Horizonte - MG: Med-Review Educação Médica, 2026

© 2026 Med-Review Educação Médica
Todos os direitos reservados.

Nenhuma parte dessa obra poderá ser reproduzida, armazenada em sistema de recuperação ou transmitida por qualquer meio - eletrônico, mecânico, fotocópia, gravação ou outro - sem autorização prévia e por escrito do editor.

ISBN 978-65-84158-32-0

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M488r Med-Review Educação Médica.
Retina, vítreo e genética / Med-Review Educação
Médica. – 1. ed. – Belo Horizonte, MG: Med-Review,
2026.
il. color. ; 16 x 23 cm.

1. Retina – Doenças. 2. Vítreo – Patologias. 3. Genética
ocular – Aplicações clínicas. 4. Oftalmologia. I. Título.

CDD 617.735

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422