

Apostila gratuita

ELETROFISIOLOGIA OCULAR: ELETORRETINOGRAMA, EOG E PEV

ERG de campo total · ERG multifocal e PERG · EOG e PEV



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

Essa questão é peculiar, e serve de exemplo de dica sobre como nem sempre precisamos saber tudo sobre todas as alternativas para acertar a questão! Vamos explicar: reconhecendo que o exame está demonstrando a vasculatura retiniana (pelo padrão da árvore vascular), podemos **eliminar as alternativas A, B e D** de cara, uma vez que as três são alterações da **retina externa**, que é irrigada pela circulação coroideana. Assim, é possível marcar o C mesmo sem ver a alteração propriamente dita no exame!

Mas, para complementar o estudo do tema, o que encontramos nas imagens apresentadas são interrupções abruptas do trajeto vascular, determinando uma área bem delimitada de menor densidade capilar (que se traduziria, no exame de AGF, por exemplo, à área de má perfusão), achado característico de uma Oclusão de Ramo Arterial da Retina. (**alternativa C correta!**).

SEÇÃO 6

ELETROFISIOLOGIA



FIGURA 1. Eletrodos utilizados nos exames eletrofisiológicos. Fonte: Creel DJ. Clinical Electrophysiology. 2005 May 1 [Updated 2007 Jul 2]. In: Kolb H, Fernandez E, Nelson R, editors. Webvision: The Organization of the Retina and Visual System [Internet]. Salt Lake City (UT): University of Utah Health Sciences Center; 1995-. Figure 5, [Other simple types of electrodes used to record the human ERG.]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11553/figure>

Os testes eletrofisiológicos da retina utilizam potenciais evocados para registrar a resposta elétrica da retina a determinado estímulo controlado. Diversas técnicas podem ser utilizadas para registrar o potencial elétrico de diferentes porções da via óptica, desde o EPR ao córtex visual. Estes estudos fornecem informações objetivas acerca da função retiniana, sendo utilizados em conjunto com exames estruturais para diagnóstico de diversas patologias, com grande destaque para as distrofias retinianas. Além disso, fornecem informações evolutivas valiosas para análise de progressão e acompanhamento do tratamento.

ELETRORRETINOGRAMA (ERG)

O ERG mede a resposta retiniana a um estímulo luminoso, geralmente um breve flash de luz. Os eletrodos ativos geralmente são colocados em contato com a conjuntiva bulbar ou córnea e o de referência no canto lateral da pálpebra. Os eletrodos podem ser de diversos tipos: lente de contato, "gold foil", H-K loop e DTL.

ELETRORRETINOGRAMA DE CAMPO TOTAL

Fornece uma resposta difusa, resultante do somatório da atividade elétrica de várias células neuronais e não-neuronais, que respondem em conjunto ao estímulo luminoso.

Componentes principais

- Onda A - deflexão inicial negativa.
- Onda B - onda positiva após a onda A.
- Onda C - componente positivo tardio.

Onda A

Representa a **hiperpolarização dos fotorreceptores em resposta ao estímulo luminoso, pelo fechamento dos canais e sódio. A onda A é negativa.**

Em condições fotópicas, representa principalmente a atividade dos cones, enquanto em condições escotópicas, a atividade dos bastonetes.

A hiperpolarização do fotorreceptor reduz a liberação de glutamato na fenda sináptica.

Onda B

A hiperpolarização dos fotorreceptores promove despolarização ou hiperpolarização das células bipolares e horizontais (Bipolares ON despolarizam / Bipolares OFF hiperpolarizam), levando ao aumento do potássio na camada plexiforme externa e causando **despolarização das células de Müller e formando a onda B positiva do ERG**. A despolarização das amácrinas, bipolares e ganglionares também parece contribuir para a onda B do ERG.

Onda C

A hiperpolarização do EPR e células de Müller após o estímulo luminoso gera um potencial positivo tardio, chamado de Onda C.

Pouco relevante na prática clínica, pois é tardia e sofre influência do piscar e do movimento dos olhos.

Potenciais Oscilatórios

São pequenas ondas superpostas à porção ascendente da onda B, correspondendo à atividade das células **amácrinas e interplexiformes**.

Condições isquêmicas como retinopatia diabética, retinopatia falciforme e oclusões venosas reduzem a amplitude dos potenciais oscilatórios.

Técnica e fases do exame

O exame inicia com período de adaptação ao escuro por 20 minutos e midríase máxima.

- Fase 1: escotópica (escuro). Avalia 3 respostas: **Resposta pura de bastonetes (luz fraca), resposta de cones e bastonetes (luz forte) e registro dos potenciais oscilatórios**.

- Fase 2: fotópica (após adaptação à luz por 10 minutos). Avalia 2 respostas: **Resposta de cones e Flicker (resposta pura de cones)**.

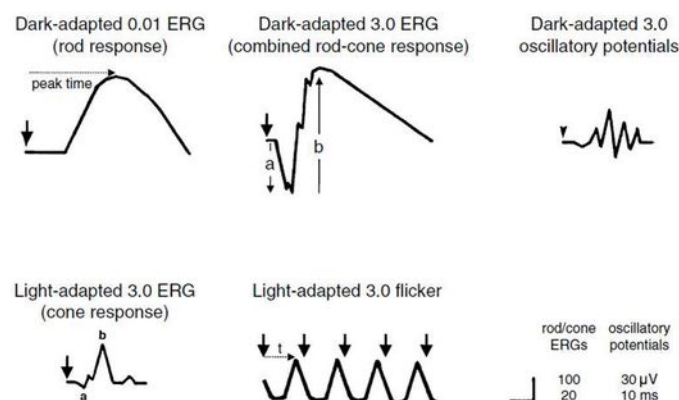


FIGURA 2. Fases do ERG de campo total. Fonte: <http://drackresearch.com/ERG>

Medidas das ondas do ERG

- Latência: tempo transcorrido entre a emissão do estímulo e o início da resposta
- Tempo implícito: tempo transcorrido entre a emissão do estímulo e o pico máximo da resposta.
- Amplitude: pico máximo da onda, medido a partir da linha de base.

Interpretação

- **ERG normal:** onda A (fotorreceptores), onda B e potenciais oscilatórios (Müller, bipolares, amácrinas, interplexiformes e ganglionares) com latência, amplitude e tempo implícito normais.
- **ERG subnormal:** redução da amplitude, aumento da latência e tempo implícito das ondas A e/ou B. Pode envolver todo o traçado em doenças retinianas extensas ou alguma onda específica, refletindo uma alteração localizada em determinada estrutura. As alterações podem predominar no ERG fotópico ou escotópico, sugerindo patologia no sistema de cones ou bastonetes.

- **ERG negativo (questão de prova!):** trata-se de uma subclassificação dentro da classificação de ERG subnormal, na qual ocorre redução da onda B, com preservação da onda A, indicando patologia afetando predominantemente a retina interna. Dentre as causas mais comuns, temos: oclusão de artéria central da retina, oclusão de veia central da retina, retinose juvenil ligada ao X, cegueira noturna estacionária congênita, distrofia miotônica, doença de Oguchi, doença de Behçet, entre outras.
- **ERG extinto:** caracteriza-se pela ausência completa de resposta eletrofisiológica retiniana, devido ao comprometimento profundo e difuso de todas as camadas retinianas. Causas: retinose pigmentar avançada, amaurose congênita de Leber, oclusão de artéria oftálmica, descolamento de retina total.
- **ERG hipernormal:** observa-se ondas com amplitude aumentada, podendo envolver tanto a onda A, quanto a onda B. Causas: hipertireoidismo, distúrbios do cortisol e ACTH, hiperventilação, uso de vasodilatadores e atrofia grave do nervo óptico (por perda do efeito eferente inibitório central).

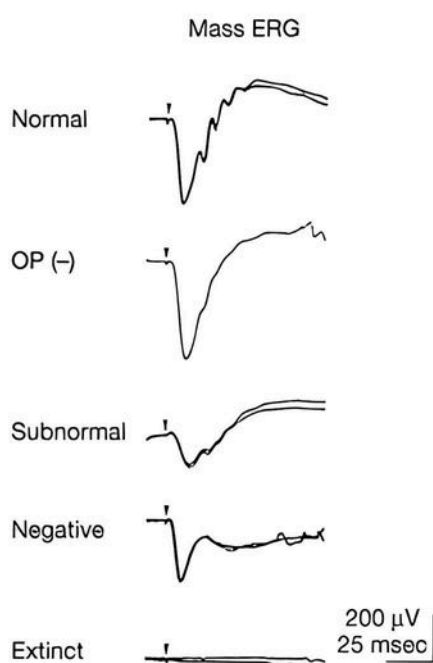


FIGURA 3. Alterações do ERG. Normal, alteração seletiva dos potenciais oscilatórios, subnormal, negativo e extinto. Fonte: <https://radiologykey.com/clinical-electrophysiology/>

Limitação

O ERG de campo total reflete uma resposta global da retina, sendo necessário o envolvimento de áreas extensas para haver alteração da resposta. Desta forma, patologias restritas à mácula comumente não alteram o ERG de campo total.

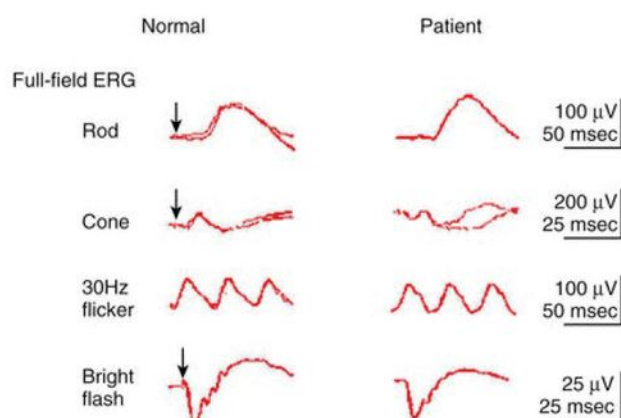
ERG MULTIFOCAL

O ERG multifocal realiza um registro simultâneo de múltiplas áreas da retina. Os estímulos têm formato de hexágono, que mudam de fase e permitem a criação de um mapa de sensibilidade.

Representam principalmente a atividade das células bipolares ON e OFF e células ganglionares, com pequena contribuição dos fotorreceptores. Os erros refrativos devem ser corrigidos durante o exame e a pupila deve ser dilatada.

Avalia os 25 graus centrais, ocorrendo uma redução progressiva da amplitude da resposta do centro em direção à periferia, que acompanha a redução na concentração de cones. A latência também aumenta em direção à periferia.

O ERG multifocal é muito útil na investigação de maculopatias, incluindo distrofias maculares e toxicidade medicamentosa. Pode ser utilizado para comparar a função macular pré e pós cirurgia e na avaliação de pacientes com retinopatia diabética.



Multifocal ERG

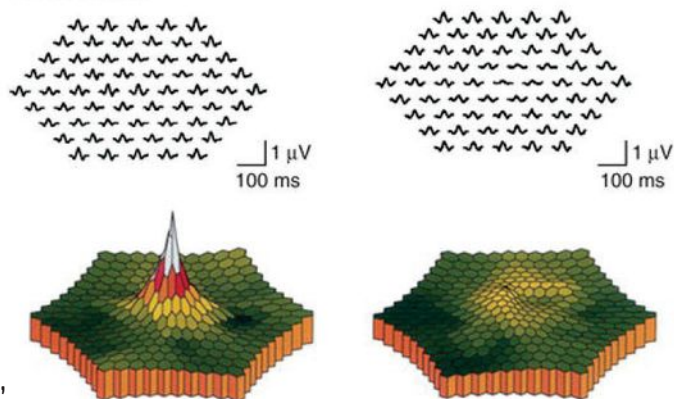


FIGURA 4. Exemplo de ERG multifocal anormal (metade inferior) em paciente com distrofia macular oculta (à direita); à esquerda, paciente com resposta normal, para comparação. Notem como a resposta do eletrorretinograma global (na página anterior) era bem semelhante entre os dois pacientes, por se tratar de patologia exclusivamente macular. Fonte: adaptado de Ryan's Retina, VI edition, 2018, pág 832.

ERG FOCAL

O ERG focal estimula uma área focal retiniana, obtendo respostas de até 3 graus de diâmetro. É utilizado principalmente para avaliar a região foveal e parafoveal, principalmente os **cones maculares**.

Não é afetado por doenças que alteram a camada de células ganglionares e o nervo óptico, podendo ser utilizado para distinção entre maculopatias e neuropatias.

Ex: baixa visual com ERG focal normal é improvável que seja decorrente de maculopatia. O edema macular cistoide é uma exceção, pois o ERG focal é normal em 65% dos casos.

PERG - PATTERN ERG

Registra a resposta elétrica da retina a estímulos estruturados como o "tabuleiro de xadrez".

Avalia as células ganglionares maculares.

- **P50:** componente positivo que ocorre com 50 ms. Deriva das células ganglionares, mas sofre influência de potenciais elétricos oriundos das camadas mais profundas da retina.
- **N95:** componente negativo que ocorre com 95 ms. **Seletivo para células ganglionares.**

Interpretação: **maculopatias - redução dos componentes P50 e N95. Doenças do nervo óptico - redução apenas do componente N95.**

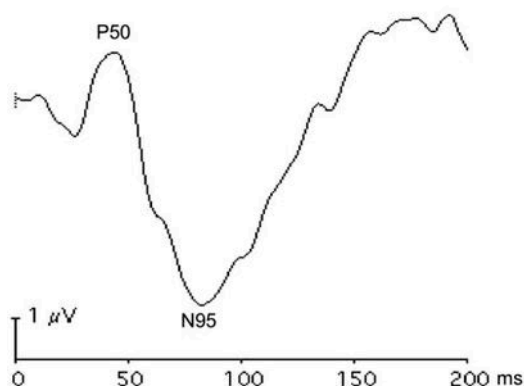
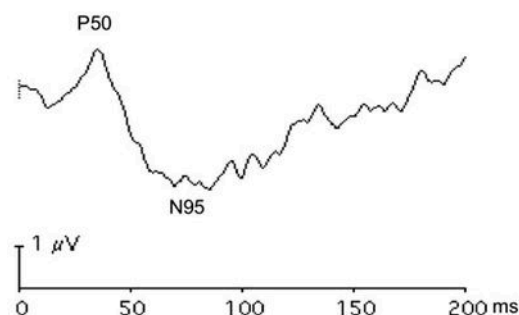


FIGURA 5. PERG com redução do componente N95 em paciente com neuropatia óptica em olho direito (curva superior). A curva inferior representa ao olho esquerdo do mesmo paciente. Fonte: <https://www.reviewofoptometry.com/article/electrodiagnostics-in-todays-practice>

ELETROOCULOGRAMA (EOG)

O eletrooculograma (EOG) avalia o potencial elétrico entre a córnea e o polo posterior do olho. As camadas retinianas mais externas têm potenciais negativos, enquanto as camadas mais internas têm potencial positivo. Esta eletropositividade das camadas mais internas da retina é irradiada para a córnea. O potencial elétrico normal varia entre 2 e 10 mV, com média de 6 mV em repouso.

O potencial elétrico depende da movimentação dos olhos, de modo que o paciente é solicitado a realizar movimentos oculares laterais ao longo do exame. O estímulo luminoso sobre a retina pode alterar este potencial em virtude da alteração da atividade metabólica. O exame é realizado em 2 fases, fotópica e escotópica.

O EOG avalia o potencial transepitelial do EPR, sendo útil para avaliar a função do complexo EPR/Bruch, assim como a interação entre EPR e fotorreceptor.

A amplitude do sinal atinge o mínimo após cerca de 12 minutos de adaptação ao escuro (vale escotópico) e atinge seu pico máximo após cerca de 8 minutos de adaptação à luz (pico fotópico). A razão entre o pico fotópico e o vale escotópico (multiplica-se o resultado por 100 para transformar a razão em porcentagem) recebe o nome de **Índice de Arden**.

- **Índice de Arden normal >185%.**
- **Subnormal: 160-185%.**
- **Anômalo: 160-140%.**
- **Patológico: 140-120%.**
- **Extinto <120%.**

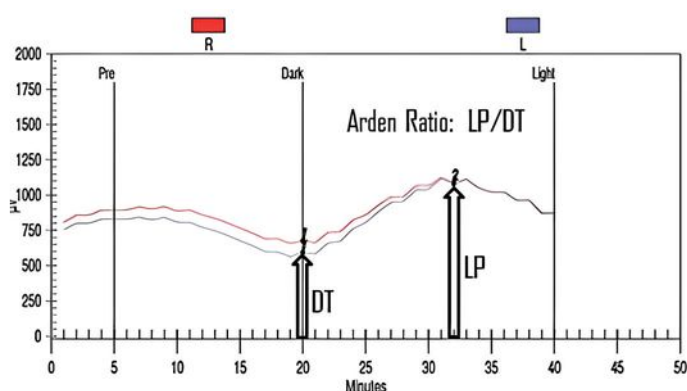


FIGURA 6. Índice de Arden normal. Fonte: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/electrophysiology-comes-to-the-clinic>

Uma das principais utilidades do EOG é o diagnóstico da doença de Best, uma distrofia autossômica dominante, que cursa com ERG normal e EOG severamente reduzido. Portadores da doença de Best apresentam alterações no EOG mesmo com exame fundoscópico normal. A distrofia viteliforme foveomacular do adulto apresenta lesões viteliformes semelhantes à doença de Best, mas apresenta o EOG normal ou com redução apenas leve.

POTENCIAL EVOCADO VISUAL

O PEV avalia o sinal elétrico produzido no córtex cerebral em resposta ao estímulo retiniano. Os eletrodos são posicionados no couro cabeludo da região occipital. O estímulo pode ser um flash de luz ou um estímulo com padrão em "tabuleiro de xadrez". A principal onda avaliada é chamada de **P100**, onda positiva que ocorre após 100 ms.

A principal indicação do PEV em adultos é mostrar atraso na condução do nervo óptico em pacientes com neurite óptica desmielinizante. Estes pacientes exibem atraso no PEV, mesmo após recuperação da acuidade visual. Além disso, O PEV é útil na avaliação da simulação de perda visual, na qual o exame estará normal, apesar dos sintomas relatados pelo paciente. Outra importância do PEV é a avaliação da função visual em crianças.

Um PEV alterado não localiza a lesão, pois ele depende da integridade da retina, nervo óptico e estruturas corticais. Em pacientes com ERG multifocal e PERG normais, mas com PEV alterado, devemos pensar em patologia das vias ópticas.

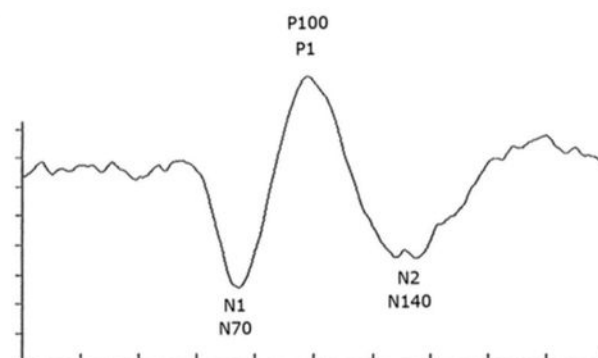


FIGURA 7. PEV padrão reverso. Fonte: <https://webvision.med.utah.edu/book/electrophysiology/visually-evoked-potentials/>

APRENDENDO COM QUESTÕES

CBO 2019

No eletrorretinograma (ERG) a ausência de onda b, com normalidade de onda a, é compatível com:

- A) Hiperventilação.
- B) Maculopatia tóxica por cloroquina.
- C) Obstrução da artéria oftálmica.
- D) Obstrução da artéria central da retina.

Gabarito - D

Comentário: O enunciado descreve o ERG negativo, isto é, com onda A preservada e comprometimento da onda B. Trata-se de um padrão de ERG frequentemente perguntado na prova do CBO. Indica patologia da retina interna e dentre as causas mais comuns, temos: oclusão de artéria central da retina, oclusão de veia central da retina, retinosquise juvenil ligada ao X, cegueira noturna estacionária congênita, distrofia miotônica, doença de Oguchi, doença de Behçet, entre outras. Observem que na obstrução da artéria oftálmica, encontraremos ERG extinto, pois haverá comprometimento tanto da retina interna, quanto da externa.

CBO 2022

A resposta elétrica da célula de Muller está melhor representada pela:

- A) Onda "a" do eletrorretinograma.
- B) Onda "b" do eletrorretinograma.
- C) Onda "c" do eletrorretinograma.
- D) Relação de Arden no eletro-oculograma.

Gabarito - B

Comentário: O eletrorretinograma de campo total registra a resposta elétrica retiniana a um flash de luz. Possui os seguintes componentes:

- Onda A: onda negativa de hiperpolarização dos fotorreceptores. Na fase fotópica representa a atividade elétrica dos cones e na fase escotópica a dos bastonetes. **(A incorreta)**

- Onda B: onda positiva de despolarização das células de Muller, com contribuição da atividade elétrica das células bipolares, horizontais e amácrinas. **(B correta!)**
- Onda C: presente apenas em alguns gráficos e com pouca relevância clínica, é uma onda tardia de hiperpolarização do EPR **(C incorreta)**

O índice de Arden é calculado através do eletro-oculograma utilizando a onda negativa mínima na fase escotópica e a onda positiva máxima na fase fotópica. Esse exame reflete a integridade e a função do EPR e da membrana de Bruch. **(D incorreta)**

CBO 2023

Em qual das alternativas abaixo são apresentadas apenas condições que podem levar à extinção da resposta do eletrorretinograma de campo total?

- A) Retinose pigmentar, amaurose congênita de Leber e neuromielite.
- B) Retinose pigmentar, descolamento total da retina e obstrução da artéria oftálmica.
- C) Hiperventilação, amaurose congênita de Leber e obstrução da artéria oftálmica.
- D) Coloboma de retina, amaurose congênita de Leber e atrofia do nervo óptico.

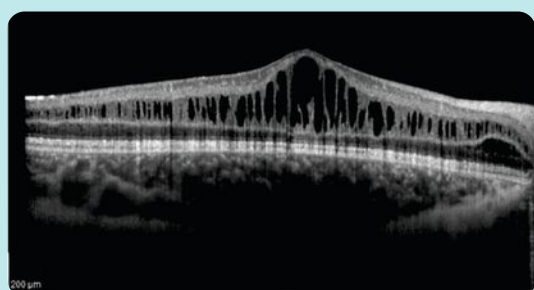
Gabarito - B

Comentário: Questão que inicialmente assusta, por cobrar exemplos de como as doenças se comportam no ERG de campo total. Mas lendo as alternativas com atenção, não há motivo para pânico: basta lembrar que, para ter uma resposta EXTINTA no exame, é preciso haver comprometimento importante de GRANDE PARTE do tecido retiniano, não só de algumas áreas ou camadas específicas. Com isso, já eliminamos alternativas com neuromielite e atrofia de nervo óptico (perda da camada de células ganglionares) e o coloboma de retina (defeito em um setor) **(A e D incorretas)**.

Sobram a B e a C, mas “hiperventilação”, que até pode alterar o ERG (aumentando amplitudes de ondas no exame), jamais entraria como opção para o aluno atento (**C incorreta e B correta!**).

CBO 2023

Paciente masculino, 13 anos, apresenta redução da acuidade visual em ambos os olhos. Na tomografia de coerência óptica (OCT), apresenta a alteração abaixo em ambos os olhos. Qual achado do eletrorretinograma de campo total é mais característico desta doença?



- A) Normal
- B) Redução da amplitude da onda a.
- C) Redução da amplitude da onda b.
- D) Redução da amplitude das ondas b e a.

Gabarito - C

Comentário: Outra questão de 2023 que envolve exames da retina, essa aliando o OCT ao ERG.

A imagem é de uma retinosquise macular. Levando em conta a idade do paciente e a bilateralidade, provavelmente se trata de retinosquise juvenil ligada ao X. Perceba na tomografia de coerência óptica a presença de retinosquise foveal e espaços cistoides ao nível da camada plexiforme externa.

O Eletrorretinograma nesses casos apresenta onda A preservada e onda B reduzida. Este padrão do ERG ocorre porque a separação das camadas retinianas é a nível da retina interna. Lembre-se que a onda A reflete a atividade dos fotorreceptores, que nesse caso não estão alterados, enquanto a onda B corresponde a atividade das células bipolares, de Müller e horizontais (retina interna). O gráfico com onda B negativa é um achado é característico em

alterações que resultem de sofrimento das células da retina interna, como oclusão de artéria central da retina, oclusão de veia central da retina, DUSN e Retinosquise juvenil ligada ao X.

CBO 2024

Paciente de 10 anos apresenta resposta escotópica preservada e resposta fotópica extinta no eletrorretinograma de campo total. Qual o diagnóstico mais provável dentre as alternativas abaixo?

- A) Daltonismo.
- B) Retinose pigmentar.
- C) Amaurose congênita de Leber.
- D) Acromatopsia.

Gabarito - D

Comentário: Questão que menciona ERG de campo total com preservação da resposta escotópica (bastonetes funcionando bem) e resposta fotópica extinta (ausência de função de cones). Vamos tentar avaliar como cada uma das doenças se encaixaria no exame:

A – Daltonismo: aqui alguns cones não funcionam bem, mas não esperaríamos uma resposta extinta na fase fotópica, e sim um resultado subnormal.

B – Retinose pigmentar: as células primariamente afetadas aqui são os bastonetes, o que levaria primeiro a uma alteração na resposta escotópica. Na fase tardia, pode haver extinção de ambas as respostas, mas não exclusiva da fase fotópica.

C – Amaurose congênita de Leber: acometimento grave e precoce de todos os fotorreceptores. O mais comum é a resposta extinta de todo o ERG nas duas fases do exame.

D – Acromatopsia: doença rara que leva à disfunção completa dos cones, o que encaixa perfeitamente na descrição do exame apresentado! Alternativa D correta!

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