



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Ciências da Saúde

Comparação da Campimetria SWAP e Campimetria convencional na Detecção, Análise e Seguimento do Glaucoma

Isabel Maria Costa Rebelo Gomes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Optometria em Ciências da Visão
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Professor Doutor Pedro Miguel Lourenço Monteiro

Covilhã, Setembro de 2016

Dedicatória

À minha Mãe.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Pedro Miguel Lourenço Monteiro a disponibilidade e ajuda durante a elaboração desta dissertação.

Resumo

O glaucoma é uma patologia em que há destruição das células ganglionares da retina, resultando na perda irreversível de campo visual. O diagnóstico precoce é fundamental para iniciar o tratamento e evitar os danos.

A campimetria convencional acromática é a técnica de campimetria mais usada para detectar o glaucoma, mas devido à redundância do sistema visual, não detecta a perda de campo visual antes da destruição de elevado número de células ganglionares.

A campimetria computadorizada de comprimento de onda curto é uma técnica em que são utilizados um fundo amarelo de luminosidade intensa e um estímulo azul de grande diâmetro, para ativar preferencialmente os cones sensíveis ao comprimento de onda curto suprimindo simultaneamente a atividade dos outros fotorreceptores, para isolar e medir a sensibilidade do sistema visual coniocelular, que tem reduzida redundância.

Têm sido publicados muitos estudos comparativos para determinar qual é o melhor teste de campimetria para detectar o glaucoma. Nestes estudos foram obtidos diferentes resultados e conclusões.

Nesta dissertação são revistos aspectos do sistema visual relacionados com a visão das cores e com o glaucoma, analisadas as técnicas de campimetria convencional e de campimetria computadorizada de comprimento de onda curto, estudados fatores que influenciam os resultados de exames campimétricos, e descritos estudos de comparação da campimetria convencional e da campimetria computadorizada de comprimento de onda curto na detecção análise e seguimento do glaucoma.

Palavras-chave

Campimetria computadorizada de comprimento de onda curto, Campimetria convencional acromática, Glaucoma, Via visual coniocelular.

Abstract

Glaucoma is a condition that causes destruction of retinal ganglion cells, resulting in irreversible visual field loss. Early diagnosis is crucial to start treatment and prevent damages.

Standard achromatic perimetry is the most often used perimetry technique to detect glaucoma, but due to the redundancy of the visual system, cannot detect visual function defects before a significant amount of ganglion cells has been lost.

Short wavelength automated perimetry is a technique that uses a high luminance yellow background and a blue stimulus with large diameter to preferentially stimulate the short wavelength sensitive cones and simultaneously suppress the activity of other photoreceptors, to isolate and measure the sensibility of the koniocellular visual pathway, which has reduced redundancy.

Many comparative studies have been published to determine which is the best perimetry test to detect glaucoma. In these studies was obtained different results and conclusions.

In this dissertation are revised aspects of the visual system related to colour vision and glaucoma, are analysed the techniques of standard achromatic perimetry and short wavelength automated perimetry, are studied factors that influence the results of visual field exams, and are described comparison studies of the standard achromatic perimetry and the short wavelength automated perimetry in detection, analysis and monitoring of glaucoma.

Keywords

Short wavelength automated perimetry, Standard automated perimetry, Glaucoma, koniocellular visual pathway.

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Palavras-chave	vii
Abstract	ix
Keywords	ix
Índice	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xv
Lista de Acrónimos	xvii
1 Introdução	1
2 Sistema visual e glaucoma	3
2.1 Meios oculares	3
2.2 Transmissão da informação da retina até ao cérebro	3
2.2.1 Os fotorreceptores	4
2.2.2 As células ganglionares e as vias visuais paralelas	6
2.2.3 A visão das cores	9
2.3 Glaucoma	10
2.3.1 Perda de células ganglionares da retina	11
2.3.2 Técnicas utilizadas na análise do glaucoma	12
3 Campimetria	13
3.1 Campimetria convencional acromática (SAP)	13
3.1.1 Definição e princípios psicofísicos	13
3.1.2 Parâmetros ótimos para a SAP	14
3.2 Campimetria computadorizada de comprimento de onda curto (SWAP)	15
3.2.1 Campimetria de função visual específica	15
3.2.2 Definição	16
3.2.3 Princípios psicofísicos	16
3.2.3.1 Procedimento de limiar de incremento de duas cores	16
3.2.3.2 Sensibilidades espectralis dos cones na SAP e na SWAP	17
3.2.3.3 Curva de limiar-versus-intensidade para a SWAP	18
3.2.3.4 Isolamento	20
3.2.4 Parâmetros ótimos para a SWAP	20
3.2.5 Critérios para avaliar o exame SWAP	22
3.2.6 Comparação dos parâmetros utilizados na SAP e na SWAP	23

4 Fatores que influenciam o resultado de exames campimétricos	25
4.1 Absorção fisiológica da luz azul dentro do olho	25
4.1.1 Meios refrativos	25
4.1.2 Absorção da luz pelo pigmento macular	25
4.2 Alterações relacionadas com a idade	26
4.2.1 Sensibilidade retiniana	26
4.2.2 Densidade do cristalino	26
4.3 Erro refrativo	27
4.4 Efeito de aprendizagem	28
4.5 Efeito de fadiga	29
4.6 Flutuação a curto prazo	29
4.7 Flutuação a longo prazo	29
4.8 Perdas de fixação	30
4.9 Variabilidade entre indivíduos	30
4.10 Assimetria do campo visual	30
4.11 Os mapas de escala de cinzentos	31
4.12 Algoritmos de campimetria	34
4.12.1 Algoritmos de limiar completo	34
4.12.2 SITA	35
4.12.3 SITA FAST	36
4.12.4 SWAP SITA	36
5 Estudos comparativos da SAP e da SWAP na análise do glaucoma	39
5.1 Influência do tamanho do estímulo	39
5.2 Influência da espessura corneal no glaucoma	40
5.3 O efeito do glaucoma na área macular	40
5.4 Detecção do glaucoma	41
5.5 Progressão do glaucoma	47
5.6 Correlação entre danos estruturais e campos visuais	48
5.7 Tabelas de comparação de estudos	51
6 Conclusão	59
Bibliografia	63

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura do olho e organização das células da retina.

Figura 2 - Imagem com falsa cor do mosaico dos fotorreceptores.

Figura 3 - As células ganglionares anãs, parasol e pequenas biestratificadas.

Figura 4 - As vias visuais paralelas da retina até ao córtex visual primário.

Figura 5 - Gráficos da sensibilidade espectral dos três tipos de cones na SAP e na SWAP.

Figura 6 - Curva de limiar-versus-intensidade para a SWAP.

Figura 7 - Distribuições espectrais do estímulo e do fundo utilizados na SWAP.

Figura 8 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho direito de um paciente com hipertensão ocular, examinado com a SAP.

Figura 9 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho direito de um paciente com hipertensão ocular, examinado com a SWAP.

Figura 10 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho esquerdo de um paciente com glaucoma primário de ângulo aberto, examinado com a SAP.

Figura 11 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho esquerdo de um paciente com glaucoma primário de ângulo aberto, examinado com a SWAP.

Figura 12 - Exemplo de mapas de escala de cinzentos, de diferentes algoritmos, para o mesmo olho.

Figura 13 - Exemplo de uma sequência de campos visuais SAP e SWAP, de um paciente com hipertensão ocular, durante 5 anos.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características das vias visuais paralelas parvocelular, magnocelular e coniocelular.

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros utilizados para a SAP e para a SWAP.

Tabela 3 - Estudos sobre a influência do tamanho do estímulo.

Tabela 4 - Estudo sobre a influência da espessura corneal no glaucoma.

Tabela 5 - Estudo sobre o efeito do glaucoma na área macular.

Tabela 6 - Estudos sobre a detecção do glaucoma.

Tabela 7 - Estudos sobre a progressão do glaucoma.

Tabela 8 - Estudos sobre a correlação entre danos estruturais e campos visuais.

Lista de Acrónimos

EPR	Epitélio pigmentar da retina
LOCS	Lens opacities classification system
NGL	Núcleo geniculado lateral
PIO	Pressão intraocular
SAP	Standard automated perimetry
SITA	Swedish interactive thresholding algorithm
SWAP	Short wavelength automated perimetry

1 Introdução

O glaucoma é uma patologia ocular, potencialmente progressiva, em que há destruição das células ganglionares da retina e correspondente perda de campo visual. (1) O diagnóstico precoce do glaucoma é fundamental para iniciar o tratamento e evitar os danos, que são irreversíveis e podem causar cegueira. (2,3)

A campimetria convencional acromática (SAP) é a técnica de campimetria mais usada para detectar o glaucoma (4), mas devido à redundância do sistema visual, só detecta os defeitos campimétricos quando já foi perdido um número elevado de células ganglionares, (5-7) por isso foram feitas muitas investigações para desenvolver novos testes psicofísicos capazes de detectar precocemente a perda da função visual no glaucoma. (8)

A campimetria computadorizada de comprimento de onda curto (SWAP) é uma técnica de campimetria de função visual específica em que são utilizados um fundo amarelo de luminosidade intensa e um estímulo azul de grande diâmetro, para ativar preferencialmente os cones sensíveis ao comprimento de onda curto suprimindo simultaneamente a atividade dos outros fotorreceptores, para isolar e medir a sensibilidade do sistema visual coniocelular, que tem reduzida redundância. (9-12)

Esta dissertação tem como objetivo comparar a campimetria SWAP e a campimetria SAP na detecção, análise e seguimento do glaucoma.

No capítulo 2 é feita uma revisão da anatomia e da fisiologia do sistema visual: formação da imagem sobre a retina pelos meios refrativos do olho, tipos de fotorreceptores, transmissão da informação da retina até ao cérebro através das vias visuais paralelas, e visão das cores. É descrito o glaucoma, são analisadas hipóteses para explicar o padrão de perda dos diferentes tipos de células ganglionares da retina, e enumeradas técnicas de diagnóstico de danos estruturais e funcionais.

No Capítulo 3 são analisadas as técnicas de campimetria SAP e SWAP: definições, descrição dos princípios psicofísicos e comparação dos parâmetros ótimos utilizados nestes dois tipos de campimetria.

No Capítulo 4 são estudados vários fatores que podem influenciar o resultado de exames campimétricos: absorção fisiológica da luz azul no olho pelos meios refrativos e pigmento macular, alterações relacionadas com a idade na sensibilidade retiniana e na densidade do

cristalino, erro refrativo, efeitos de aprendizagem e de fadiga, flutuações a curto e a longo prazo, perdas de fixação, variabilidade entre indivíduos, assimetria do campo visual, a interpretação dos mapas de escala de cinzentos e o tipo de algoritmos utilizados na campimetria.

No capítulo 5 são descritos estudos comparativos da SAP e da SWAP para determinar qual é o melhor teste para detetar e monitorar o glaucoma, publicados em revistas científicas.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões desta dissertação, com base nos resultados e nas conclusões dos estudos descritos.

2 Sistema visual e glaucoma

2.1 Meios oculares

A visão começa com a formação da imagem sobre a retina. A imagem é formada pelos meios refrativos do olho: córnea, humor aquoso, cristalino e corpo vítreo. (13)

A córnea é a estrutura mais anterior do olho. É constituída por cinco camadas: epitélio, membrana de Bowman, estroma, membrana de Descemet e endotélio. A córnea é o meio refrativo ocular com maior potência refrativa (40D). (13,14)

O humor aquoso preenche a câmara anterior e a câmara posterior do olho. A câmara anterior do olho situa-se entre a superfície posterior da córnea e as superfícies anteriores do cristalino e da íris. A câmara posterior situa-se entre a superfície posterior da íris e a superfície anterior do corpo vítreo. O humor aquoso fornece nutrientes à córnea e ao cristalino que são avasculares, e exerce pressão no interior do globo ocular, para que este mantenha a sua forma, e para que as camadas neuronais da retina estejam em contacto com o epitélio pigmentar da retina. (13,14)

O cristalino é uma estrutura em forma de lente biconvexa. É o meio refrativo do olho com a segunda maior potência refrativa (20D). O cristalino tem capacidade de acomodação o que permite aumentar a potência refrativa do olho. Com o aumento da idade o cristalino pode perder a transparência, o que conduz à formação de catarata e perda de acuidade visual. Na cirurgia de catarata o cristalino é retirado do olho e é substituído por uma lente intraocular. (13-15)

O corpo vítreo é uma substância gelatinosa, transparente e avascular, que se situa entre o cristalino e a retina, e que ocupa grande parte do volume do globo ocular. O corpo vítreo fornece nutrientes e suporte estrutural à retina. (13-15)

2.2 Transmissão da informação da retina até ao cérebro

Os fotorreceptores são células da retina, que reagem à energia luminosa transformando-a em energia elétrica. Os fotorreceptores comunicam por sinapses com as células bipolares, que por sua vez, comunicam por sinapses com as células ganglionares. Também há sinapses com outros tipos de células, como as células horizontais e as células amácrinas, responsáveis pela transmissão horizontal de informações entre células da retina. [Figura 1] (13,16)

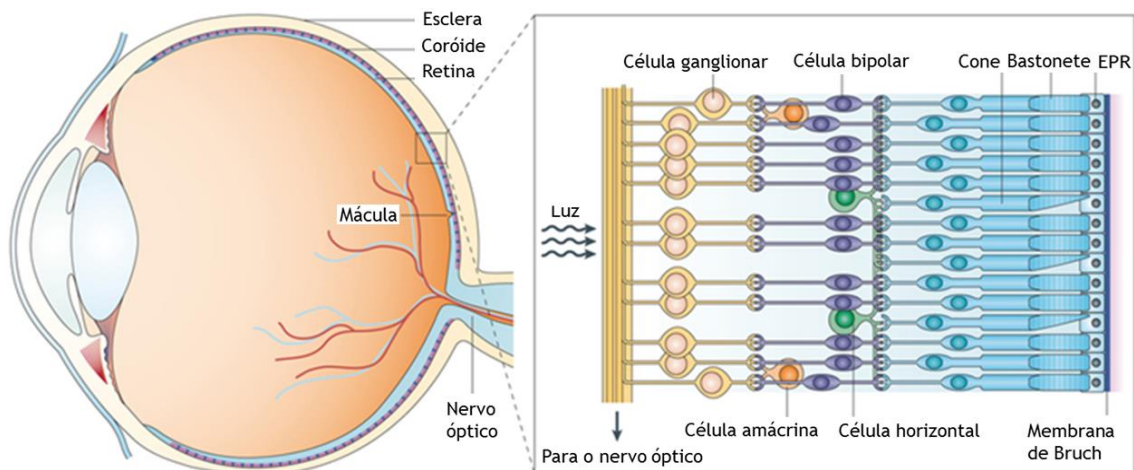


Figura 1 - Estrutura do olho e organização das células da retina. (17)

Os axónios das células ganglionares constituem a camada de fibras nervosas da retina, e prolongam-se para o exterior do olho, formando os nervos ópticos. A informação transmitida pelos axónios das células ganglionares da retina dirige-se para os núcleos geniculados laterais. O núcleo geniculado lateral é uma estrutura constituída por seis camadas: duas camadas ventrais magnocelulares e quatro camadas dorsais parvocelulares. As áreas entre estas seis camadas chamam-se regiões interlaminares coniocelulares. (13,18)

Os axónios das células ganglionares da retina ligam-se por sinapse com neurónios dos núcleos geniculados laterais. Os axónios destes neurónios dirigem-se para o córtex visual estriado, região também chamada área visual I (V1), córtex visual primário ou área de 17 de Brodmann. Das células do córtex visual estriado prolongam-se axónios para áreas corticais visuais mais próximas que conjuntamente constituem o córtex visual extra-estriado. A partir do córtex visual extra-estriado, há axónios que ligam a uma grande diversidade de áreas corticais envolvidas na interpretação de informação visual, relacionando a informação recebida pela visão com a informação recebida pelos outros sentidos e com a memória. (13,18)

2.2.1 Os fotorreceptores

Os fotorreceptores possuem um segmento interno e um segmento externo. O segmento interno e o segmento externo estão ligados por uma fina ligação ciliar. O segmento externo dos fotorreceptores consiste em estruturas de tipo disco. Dentro destes discos existe um fotopigmento que absorve luz, convertendo-a em atividade elétrica. (13,16)

A sensibilidade espectral de um fotorreceptor é a sensibilidade do fotorreceptor à luz em função do comprimento de onda. Cada fotorreceptor tem uma sensibilidade espectral específica, que é determinada pela probabilidade de absorção dos quanta de luz pelo respetivo fotopigmento

em função do comprimento de onda. Em cada curva de sensibilidade espectral há um pico de sensibilidade máxima à luz num determinado ponto do espectro eletromagnético. Os quanta desse comprimento de onda têm a maior probabilidade de absorção pelo fotopigmento. (13)

Existem dois tipos principais de fotorreceptores: bastonetes e cones. Os bastonetes contêm um fotopigmento chamado rodopsina. Os bastonetes permitem ver em condições de muito pouca iluminação, visão escotópica, que se caracteriza por uma elevada sensibilidade à luz, baixa de acuidade visual e ausência de percepção de cor. Os bastonetes também contribuem para a visão mesópica, que ocorre em condições de média iluminação. (13,16) Os bastonetes não contribuem para a visão fotópica. Quando o olho é exposto a elevados níveis de luminância, os bastonetes saturam, deixando de ser capazes de responder ao aumento da intensidade luminosa do estímulo. (19)

Os cones permitem ver em condições de elevada iluminação, visão fotópica, que se caracteriza por baixa sensibilidade à luz, mas que permite excelente acuidade visual (20/20 ou maior) e discriminação de cor. Os cones também contribuem para a visão mesópica. (13,16) Existem três tipos de cones: os cones-S, os cones-M e os cones-L. Os cones-S são mais sensíveis à luz de comprimento de onda curto, com o máximo de sensibilidade aproximadamente a 440 nm, na região do azul. Os cones-S têm o fotopigmento cianolabe. Os cones-M são mais sensíveis à luz de comprimento de onda médio, com o máximo de sensibilidade entre 530 e 540 nm, na região do verde. Os cones-M têm o fotopigmento clorolabe. Os cones-L são mais sensíveis à luz de comprimento de onda longo, com o máximo de sensibilidade entre 560 nm e 580 nm, na região do vermelho. Os cones-L têm o fotopigmento eritrolabe. (8,13)

A amostragem ou densidade espacial dos cones-S na retina é inferior à dos outros fotorreceptores. Os cones-S constituem 5-10% do mosaico dos cones e distribuem-se de uma forma *quasi-regular* na maior parte da retina, o que contrasta com a distribuição aleatória dos cones-M e dos cones-L [Figura 2]. Na área central da fóvea não há cones-S. A distribuição dos cones-S na retina tem densidade espacial máxima de cerca de 2000 células mm^{-2} , no limite da periferia da fóvea. Os cones-S têm uma densidade espacial semelhante à das células ganglionares biestratificadas, por toda a retina. Através da frequência espacial do mosaico dos cones-S é possível prever a acuidade espacial, em toda a retina, para estímulos que sejam detetados apenas pelos cones-S. O limite de Nyquist para o mosaico dos cones-S é de 7-8 ciclos grau⁻¹. Quando o olho está focado para comprimentos de onda médios, o foco para comprimentos de onda curtos, para os quais os cones-S são mais sensíveis, está no vítreo e não na retina, o que dá origem a uma aberração cromática de cerca de -1 dioptria. Devido a esta aberração cromática, quando o olho está em condições de visão normais, o extremo do espectro visível na região dos comprimentos de onda curtos está desfocado. (20)

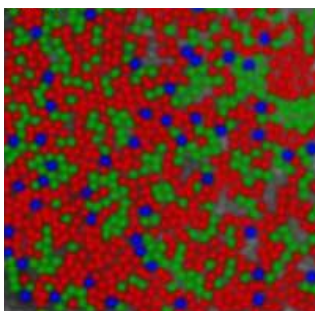


Figura 2 - Imagem com falsa cor do mosaico dos fotorreceptores na excentricidade 1,25° nasal. Os pontos a azul são cones-S, os pontos a verde são cones-M e os pontos a vermelho são cones-L. (21)

2.2.2 As células ganglionares e as vias visuais paralelas

Existem muitos tipos de células ganglionares. (16) Os três tipos mais numerosos de células ganglionares são: as células ganglionares anãs, as células ganglionares parasol, e as células ganglionares pequenas biestratificadas. [Figura 3] (8)

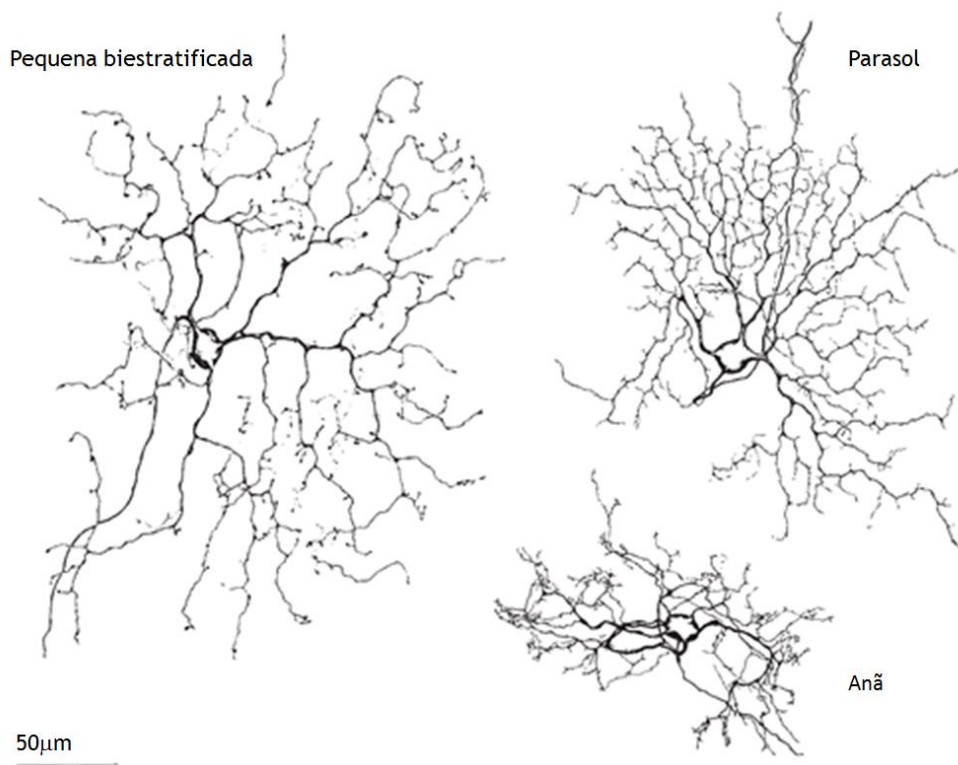


Figura 3 - As células ganglionares anãs, parasol e pequenas biestratificadas. (22)

Cada um destes três tipos de células ganglionares comunica por uma de três vias visuais paralelas, que são as vias visuais retinogeniculadas parvocelular, magnocelular e coniocelular, que transmitem informação sobre diferentes aspectos da imagem que incide sobre a retina. (8)

Na via retinogeniculada parvocelular as células ganglionares anãs constituem aproximadamente 80% das células ganglionares da retina. As células ganglionares anãs respondem preferencialmente a estímulos com baixas frequências temporais e altas frequências espaciais. Os axônios das células ganglionares anãs fazem sinapse com a células-P do núcleo geniculado lateral nas quatro camadas dorsais parvocelulares. A via retinogeniculada parvocelular codifica a acuidade visual central e a visão da cor vermelho-verde. [Figura 4] (13,23)

Na via retinogeniculada magnocelular as células ganglionares parasol são cerca de 10% das células ganglionares da retina. As células ganglionares parasol respondem preferencialmente a estímulos com altas frequências temporais e baixas frequências espaciais. Os axônios das células ganglionares parasol fazem sinapse com as células-M do núcleo geniculado lateral nas duas camadas ventrais magnocelulares. A via retinogeniculada magnocelular codifica a percepção do movimento, a sensibilidade ao contraste e a percepção de intensidade luminosa. [Figura 4] (13,23)

Na via retinogeniculada coniocelular as células ganglionares pequenas biestratificadas são aproximadamente 9% das células ganglionares da retina. Os axônios das células ganglionares pequenas biestratificadas fazem sinapse com as células-K do núcleo geniculado lateral nas regiões interlaminares coniocelulares. A via retinogeniculada coniocelular codifica a visão da cor azul-amarelo. [Figura 4] (13,22,24-26)

As vias visuais paralelas continuam separadas depois do núcleo geniculado lateral, e comunicam a sua informação a diferentes camadas do córtex estriado. [Figura 4] (18)

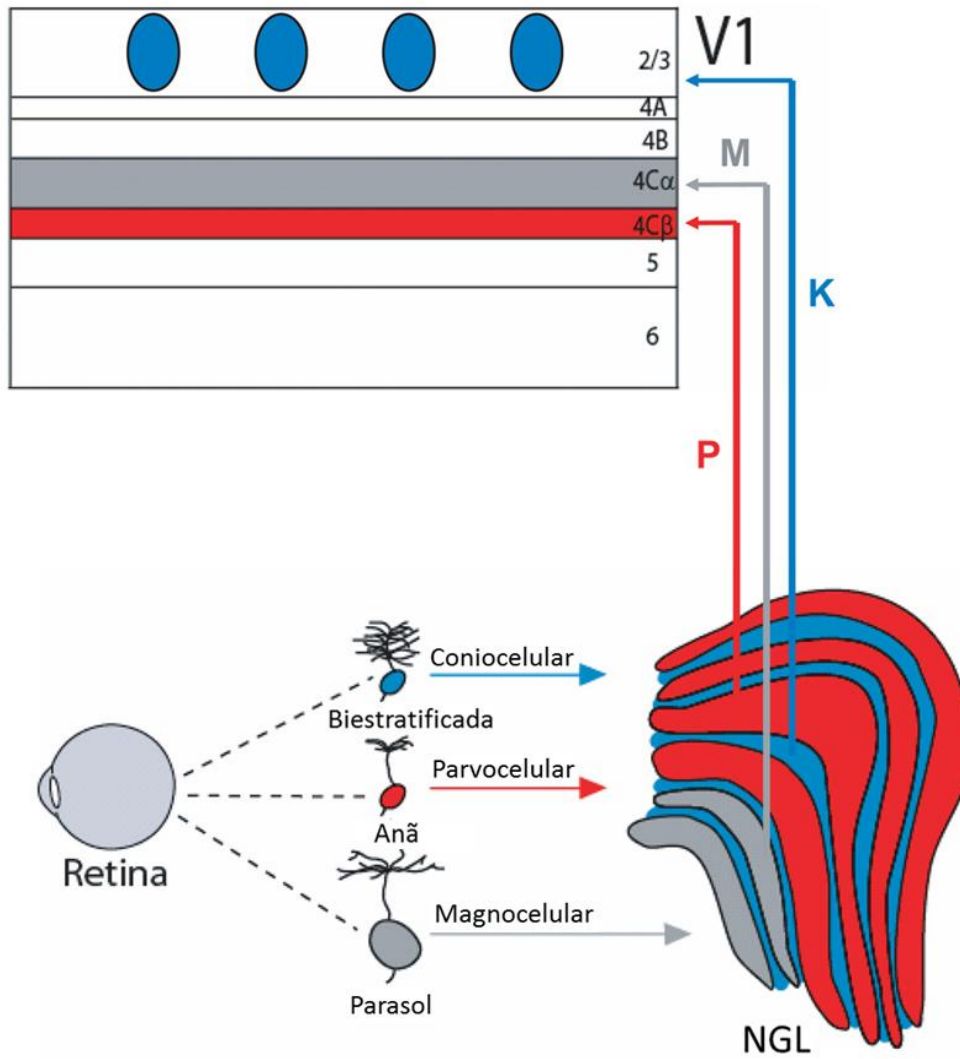


Figura 4 - As vias visuais paralelas da retina até ao córtex visual primário. (27)

Via retinogeniculada	Parvocelular	Magnocelular	Coniocelular
Tipo de células ganglionares	Anãs	Parasol	Pequenas biestratificadas
Porcentagem das células ganglionares	80%	10%	9%
Localização no núcleo geniculado lateral	Quatro camadas dorsais	Dois camadas ventrais	Regiões interlaminares
Células do núcleo geniculado lateral	Células-P	Células-M	Células-K
Informação transmitida	Baixas frequências temporais Altas frequências espaciais Acuidade visual central Visão da cor vermelho-verde	Altas frequências temporais Baixas frequências espaciais Percepção do movimento Sensibilidade ao contraste Percepção da intensidade luminosa	Visão da cor azul-amarelo

Tabela 1 - Características das vias visuais paralelas parvocelular, magnocelular e coniocelular. (8,13)

2.2.3 A visão das cores

A visão das cores começa com a ativação diferencial dos três tipos de cones. Os sinais elétricos provenientes dos cones são transmitidos por tipos de células bipolares específicas desses cones para as células ganglionares da retina. As células ganglionares responsáveis pela codificação da cor podem dividir-se em duas principais classes fisiológicas: as células oponentes verde-vermelho (células ganglionares anãs) e as células oponentes azul-amarelo (células ganglionares pequenas biestratificadas ou células blue-ON). As células ganglionares oponentes vermelho-verde recebem informação antagonista dos cones-M e dos cones-L. As células ganglionares pequenas biestratificadas recebem informação dos cones-S em oposição à

informação combinada dos cones-M e dos cones-L. A informação dos cones-S é excitatória e é recebida através das células bipolares dos cones-S. A informação dos cones-M e dos cones-L é inibitória e é recebida através das células bipolares-off. (22,24,28)

2.3 Glaucoma

O glaucoma é uma patologia ocular de etiologia multifatorial, em que há uma neuropatia óptica clinicamente característica, potencialmente progressiva, em que existem alterações do disco óptico que incluem estreitamento do anel neuroretiniano com aumento da escavação devido a neurodegeneração dos axónios das células ganglionares da retina, deformação da lâmina crivosa, e correspondente perda de campo visual difusa e localizada segundo um padrão relacionado com os feixes de fibras nervosas. (1)

São fatores de risco para o desenvolvimento de glaucoma a pressão intraocular elevada, idade avançada, história familiar de glaucoma, diabetes, miopia (29), espessura reduzida no centro da córnea (30-31), elevada relação escavação/disco vertical e horizontal (30) e valores elevados no desvio padrão da forma da campimetria. (30,32)

O diagnóstico precoce do glaucoma é fundamental para iniciar o tratamento e evitar danos estruturais e funcionais. Os danos causados por glaucoma são irreversíveis. (2) Sem tratamento adequado o glaucoma pode causar cegueira. (3)

As primeiras alterações visuais no glaucoma são o aumento da variabilidade das respostas nas áreas que posteriormente vão desenvolver escotomas, ou uma ligeira assimetria da sensibilidade à luz entre os dois olhos. Depois podem desenvolver-se escotomas paracentrais. Os escotomas terminam na linha média horizontal porque seguem a distribuição das fibras nervosas retinianas. Os escotomas superiores e inferiores à linha média horizontal não são coincidentes. Com a progressão podem surgir outros tipos de escotoma, como por exemplo, degrau nasal de Roenne e cunha temporal. Os escotomas arqueados formam-se a partir da união dos escotomas paracentrais. Os escotomas arqueados podem estender-se até à área de Bjerrum, e depois formar o escotoma de Seidel e escotoma em anel. (29)

Existem vários tipos de glaucoma. (29) O glaucoma classifica-se como glaucoma secundário se há uma patologia ocular ou sistémica que justifique o aumento da pressão intraocular, e classifica-se como glaucoma primário quando existe isoladamente e não se encontra nenhuma alteração evidente que possa causar aumento da pressão intraocular. (1,29) O glaucoma classifica-se como glaucoma de ângulo fechado se existe contacto anatómico iridotrabecular no ângulo iridocorneal, e classifica-se como glaucoma de ângulo aberto se o contacto anatómico iridotrabecular no ângulo iridocorneal não se verifica. (1,29) O glaucoma primário de ângulo aberto é um tipo de glaucoma crónico, com ângulo iridocorneal aberto, PIO>21 mmHg, sem alteração evidente que justifique o aumento de pressão intraocular e com início

na idade adulta. (29,33) O glaucoma de pressão normal é um tipo de glaucoma semelhante ao glaucoma primário de ângulo aberto, mas com $PIO < 21$ mmHg. (29) O glaucoma pediátrico pode ser primário (glaucoma primário congênito ou glaucoma juvenil de ângulo aberto) ou secundário. (29,34)

A pressão intraocular é determinada pelo equilíbrio entre a taxa de secreção e de drenagem do humor aquoso. (29) A pressão intraocular normal da população geral situa-se entre 11 mmHg e 21 mmHg. Quando os valores de pressão intraocular são superiores a 21 mmHg mas não são detetados outros sinais de neuropatia óptica glaucomatosa considera-se que existe hipertensão ocular. (1,29) A pressão intraocular elevada é um fator de risco muito importante para o desenvolvimento de glaucoma. (3,29)

A redução da pressão intraocular é o tratamento para todas as formas de glaucoma, mesmo para o glaucoma de pressão normal. (1) A pressão intraocular pode ser reduzida por tratamento com medicamentos que diminuem a produção de humor aquoso ou facilitam a drenagem do humor aquoso através da malha trabecular, com tratamentos com laser como por exemplo trabeculoplastia, iridoplastia, iridotomia, cicloablação com laser de diodo, ou com diversos procedimentos de cirurgia incisional de glaucoma como por exemplo trabeculectomia ou implantação de dispositivos de drenagem. (33,29)

2.3.1 Perda de células ganglionares da retina

Existem três hipóteses para explicar o padrão de perda das diferentes células ganglionares da retina no glaucoma: dano seletivo de uma determinada subpopulação de células ganglionares, todas as células ganglionares igualmente danificadas, ou diferentes olhos afetados de diferentes formas. (35)

Segundo a hipótese de dano seletivo, uma subpopulação específica de células ganglionares é mais rapidamente afetada pelo glaucoma do que outras. (6)

Segundo outra hipótese todas as células ganglionares são igualmente danificadas, por isso nenhuma via visual específica é mais vulnerável do que a outra. (36-38)

Olhos com hipertensão ocular, olhos com suspeita de glaucoma ou olhos com glaucoma recentemente diagnosticado podem ter várias alterações funcionais de visão: sensibilidade ao contraste, visão das cores, sensibilidade Flicker e deteção de movimento. (38) Podem ser detetadas perdas de campo visual no glaucoma inicial com vários tipos de perimetria de função visual específica. (37) Foram observadas alterações degenerativas provocadas pelo glaucoma nas vias visuais magnocelular, parvocelular e coniocelular, no núcleo geniculado lateral. (39)

Uma outra hipótese defende que, nem todos os olhos com glaucoma são afetados da mesma forma, o que significa que, nenhum subtipo de células ganglionares é sempre afetado primeiro. Pode haver diferenças entre indivíduos. Determinada subpopulação de células ganglionares pode ser afetada primeiro em alguns pacientes e outra subpopulação de células ganglionares pode ser afetada primeiro em outros pacientes. (11,12,40)

Existe uma sobreposição no local de perda de campo visual no glaucoma, quando mais do que uma função é afetada (quando mais do que um tipo de perimetria revela danos). Esta sobreposição é esperada em olhos com danos conhecidos no nervo óptico, mas está presente mesmo em olhos com hipertensão ocular, campo visual acromático normal e discos ópticos sem alterações. Isto implica que uma determinada localização da retina é afetada primeiro em determinado olho, apesar da perda visual poder afetar algumas funções visuais primeiro do que outras nessa localização. (2,11)

O glaucoma provoca lesões nas células ganglionares da retina mas também nos núcleos geniculados laterais. Estas alterações estão relacionadas com a pressão intraocular e com a gravidade da lesão do nervo óptico. O glaucoma também causa alterações no córtex visual primário. (39)

2.3.2 Técnicas utilizadas na análise do glaucoma

O diagnóstico do glaucoma baseia-se na tonometria, gonioscopia, na observação de danos estruturais do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina, e em medições da função visual. (2,29)

Existem várias técnicas para observar os danos estruturais do glaucoma: estereofotografia do disco óptico, tomografia confocal de varrimento laser, polarimetria de varrimento laser, e tomografia de coerência óptica. (29) As técnicas que se baseiam em medições estruturais têm a vantagem de não depender da resposta do paciente e, portanto, serem objetivas. (35)

As técnicas utilizadas para medir a perda da função visual permitem observar a correspondência entre danos estruturais e perda de visão. (41) As técnicas usadas para medir a perda de visão são: a eletrorretinografia multifocal (42), os potenciais evocados visuais (43,44) e a campimetria (45). Há potenciais evocados visuais com estímulo de padrão preto e branco, e também, com estímulo de padrão azul e amarelo para examinar a via visual coniocelular. (43,44)

A campimetria é a técnica indispensável que permite detetar a perda de campo visual e a sua progressão. Os testes de campimetria têm, no entanto, a desvantagem de serem testes subjetivos dependendo das respostas do paciente. (45) Os testes de campimetria são utilizados para detetar todos os tipos de perda de campo visual, de qualquer causa. (9)

3 Campimetria

A campimetria ou perimetria é a técnica de avaliação do campo visual. (9)

A campimetria pode ser cinética ou estática. Na campimetria cinética é apresentado um estímulo com intensidade constante, que se desloca a uma velocidade constante, de uma zona em que não é visível para uma zona em que é visível. O paciente deve indicar quando vê o estímulo. Na campimetria estática são apresentados estímulos nas diversas localizações do campo visual. Em cada localização são apresentados estímulos de várias luminosidades. O paciente deve indicar os estímulos que vê. A campimetria estática é o tipo de campimetria mais utilizado. (29)

A campimetria pode ser supralimiar ou limiar. Na campimetria supralimiar são apresentados estímulos de luminância superior aos valores de limiar normais esperados para a idade, para comprovar se o paciente os consegue ver. Este tipo de campimetria costuma ser usado em rastreios. Na campimetria limiar são determinados os valores exatos do limiar em todos os pontos do campo visual. A campimetria limiar é o tipo de campimetria que se utiliza para o estudo do glaucoma. (29)

As campimetrias SAP e SWAP são tipos de campimetria estática e limiar. (9)

Há vários tipos de algoritmos de campimetria para determinar os limiares, como por exemplo os algoritmos de limiar completo, algoritmos de limiar interativo sueco, perimetria de orientação tendencial e estimativa vigorosa de teste sequencial. (46)

As redes de Amsler e a confrontação são técnicas rápidas de avaliação qualitativa do campo visual. A técnica de confrontação permite detetar defeitos de campo visual muito extensos e de grande magnitude como as hemianopsias. A técnica das redes de Amsler permite avaliar os 10° centrais do campo visual. As técnicas de confrontação e das redes de Amsler não substituem o exame com um perímetro. (9)

3.1 Campimetria convencional acromática (SAP)

3.1.1 Definição e princípios psicofísicos

A campimetria convencional acromática, denominada em inglês standard automated perimetry (SAP), é a campimetria mais utilizada para deteção e monitorização do glaucoma.

Muitas das estratégias para a detecção do glaucoma foram inicialmente desenvolvidas para a SAP ou só estão disponíveis na SAP. (4)

A SAP baseia-se no contraste de Weber ($\Delta L/L$), em que L é a luminância. (47) A SAP mede a capacidade do olho para detetar um aumento na intensidade luminosa em cada local do campo visual. (4)

A SAP não é seletiva para um tipo específico de células ganglionares. Todas as células ganglionares podem responder a estímulos acromáticos apresentados num fundo acromático. (12) Os defeitos de campo visual são detetados pela SAP apenas quando já foi perdido um número elevado de células ganglionares. (5-7) Podem ser perdidas entre 35% e 50% das células ganglionares da retina antes da SAP detetar um defeito de campo visual no glaucoma. (48)

Uma hipótese para explicar esta grande perda de células ganglionares antes de defeitos campimétricos evidentes, é existir elevada redundância no sistema visual. Um estímulo campimétrico projetado para uma determinada localização da retina ativa muitas células ganglionares. Mesmo que algumas células estejam mortas, outras células próximas podem ser ativadas pelo estímulo. (6)

3.1.2 Parâmetros ótimos para a SAP

Na SAP o estímulo de teste deve ser branco. (4)

Habitualmente utiliza-se 9,5 V para a fonte de luz do estímulo de teste. (49)

O tamanho do estímulo utilizado regularmente na SAP é o tamanho III de Goldmann, mas os outros tamanhos de estímulo também estão disponíveis nos perímetros. Os tamanhos mais pequenos são mais sensíveis para a detecção do glaucoma, mas os maiores permitem avaliar pacientes com menor sensibilidade à luz. (4) O maior tamanho, Goldmann V, é usado no caso de glaucoma avançado, porque não tem um aumento significativo na variabilidade em áreas afetadas do campo visual, como acontece no estímulo de tamanho III de Goldmann. (50)

O tempo de apresentação do estímulo deve ser de 200 ms. (51)

Na campimetria SAP o fundo do perímetro deve ser branco. (4) Na campimetria SAP deve ser usado um fundo com luminância de 31,5 asb, que corresponde aproximadamente a 10 cd/m². (9,52)

3.2 Campimetria computadorizada de comprimento de onda curto (SWAP)

3.2.1 Campimetria de função visual específica

Como a SAP não é muito sensível para a detecção da perda de campo visual no glaucoma inicial, foram feitas muitas investigações para desenvolver novos testes psicofísicos capazes de detectar mais cedo a perda da função visual no glaucoma. (8) Ao contrário da perimetria convencional que testa todas as funções visuais, cada teste de perimetria de função visual específica tenta isolar uma determinada subpopulação de células ganglionares para avaliar uma função visual que depende da informação que é transmitida por esse subtipo de células. (12).

Existem diversos testes de perimetria de função visual específica: campimetria computadorizada de comprimento de onda curto, perimetria de tecnologia de duplicação de frequência, perimetria de resolução passa alto, perimetria de movimento, perimetria de Flicker e perimetria pulsar. (9,45,53)

Segundo a hipótese do dano seletivo, a vantagem da campimetria de função visual específica pode explicar-se por testar uma subpopulação específica de células ganglionares que é precocemente afetada. Como parte desse tipo específico de células já está danificada, já não responde ao estímulo de teste, portanto a resposta é inferior. Outras subpopulações de células ganglionares podem estar funcionais, mas não podem contribuir para a detecção desse tipo de estímulo. (54)

Segundo a hipótese da reduzida redundância, a vantagem da campimetria de função visual específica pode explicar-se por testar uma subpopulação específica de células ganglionares com menor amostragem e reduzida redundância do sistema visual. Quando um estímulo de teste é apresentado num determinado local do campo visual, mesmo que na correspondente área da retina a perda de células ganglionares dessa população não seja ainda muito elevada, a pequena amostragem dessa subpopulação não permite que outras células ganglionares dessa subpopulação respondam ao estímulo. Outras subpopulações de células ganglionares não podem responder a esse tipo específico de estímulo. (36,37,54)

O que determina a redundância de uma via visual é o campo perceptivo, principalmente a área de completa somação espacial, ou área de Ricco. Dentro da área de Ricco, o produto da área do estímulo e do contraste do limiar é constante. O tamanho da área de Ricco depende da densidade de células ganglionares, da área do campo dendrítico das células ganglionares e do campo recetivo das células ganglionares. (28)

3.2.2 Definição

A campimetria computadorizada de comprimento de onda curto, denominada em inglês short wavelength automated perimetry (SWAP) é uma campimetria de função visual específica que têm como objetivo isolar e medir a sensibilidade da via visual coniocelular. Na SWAP um estímulo azul ativa os cones-S, e um fundo de amarelo de luminosidade intensa adapta os cones-M e os cones-L e suprime a atividade dos bastonetes. (9)

A capacidade de detecção precoce do glaucoma pela SWAP pode explicar-se pela escassa amostragem dos cones-S e das células ganglionares pequenas biestratificadas, e consequente reduzida redundância da via visual coniocelular. (10-12)

A ideia para o teste SWAP surgiu do conhecimento de que o glaucoma causa discromatopsias, que podem existir na fase inicial e também em pacientes com hipertensão ocular sem defeitos de campo visual do tipo glaucomatoso na SAP. (28,55-59) As discromatopsias do eixo azul-amarelo (do tipo tritan) são as mais comuns nos pacientes com glaucoma e hipertensão ocular. (57,59)

A SWAP, tal como a SAP, baseia-se no contraste de Weber ($\Delta L/L$), em que L é luminância. (47)

A SWAP tem sido utilizada para diagnosticar e monitorar a perda de campo visual causada por glaucoma, mas também por retinopatia diabética, degeneração macular relacionada com a idade e outras patologias neuro-oftalmológicas e retinianas. (60-68)

3.2.3 Princípios psicofísicos

3.2.3.1 Procedimento de limiar de incremento de duas cores

Dá-se a denominação geral de limiar de incremento, à medida do limiar de um estímulo de teste, em relação a um estímulo condicionado ou fundo a que o estímulo de teste é adicionado. (69) Considera-se limiar se o estímulo tem possibilidade de detecção de 50%. (70)

No caso do estímulo de teste e do fundo terem a mesma composição espectral, a quantidade medida, que corresponde ao limiar de incremento, pode chamar-se limiar de intensidade. Se o fundo tem intensidade zero, o limiar de intensidade medido chama-se limiar de intensidade absoluto. No caso do fundo ter intensidade diferente de zero, o limiar de intensidade medido chama-se limiar de intensidade diferencial. (69) Podemos alterar a composição cromática e a luminosidade tanto do estímulo de teste como do estímulo condicionado. (69,70)

Cada mecanismo de visão da cor pode considerar-se com sendo uma associação de determinados tipos de fotorreceptores que ocorre em algum local do sistema visual. (70)

Stiles descobriu uma forma de, por métodos psicofísicos, isolar e medir a sensibilidade dos mecanismos individuais de visão da cor. (69,70) Adiciona-se um pequeno estímulo de teste monocromático de comprimento de onda λ a um fundo monocromático uniforme de comprimento de onda μ e intensidade M_μ que se estende pela área de teste (procedimento de limiar de incremento de duas cores). (70) Se todas as outras variáveis experimentais possíveis, como por exemplo: o tamanho e o tempo de apresentação do estímulo de teste, ângulos de incidência na retina do teste e estímulo condicionado, forem mantidas constantes, o incremento do limiar de $N\lambda$ (a menor intensidade de estímulo perceptível do teste), será uma função das três variáveis: a composição espectral do estímulo de teste, a composição espectral do estímulo condicionado e a intensidade luminosa do estímulo condicionado. (70) Reduz-se a sensibilidade dos mecanismos de visão das cores usando o fundo (estímulo condicionado) para adaptação cromática do olho, sendo depois possível medir a sensibilidade do restante mecanismo de visão das cores por meio de um estímulo cromático, de banda estreita de frequências, centrado no pico de sensibilidade desse mecanismo. (70)

Os mecanismos de visão das cores foram denominados, por Stiles, mecanismos π . De acordo com a terminologia de Stiles, π_0 refere-se à sensibilidade do sistema de bastonetes, π_1 , π_2 e π_3 são mecanismos de sensibilidade a comprimentos de onda curtos (azul), π_4 é o mecanismo sensibilidade a comprimentos de onda médios (verde), e π_5 é o mecanismo de sensibilidade a comprimentos de onda longos (vermelho). (70)

A SWAP utiliza o procedimento de limiar de incremento de duas cores (51) para isolar o mecanismo π_1 , o principal mecanismo de sensibilidade ao comprimento de onda curto, que corresponde aos cones-S. (56) O mecanismo π_4 corresponde aos cones-M e mecanismo π_5 corresponde aos cones-L. (56)

3.2.3.2 Sensibilidades espectrais dos cones na SAP e na SWAP

A [Figura 5] mostra dois gráficos da sensibilidade em função do comprimento de onda do estímulo (sensibilidade espectral) para os três tipos de cones. Nestes gráficos, a composição cromática e a luminosidade do fundo são constantes. Em cada ponto de cada função está representada a sensibilidade de determinado tipo de cone para um estímulo do comprimento de onda indicado no respectivo ponto do eixo das abcissas. O gráfico à esquerda corresponde à SAP e a todas as condições normais de visão, e o gráfico à direita corresponde à SWAP. Em ambos os gráficos, as funções representadas nas linhas contínuas azul, verde e vermelha correspondem às curvas de sensibilidades espectrais respectivamente dos cones-S, dos cones-M e dos cones-L, e a linha tracejada vertical azul indica o pico de sensibilidade do mecanismo de comprimento de onda curto. A sensibilidade é medida numa escala logarítmica. (56,71)

A percepção da cor branca, como o fundo do perímetro da SAP, resulta da estimulação proporcional dos três tipos de cones. (8)

Nas condições normais de visão, que são as que se verificam na presença do fundo branco com a luminosidade 10 cd/m² da SAP, os cones-M e os cones-L são mais sensíveis do que os cones-S, mesmo para o estímulo de teste de 440 nm que é o pico de sensibilidade dos cones-S. [Figura 5] (56)

A luz que é percebida como amarela resulta da estimulação dos cones-L e dos cones-M, mas não dos cones-S. (8)

Na SWAP, é apresentado no perímetro um fundo amarelo com luminosidade intensa, que adapta os cones-M e os cones-L, e que satura os bastonetes, o que faz com que estes três tipos de fotorreceptores fiquem menos sensíveis do que os cones-S a comprimentos de onda de 440 nm, e consequentemente, os cones-S sejam os únicos fotorreceptores a detetar o estímulo de teste, permitindo que a sensibilidade do mecanismo de visão de comprimento de onda curto dos cones-S seja isolado e medido. [Figura 5] (8,49,51,56)

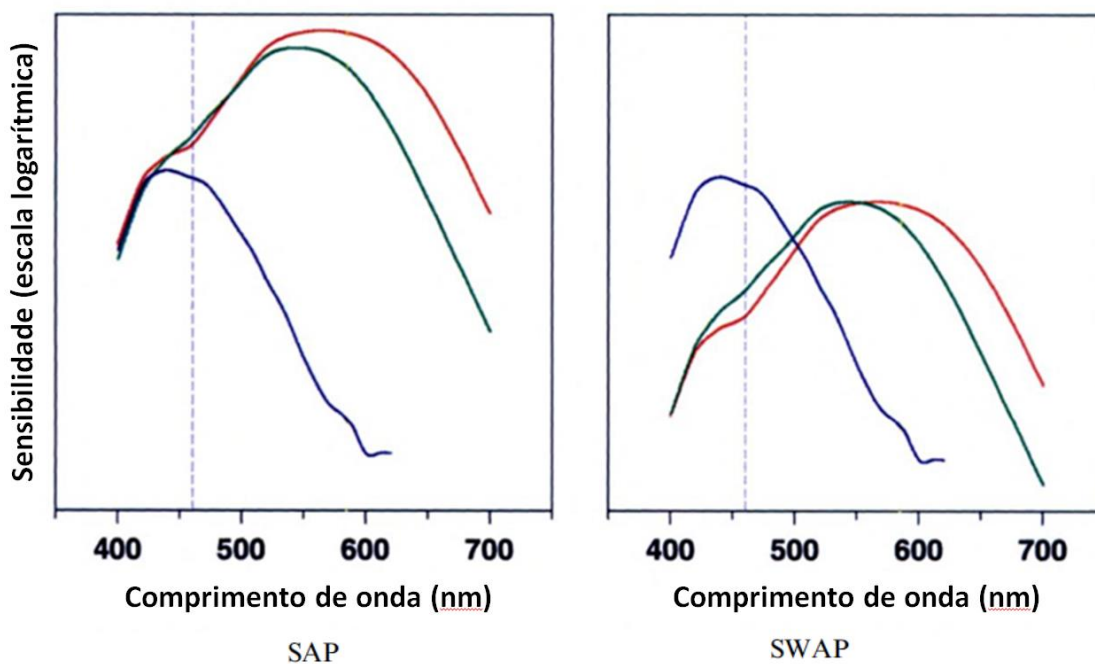


Figura 5 - Gráficos da sensibilidade espectral dos três tipos de cones na SAP e na SWAP. (71)

3.2.3.3 Curva de limiar-versus-intensidade para a SWAP

As curvas de limiar-versus-intensidade são uma representação gráfica do limiar de deteção do estímulo, em função da intensidade do fundo (estímulo condicionado). Determinam-se usando o procedimento de limiar de incremento de duas cores. A cromaticidade do estímulo e do

fundo são mantidas constantes. Neste caso a cromaticidade do estímulo de teste e a cromaticidade do fundo que são utilizadas para a SWAP. A luminância do fundo vai sendo aumentada e o limiar do estímulo de teste para cada luminância de fundo pode então ser medido. As curvas de limiar-versus-intensidade utilizam-se para determinar a sensibilidade dos vários mecanismos visuais (mecanismos π), em diferentes estados de adaptação. Para obter as curvas de limiar em função da intensidade para o mecanismo de comprimento de onda curto ($\pi 1$), após 30 minutos de adaptação ao escuro é medido o limiar, e em seguida repete-se a medida a vários níveis de luminosidade gradualmente crescente de fundo amarelo. O estímulo de teste de comprimento de onda curto é inicialmente detetado pelos bastonetes ($\pi 0$) e em seguida pelo mecanismo dos cones-M ($\pi 4$). Continuando a aumentar a intensidade da luminosidade do fundo, a detecção do estímulo passa para o mecanismo dos cones-S ($\pi 1$). (56,69,70) A [Figura 6] mostra o gráfico do limiar em função da intensidade do fundo para uma localização excêntrica, que foi determinado com os parâmetros utilizados para a SWAP. (56)

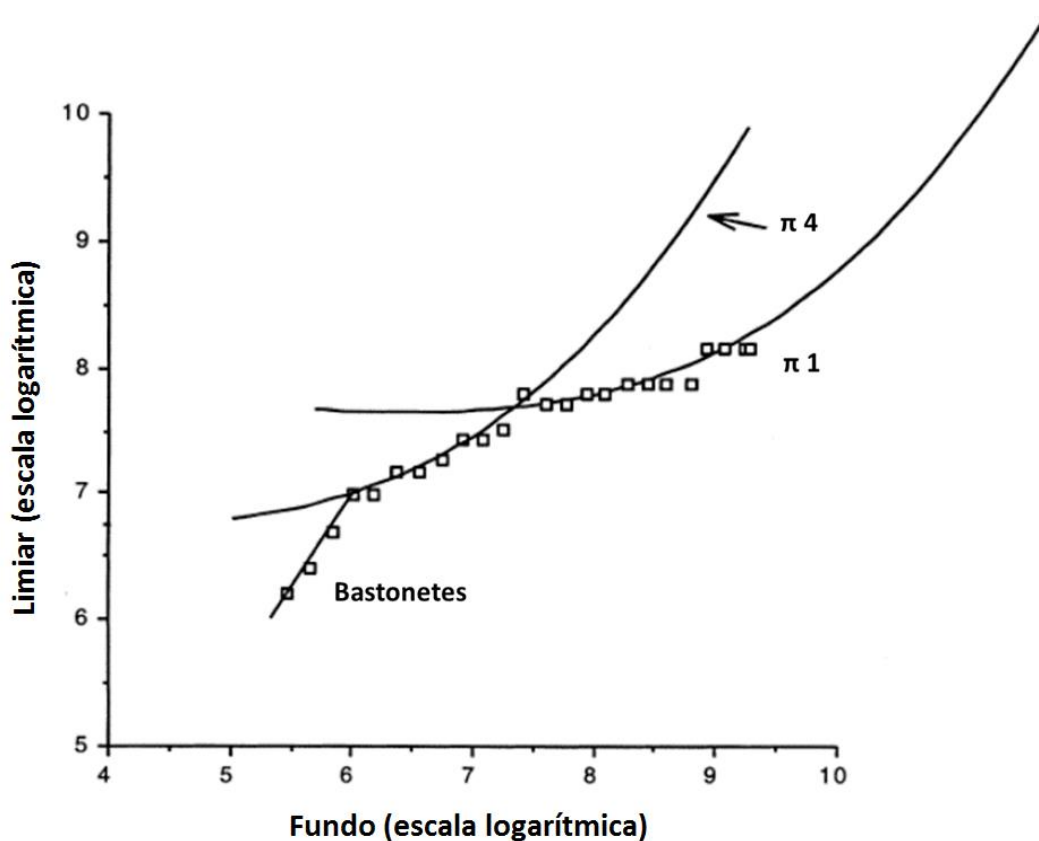


Figura 6 - Curva de limiar-versus-intensidade para a SWAP. (56)

3.2.3.4 Isolamento

O isolamento do mecanismo sensível ao comprimento de onda curto dos cones-S é a detecção exclusiva de um estímulo de teste por este mecanismo. (72)

No gráfico da SWAP na [Figura 5] pode observar-se o isolamento da via visual dos cones-S para o estímulo de 440 nm, que corresponde à diferença entre a sensibilidade dos cones-S e a sensibilidade dos cones-M para um estímulo deste comprimento de onda. (56)

Na SWAP, com os parâmetros recomendados, pode conseguir-se cerca de 1,5 unidades logarítmicas (15 dB) de isolamento antes de haver uma detecção do estímulo pela via visual dos cones-M. (51)

O isolamento diminui com o aumento da excentricidade. (73)

O isolamento dos cones-S é mantido para a SWAP, mesmo em áreas do campo visual em que o paciente com glaucoma tem perda moderada de sensibilidade na SAP (até 14 dB de profundidade do defeito). (72)

Em clínica, a quantidade de isolamento é muito importante porque determina a medida da magnitude de um defeito que é medido pela via visual dos cones-S. Se a profundidade do defeito excede a magnitude do isolamento, a resposta já não é mediada apenas pela via dos cones-S. (10)

Os pacientes que na SAP têm áreas de campo visual com perda avançada de sensibilidade também podem ser examinados com a SWAP, mas não há benefício na utilização desta técnica, porque outros cones além dos cones-S detetam o estímulo, portanto, já não é só a via visual dos cones-S que está a ser analisada. (10,72,74)

3.2.4 Parâmetros ótimos para a SWAP

Na escolha dos parâmetros ideais para o teste SWAP pretendeu-se otimizar o isolamento dos cones-S, o intervalo de luminâncias do perímetro e a mínima absorção do estímulo azul pelos meios refrativos oculares. (10)

O estímulo de teste deve ter uma distribuição espectral com pico de transmissão de 440 nm (azul) para maximizar a detecção pelos cones-S, e uma banda estreita de distribuição espectral com 27 nm de meia-largura de banda. [Figura 7] Se a meia-largura de banda for muito grande ocorre o efeito de desvio de pico de comprimento de onda ao examinar olhos com catarata avançada. Se a meia-largura de banda for muito pequena não permite a passagem de luz suficiente o que diminui o intervalo de luminâncias do perímetro e vai impedir o teste de olhos com glaucoma avançado. (49,73)

Deve usar-se 13 V para a fonte de luz do estímulo de teste, em vez dos 9,5 V usados na SAP, para aumentar o intervalo de luminâncias do perímetro. O filtro azul da luz de estímulo deve ter elevada transmitância. (49)

O tamanho de estímulo recomendado é o tamanho V de Goldmann, para maximizar a somação espacial. (51,75)

O tempo de apresentação do estímulo deve ser o mesmo que o da SAP, 200 ms, para maximizar a somação temporal. (51) Este tempo é suficiente para permitir o isolamento dos cones-S, mas não tão longo que os pacientes movam os olhos para o estímulo ou que o exame de perimetria se torne muito demorado. (49,75)

O fundo deve ter uma luminância de 100 cd/m². Esta luminância proporciona isolamento e intervalo de luminâncias do perímetro suficientes, é confortável para o paciente e não necessita arrefecimento do sistema. (49)

A distribuição espectral do fundo amarelo, deve ser de banda larga aproximadamente de 500 nm a 700 nm [Figura 7] com um filtro Schott OG-530 coberto com um material de difusão. (49,56)

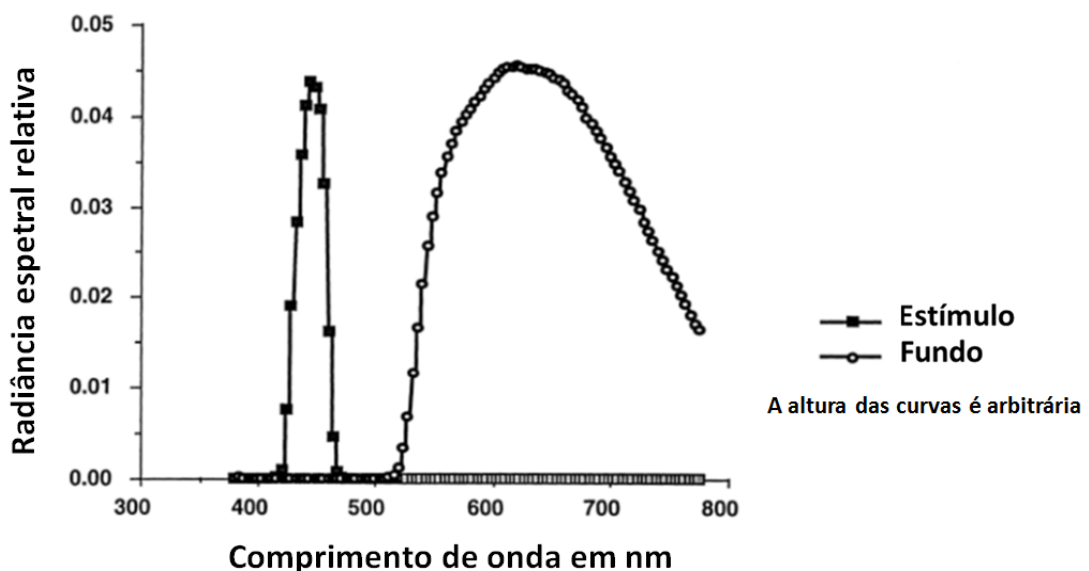


Figura 7 - Distribuições espectrais do estímulo e do fundo utilizados na SWAP. (56)

É desejável que um perímetro tenha o máximo intervalo de luminâncias possível para que seja possível apresentar estímulos com luminâncias de muitas magnitudes. (10) Uma limitação da SWAP para avaliar os danos elevados do glaucoma é o seu menor intervalo de luminâncias do perímetro em relação à SAP. (72)

3.2.5 Critérios para avaliar o exame SWAP

Polo et al. fizeram um estudo em 2001, para determinar os critérios ótimos para avaliar o exame SWAP, com base nos mapas de probabilidade, para distinguir os olhos normais e os olhos com glaucoma. Foram examinados com SWAP e fotografias da camada de fibras nervosas da retina 95 olhos com glaucoma de 66 pessoas, e 128 olhos normais de 128 pessoas. Os olhos incluídos no grupo normal tinham $PIO < 21$ mmHg e SAP normal, e os olhos incluídos no grupo de glaucoma tinham $PIO > 21$ mmHg e alterações na camada de fibras nervosas da retina. Não foi considerado o resultado da SAP no grupo de olhos com glaucoma. Concluiu-se que o critério ótimo para considerar como resultado de glaucoma no exame SWAP é a presença de agrupamentos de quatro pontos mais baixos do que $P < 5\%$ ou agrupamentos de três pontos $P < 1\%$. Este critério permite a melhor combinação possível de sensibilidade e especificidade. (76)

Johnson et al. publicaram um estudo em que determinaram critérios para a detecção de perda de campo visual glaucomatoso na SAP e na SWAP. Foram estudados três grupos: 348 olhos normais de 348 pessoas, para estabelecer bases de dados normativas e programas de análise estatística para SAP e SWAP, 94 olhos normais de 47 pessoas para 4 anos de avaliação longitudinal para determinar a especificidade de diferentes critérios, e 479 olhos de 298 pacientes com pressão intraocular elevada ($PIO > 22$ mmHg) e campos visuais SAP normais no início do estudo, para determinar a sensibilidade de diferentes critérios para a detecção de perda de campo visual glaucomatoso. Concluiu-se que critérios baseados no teste do hemis-campo do glaucoma, agrupamentos de pontos fora dos limites normais no teste do hemis-campo do glaucoma, e desvio padrão da forma, proporcionam alta sensibilidade e especificidade na detecção de glaucoma. (77)

3.2.6 Comparação dos parâmetros utilizados na SAP e na SWAP

Tipo de perimetria	SAP	SWAP
Representação esquemática		
Tamanho do estímulo:		
Escala de tamanhos de Goldmann	III	V
Diâmetro (graus)	0,47°	1,8 °
Cor do estímulo	Branco	Azul
Duração do estímulo (ms)	200	200
Máxima intensidade do estímulo		
(cd/m ²)	3183	20,6
(asb)	10000	65
Cor do fundo	Branco	Amarelo
Intensidade do fundo:		
(cd/m ²)	10	100
(asb)	31,5	315

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros utilizados para a SAP e para a SWAP. (8,51,53)

4 Fatores que influenciam o resultado de exames campimétricos

4.1 Absorção fisiológica da luz azul dentro do olho

4.1.1 Meios refrativos

Os meios refrativos oculares e o pigmento macular atuam como filtros fisiológicos, absorvendo parte da luz de curto comprimento de onda que entra no olho. Para interpretar os resultados do teste SWAP, deve separar-se a diminuição de sensibilidade causada pela diminuição da intensidade da luz azul ao atravessar o olho da real perda de sensibilidade devida ao glaucoma. (78)

4.1.2 Absorção da luz pelo pigmento macular

O estímulo azul da SWAP é pelo absorvido pigmento macular, o que causa uma redução da sensibilidade medida na fóvea e regiões parafoveais. (78)

Wild et al., em 1995, examinaram 46 pessoas com visão normal e concluíram que a absorção pelos meios refrativos oculares e pigmento macular para um estímulo azul de 460 nm (pico de absorção do pigmento macular) e fundo amarelo de 330 cd/m² foi de aproximadamente 0,80 unidades logarítmicas na fóvea, e de 0,40 unidades logarítmicas a 5,5° de excentricidade. (78)

A magnitude da absorção do pigmento macular pode ser reduzida pela utilização de um filtro no estímulo azul com um pico de transmissão de comprimentos de onda inferiores ao pico de absorção do pigmento macular, como é o caso do estímulo habitual da SWAP, com o pico de transmissão do filtro de 440 nm. (78)

O efeito de absorção pelo pigmento macular não é muito importante para detecção e monitorização do glaucoma com os programas 24-2 e 30-2, mas é importante no programa 10-2 que tem 30 locais de estímulo dentro de 5° de excentricidade. (10,78)

Tal como a absorção pelos meios refrativos oculares, a absorção pelo pigmento macular pode ser ignorada por análise estatística. (78)

4.2 Alterações relacionadas com a idade

4.2.1 Sensibilidade retiniana

Johnson et al., em 1988, mediram a sensibilidade da via visual sensível ao comprimento de onda curto, ao longo do campo visual central de 30° em ambos os olhos, de 62 voluntários com visão normal, entre as idades de 20 e 72 anos. Concluíram que a sensibilidade média dos cones-S diminui com a idade, cerca de 0,15 unidades logarítmicas por década. A redução de sensibilidade foi aproximadamente linear, com um decréscimo ligeiramente maior depois da idade de 50 anos. A redução de sensibilidade da via visual dos cones-S relacionada com a idade é maior em função do aumento da excentricidade. Medidas da absorção pelos meios de refração oculares, revelaram que de 30% a 40% da perda de sensibilidade relacionada com a idade pode ser atribuída a reduções na transmissão da luz de curto comprimento de onda pelos meios refrativos. Depois de correções da perda de transmissão pelos meios refrativos, a diminuição da sensibilidade das vias visuais dos cones-S devido à idade foi de cerca de 0,09 unidades logarítmicas por década. (79)

4.2.2 Densidade do cristalino

O aumento da densidade do cristalino tem um efeito de diminuição difusa da sensibilidade do campo visual. (80,81)

Moss et al., em 1995, examinaram com testes SAP e SWAP, um olho, de cada uma de 40 pessoas com visão normal entre os 60 e os 81 anos de idade, e de 20 pacientes com catarata com idades semelhantes. Como resultados, obteve-se que, a catarata diminuiu a sensibilidade média em todos os pacientes, tanto na SAP como na SWAP. A magnitude da perda de sensibilidade média dependeu do grau e do tipo de catarata. Os resultados da SWAP foram mais afetados pela catarata subcapsular posterior. Os resultados da SAP foram mais afetados pela catarata cortical anterior. A perda de sensibilidade aumentou com o aumento da classificação da catarata no sistema LOCS III. (81)

Para determinar a influência da catarata visualmente significativa sobre o resultado de exames perimétricos, Kim et al., em 2001, compararam os resultados da SAP e da SWAP, antes e depois da cirurgia de catarata com implantação de lente intraocular, em um olho de cada um de 22 pacientes com catarata, mas sem qualquer outra patologia ocular. Todos os olhos estudados tinham catarata classificada como grau III ou superior pelo sistema LOCS II. Como resultado, obteve-se que, o desvio médio melhorou com a cirurgia de catarata, para os dois tipos de perimetria. A melhoria do desvio médio foi de -6,88 dB para -3,36 dB ($P < 0,0001$) para a SAP, e de -12,22 dB para -3,64 dB ($P < 0,0001$) para a SWAP. A média da diferença entre o desvio médio antes e depois da cirurgia da catarata foi significativamente maior na SWAP

($8,58 \pm 3,96$ dB, $P < 0,0001$) do que na SAP ($3,52 \pm 2,69$ dB, $P < 0,0001$). A alteração no desvio médio foi maior na SWAP do que na SAP por um fator de 2,4 vezes. (82)

É necessário considerar a absorção da luz pelo cristalino ao analisar o desvio médio resultante da SWAP em pacientes com glaucoma e catarata. (81,82)

Sample et al. estudaram o efeito da densidade do cristalino na SWAP, em 100 olhos saudáveis, em 53 olhos com suspeita de glaucoma, e em 95 olhos com glaucoma. Com o teste de hemi-campo para o glaucoma obteve-se sensibilidade de 81% e especificidade de 82% para valores da SWAP corrigidos para a densidade do cristalino, e sensibilidade de 76% e especificidade de 90% para valores da SWAP não corrigidos para a densidade do cristalino. (80)

Sample et al. concluíram que não é necessário medir a densidade do cristalino para fazer a campimetria SWAP, se for utilizada análise estatística que permita uma estimativa de perda de sensibilidade do campo visual causada pela absorção. Esta conclusão foi muito importante, porque não sendo necessária a medição da densidade do cristalino foi possível reduzir o tempo de teste em 40 minutos. (80)

4.3 Erro refrativo

Os erros refrativos diminuem a sensibilidade à luz medida nos testes perimétricos. (9,83,84) O efeito de perda de sensibilidade à luz é maior na miopia do que na hipermetropia. (84) Este efeito de perda de sensibilidade à luz aumenta com o aumento do erro refrativo, e diminui com o aumento da excentricidade e com o aumento do tamanho do estímulo de teste. (9,83,85)

Os resultados da SWAP não são significativamente afetados pela desfocagem causada por erros refrativos até 3,00 D. O pouco efeito da desfocagem nos resultados da SWAP pode explicar-se pela baixa densidade dos cones-S na retina, e conseqüentemente, baixo limite de Nyquist do sistema dos cones-S, (86,87) e também pelo grande tamanho do estímulo Goldmann V. (28)

Herse et al. recomendam compensar apenas as grandes magnitudes de erro refrativo. (86) Alguns investigadores recomendam que a compensação refrativa para a SWAP, deve ser aproximadamente uma dioptria mais negativa do que a necessária para a SAP, devido à aberração cromática do olho. (9,71)

4.4 Efeito de aprendizagem

O efeito de aprendizagem é um aumento na sensibilidade e uma diminuição da variabilidade na flutuação a curto prazo, que ocorrem devido à experiência que cada pessoa examinada em sucessivos testes de perimetria vai adquirindo. (88,89)

A aparência do campo visual nos exames iniciais pode resultar em sobreavaliação da gravidade da perda real de campo visual. (89)

O efeito de aprendizagem pode neutralizar a influência da progressão do glaucoma no teste campimétrico, e fazer com que o examinador subestime a deterioração do campo visual do paciente durante o tempo em que o efeito de aprendizagem ocorre, o que dificulta a detecção e monitorização de glaucoma progressivo. (88)

O efeito de aprendizagem é específico para cada tipo de campimetria. Pessoas com experiência em fazer testes campimétricos também demonstram efeito de aprendizagem quando são examinadas com outros tipos de teste. O efeito de aprendizagem ocorre quando pessoas com experiência em fazer testes SAP começam a fazer testes SWAP. (89,90) Quando um paciente com experiência na SAP começa a ser examinado com a SWAP, pode aparentemente existir uma perda de campo visual mais profunda ou mais ampla com a SWAP comparada com a SAP, devido à inexperiência com a SWAP. (89)

Gardiner et al., em 2008, estudaram 160 olhos de 80 pacientes com suspeita de glaucoma ou com glaucoma inicial. Os pacientes foram testados anualmente durante 8 anos com a SAP e com a SWAP. Ambos os testes foram realizados utilizando o programa 24-2. Para a SAP foi utilizado o algoritmo de limiar completo para os anos 1 a 4, e o algoritmo SITA para os anos 5 a 8. Para a SWAP, foi utilizado sempre o algoritmo de limiar completo. Para a SAP, a média da sensibilidade média aumentou 0,5 dB durante o primeiro ano, mas depois, apesar do efeito esperado da progressão do glaucoma, manteve-se sem mudanças significativas até depois de 5 anos, após o que, começou a declinar. Para a SWAP, a média da sensibilidade média continuou a melhorar até o ano 6 do estudo. Estes resultados mostram um efeito de aprendizagem mais prolongado na SWAP do que na SAP. A sensibilidade média da SWAP aumenta durante vários anos. (88)

Myers et al., em 2014, avaliaram os efeitos de aprendizagem para a SAP SITA e SWAP SITA, em 32 pessoas saudáveis, sem experiência de testes campimétricos. Cada pessoa foi examinada com três SAP SITA e três SWAP SITA, num olho selecionado aleatoriamente. Foi utilizado o programa 24-2 para a SAP e para a SWAP. Neste estudo concluiu-se que testando na mesma amostra de pessoas saudáveis, os efeitos de aprendizagem são semelhantes para SAP SITA e SWAP SITA. (91)

4.5 Efeito de fadiga

O efeito de fadiga é um declínio progressivo da sensibilidade que acontece durante o exame de perimetria. O efeito de fadiga pode ser uma consequência dos efeitos de Troxler e de Ganzfeld. (92)

Com os algoritmos de limiar completo o efeito da fadiga para a SWAP pode ser mais acentuado do que para a SAP devido ao exame mais demorado. (89)

Pode ser benéfico para alguns pacientes fazer pausas a meio dos testes, mas é necessário garantir que se mantem a adaptação ao fundo amarelo da SWAP. (93)

4.6 Flutuação a curto prazo

A flutuação a curto prazo é calculada a partir da variabilidade dos valores de limiar nas medições repetidas durante o mesmo exame. (94)

A flutuação a curto prazo é significativamente maior na SWAP do que na SAP, em pessoas com visão normal. (95)

A flutuação a curto prazo e, portanto, o desvio padrão da forma corrigido, não são calculados pelos algoritmos SITA. (96)

4.7 Flutuação a longo prazo

A flutuação a longo prazo é definida como a variabilidade da sensibilidade quando medida de dias a meses de intervalo, na ausência de quaisquer alterações patológicas. A flutuação a longo prazo é um importante fator de confusão na avaliação de alterações dos campos visuais. Para medir a verdadeira alteração causada pela patologia, numa série de exames campimétricos realizados ao longo do tempo, é necessário conhecer a magnitude da normal flutuação a longo prazo associada ao teste. Conhecendo a magnitude da flutuação a longo prazo, e com métodos estatísticos apropriados, pode calcular-se a alteração causada pela patologia. (95)

A flutuação a longo prazo, na perimetria SWAP, é significativamente maior do que na perimetria SAP, em pessoas com visão normal. (91,95) A flutuação a longo prazo aumenta em função da excentricidade, tanto para a perimetria SWAP como para a perimetria SAP, em pessoas com visão normal. (95)

Um estudo realizado em 2000 por Blumenthal et al., em 25 pacientes com glaucoma estável, mostrou que, a variabilidade a longo prazo média foi maior para a SWAP limiar completo do que para a SAP limiar completo, e que nestes pacientes a variabilidade a longo prazo aumentou com a excentricidade, tanto para o campo visual da SAP limiar completo, como para o campo visual da SWAP limiar completo. A variabilidade a longo prazo é uma medida que inclui a flutuação a longo prazo e a flutuação a curto prazo. A variabilidade a longo prazo é uma medida que pode substituir a flutuação a longo prazo. (94)

4.8 Perdas de fixação

Durante o exame campimétrico a fixação é regularmente avaliada projetando estímulos para o ponto cego (técnica de Heijl-Krakau). (9)

Na SWAP, o número de perdas de fixação é muitas vezes sobrestimado, por causa do grande diâmetro do estímulo de tamanho Goldmann V. O estímulo pode estar a ser visto quando é dirigido para o ponto cego, mesmo que ao examinador pareça que a fixação está a ser perfeita. (97)

4.9 Variabilidade entre indivíduos

A variabilidade entre indivíduos é significativamente maior na SWAP do que na SAP em pessoas com visão normal, e aumenta em função do aumento da excentricidade (95,98) e em função do aumento da idade. (98) A maior variabilidade entre indivíduos na SWAP exige que a definição de anomalia neste teste seja diferente da definição de anomalia na SAP. (98)

4.10 Assimetria do campo visual

Sample et al., em 1997, mediram o limiar do mecanismo do comprimento de onda curto através do campo visual até 21° em 115 olhos normais de pessoas com idade entre 17 e 77 anos, e do campo visual até 30° graus de excentricidade em mais 57 olhos de pessoas com idade entre 22 e 80 anos. Concluíram que existe assimetria na sensibilidade através do campo visual normal. Em geral, na SAP, o campo visual inferior (retina superior) tem maior sensibilidade do que o campo visual superior (retina inferior), e por vezes, o campo visual temporal tem maior sensibilidade do que o campo visual nasal. Esta assimetria é mais acentuada na SWAP do que na SAP. A assimetria aumenta com o aumento da excentricidade (distância ao ponto de fixação). A assimetria não depende da idade. (99)

3.11 Os mapas de escala de cinzentos

O mapa de escala de cinzentos representa a magnitude da sensibilidade medida em cada ponto examinado do campo visual. No mapa de escala de cinzentos os valores não são compensados quanto a idade ou excentricidade. (10)

A menor sensibilidade do campo visual superior em relação ao inferior é mais evidente na SWAP, (99) e causa uma aparência mais escura para o mapa de escala de cinzentos da SWAP no campo superior, o que pode simular um defeito arqueado que não se verifica no mapa probabilístico do desvio da forma. (10) A [Figura 8] e a [Figura 9] mostram o exemplo do resultado dos exames campimétricos do olho direito de um paciente com hipertensão ocular, examinado com o teste SAP [Figura 8] e com o teste SWAP [Figura 9]. No mapa de escala de cinzentos da SWAP parece existir um defeito arqueado. (10)

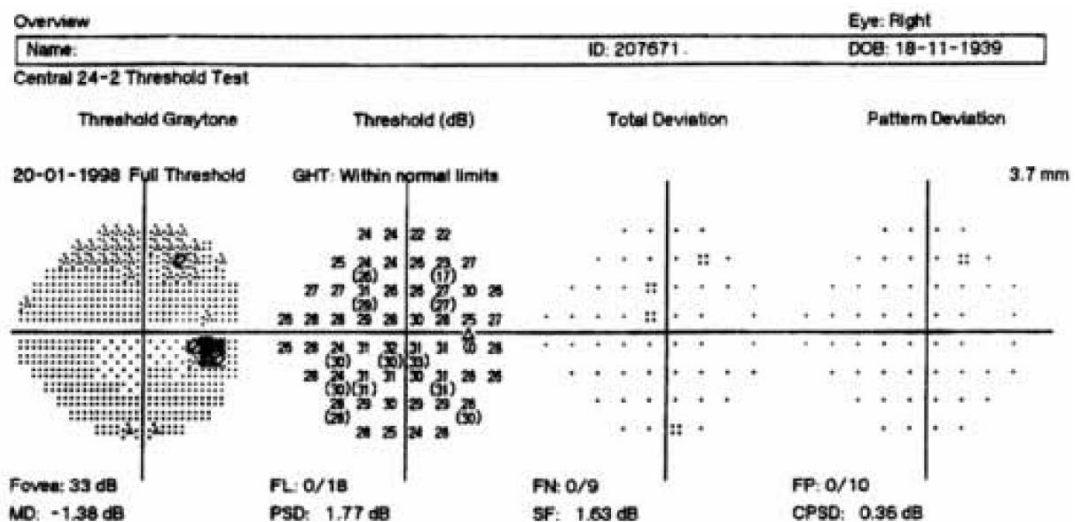


Figura 8 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho direito de um paciente com hipertensão ocular, examinado com a SAP. (10)

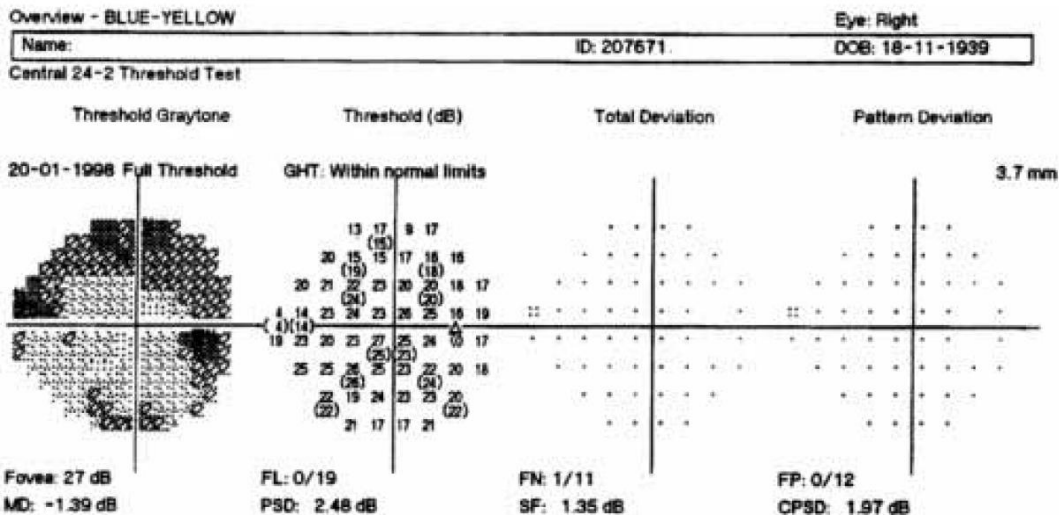


Figura 9 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho direito de um paciente com hipertensão ocular, examinado com a SWAP. (10)

A absorção da luz do estímulo de teste pelos meios refrativos oculares é maior na SWAP do que na SAP, o que resulta numa aparência mais escura no mapa de escala de cinzentos. O menor intervalo de luminâncias do perímetro com filtro de banda estreita do estímulo de teste na SWAP também pode causar um escurecimento da escala de cinzentos, sem que existam diferenças significativas entre os mapas probabilísticos do desvio da forma na SAP e na SWAP. (10) A [Figura 10] e a [Figura 11] mostram o exemplo do resultado dos exames campimétricos do olho esquerdo de um paciente com glaucoma primário de ângulo aberto, examinado com o teste SAP [Figura 10] e com o teste SWAP [Figura 11]. Observa-se que o mapa de escala de cinzentos da SWAP é mais escuro do que o da SAP por efeito da absorção. (10)

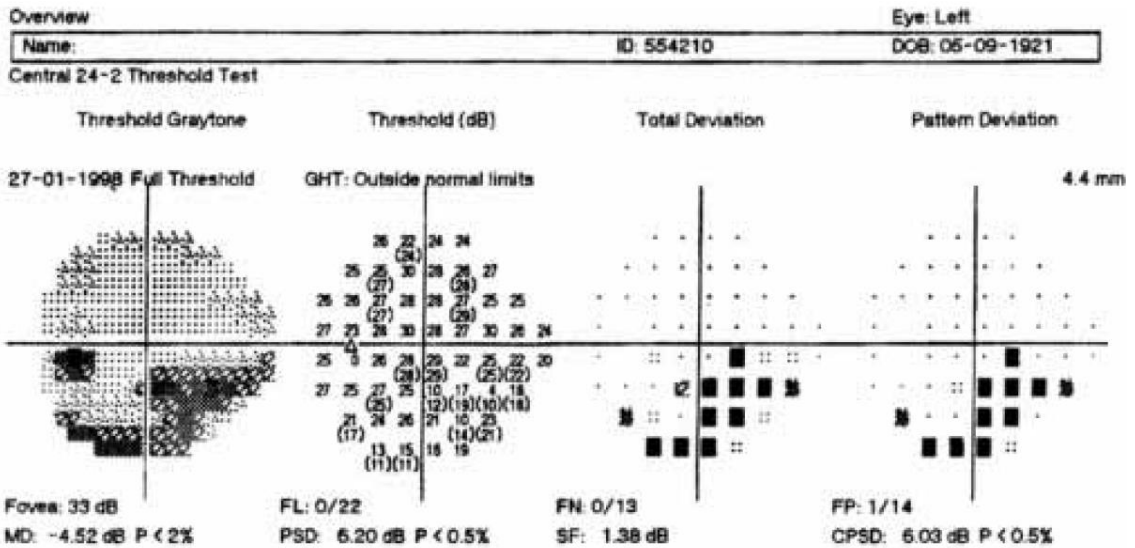


Figura 10 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho esquerdo de um paciente com glaucoma primário de ângulo aberto, examinado com a SAP. (10)

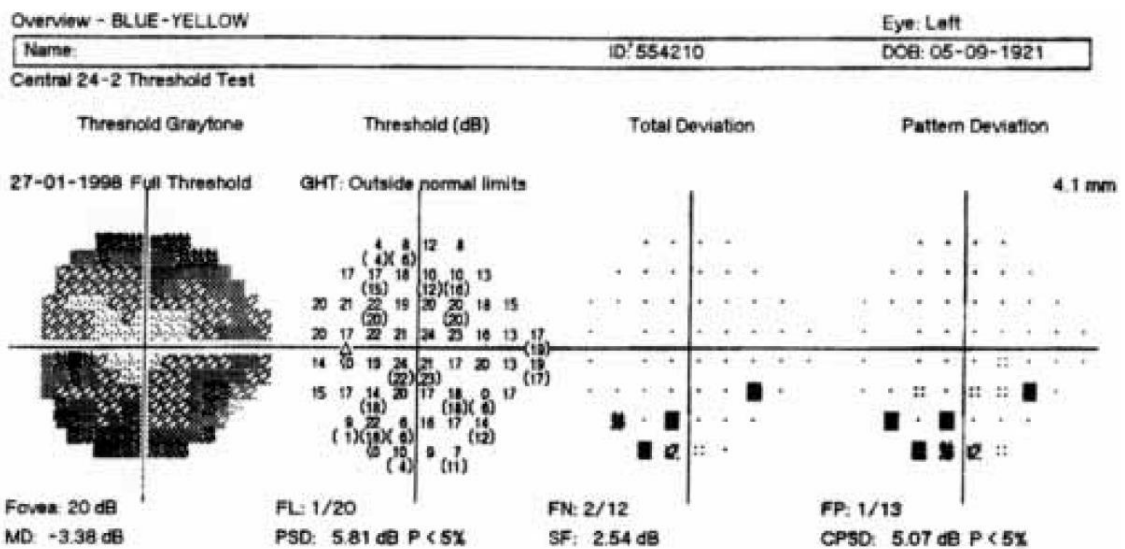


Figura 11 - Exemplo do resultado do exame campimétrico do olho esquerdo de um paciente com glaucoma primário de ângulo aberto, examinado com a SWAP. (10)

Devido a diferenças na sensibilidade medida entre o algoritmo SWAP SITA e os outros algoritmos SWAP Fastpac e SWAP limiar completo, o mapa de escala de cinzentos do SWAP SITA parece mais claro do que o dos algoritmos SWAP Fastpac e SWAP limiar completo. A [Figura 12] mostra um exemplo de mapas de escala de cinzentos de testes campimétricos efetuados com algoritmos SWAP limiar completo (à esquerda), SWAP Fastpac (ao centro) e SWAP SITA (à direita), para o mesmo olho. (100)

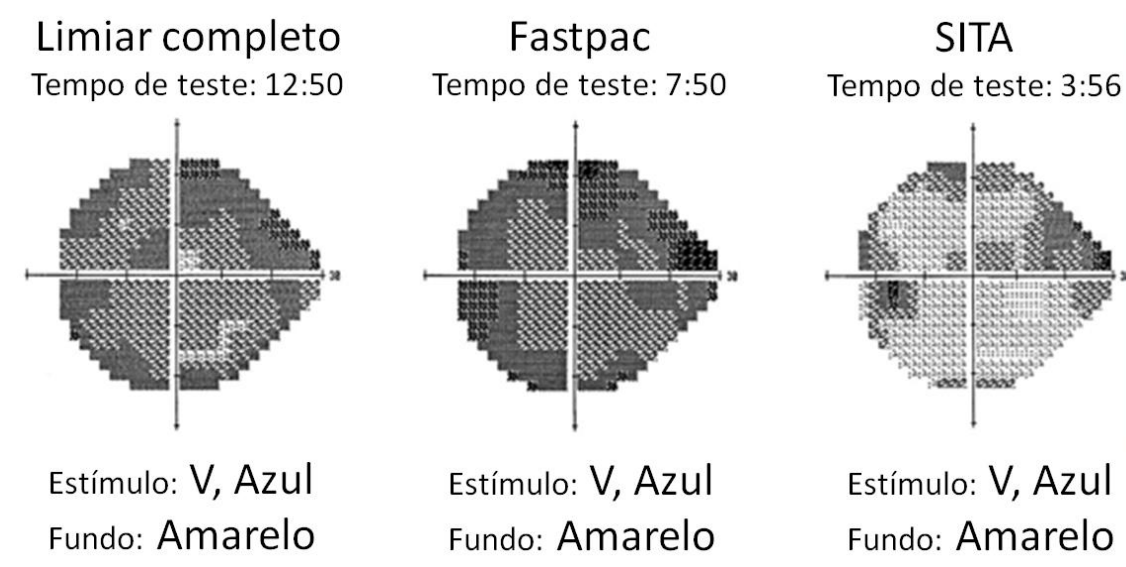


Figura 12 - Exemplo de mapas de escala de cinzentos, de diferentes algoritmos, para o mesmo olho. (100)

Para uma correta interpretação dos resultados do exame campimétrico deve observar-se o mapa de escala de cinzentos, mas também se deve ter em conta os mapas de probabilidades que incluem os valores normais para a idade e os limites normais para cada algoritmo. (100)

4.12 Algoritmos de campimetria

4.12.1 Algoritmos de limiar completo

Na perimetria com algoritmo de limiar completo a intensidade do estímulo de teste é alterada para maior ou menor intensidade, em escada, em todos os pontos do teste. O tamanho dos passos das escadas, o número de reversões e número de escadas em cada ponto de teste, influenciam a precisão da estimativa do limiar em cada um desses pontos. As estratégias de limiar que usam passos mais curtos e mais reversões produzem sequências de

escada mais longas, resultando em maior precisão na determinação do limiar, mas também, em testes mais demorados. Testes muito demorados são difíceis para os pacientes. (101)

4.12.2 SITA

Os algoritmos de limiar interativo sueco, denominados em inglês *swedish interactive thresholding algorithms* (SITA) são um grupo de algoritmos de limiar, para a perimetria estática computadorizada, criados com o objetivo de reduzir significativamente o tempo de teste, sem qualquer redução da qualidade dos dados, com pelo menos a mesma precisão dos anteriores algoritmos. (101)

As respostas dos pacientes aos estímulos apresentados e distribuições a priori são utilizadas para calcular, por métodos Bayesianos, distribuições a posteriori. Antes do início do teste, um modelo de campos visuais normais e glaucomatosos são construídos a partir de informações sobre: (I) limiares normais corrigidos para a idade em cada ponto de teste, (II) curvas de frequência de detecção, que descrevem probabilidades de resposta positiva a estímulos de diferentes intensidades, em todos os pontos de teste, (III) correlações entre os valores de limiar dos diferentes pontos de teste. A intensidade do estímulo é alterada em escada, em todos os pontos, como no algoritmo limiar completo, mas o modelo de campo visual é atualizado durante o teste, depois de cada exposição de estímulo. O teste é interrompido em cada um dos pontos, em níveis pré-determinados de intervalo de precisão do limiar. Para poupança de tempo, o intervalo de tempo entre apresentações de estímulos é flexível e adapta-se ao tempo de resposta do paciente. Os métodos utilizados para a estimativa de respostas falsas também são baseados no tempo de resposta do paciente sem necessidade de mais apresentações de estímulo para a sua determinação. (101)

Os resultados de simulações mostram que com SITA Standard foi obtida maior precisão na determinação dos limiares do que com o algoritmo de limiar completo. (101)

Em olhos com visão normal, o tempo necessário para completar o teste de SAP, com SITA Standard foi reduzido em 50% em comparação com algoritmo limiar completo, e reduzido em 16% em relação ao algoritmo Fastpac. Com o algoritmo SITA Standard foram necessárias menos exposições de estímulos do que com o algoritmo limiar completo, mas foram necessárias mais do que com o algoritmo Fastpac. (102)

Em pacientes com glaucoma ou com suspeita de glaucoma, ambos os algoritmos SITA Standard e Fastpac mostraram sensibilidades médias mais elevadas do que o algoritmo de limiar completo. Esta diferença de sensibilidade médias entre os algoritmos SITA Standard e Fastpac e o algoritmo de limiar completo, também se verifica em pessoas com visão normal, mas é de menor magnitude. Em pacientes com glaucoma ou com suspeita de glaucoma os testes SAP

com os algoritmos SITA Standard e Fastpac mostraram aproximadamente a mesma magnitude de perda de campo visual. (103)

A variabilidade teste-reteste do limiar foi aproximadamente a mesma com as três estratégias, mas o algoritmo SITA Standard foi superior aos outros algoritmos quanto à reprodutibilidade do desvio padrão da forma. Isto indica que o algoritmo SITA Standard é superior ao algoritmo limiar completo e ao algoritmo Fastpac, para a detecção de progressão no glaucoma. (103)

Como o algoritmo SITA Standard mostrou a mesma precisão do algoritmo de limiar completo e demorou aproximadamente metade do tempo, concluiu-se que SITA Standard é um algoritmo adequado para substituir o algoritmo de limiar completo na prática clínica de monitorização de pacientes com glaucoma ou com suspeita de glaucoma. (103)

4.12.3 SITA FAST

Assim como o algoritmo SITA Standard foi calculado com o objetivo reduzir consideravelmente o tempo do teste de campimetria sem diminuição da qualidade dos resultados, para substituir o algoritmo limiar completo, também foi calculado um algoritmo chamado SITA Fast, ainda mais rápido que o algoritmo SITA Standard, com o objetivo de produzir resultados da mesma qualidade dos resultados do algoritmo Fastpac, mas em menos tempo. (104)

SITA Fast tem um tempo de teste significativamente mais curto, utilizando em média 34% do tempo de teste quando comparado com o algoritmo limiar completo e 53% em comparação com algoritmo Fastpac. (104)

Os defeitos de campo visual detetados pelo algoritmo SITA Fast são muitas vezes mais profundos do que os detetados pelo algoritmo limiar completo e pelo algoritmo Fastpac. (104)

4.12.4 SWAP SITA

Para obter um algoritmo de perimetria limiar, rápido e confiável, para detecção precoce de defeitos campimétricos glaucomatosos, com a técnica de perimetria de função visual específica SWAP, o algoritmo SITA foi modificado para a SWAP, o que deu origem ao algoritmo SWAP SITA. (100)

O original modelo SITA desenvolvido para a SAP teve que ser modificado para a SWAP, porque os limiares normais corrigidos para a idade, correlações entre pontos, e curvas de frequência de detecção, que foram usados para definir o modelo do campo visual utilizado pelo algoritmo SITA, são diferentes para diferentes tamanhos e tipos de estímulos. (100)

SWAP SITA é muito mais rápido do que os algoritmos mais antigos: SWAP limiar completo e SWAP Fastpac. Em média o tempo de teste para SWAP limiar completo é de 11,8 minutos,

para SWAP SITA é de 3,6 minutos, e para SWAP Fastpac 7,7 minutos ($P < 0,0001$). SWAP SITA mostrou maior sensibilidade média em comparação com os dois algoritmos: SWAP limiar completo e SWAP Fastpac. A reprodutibilidade não é significativamente diferente entre SWAP SITA, SWAP limiar completo e SWAP Fastpac. (100)

A influência da idade na sensibilidade é a mesma para os algoritmos SWAP SITA e SWAP limiar completo. A sensibilidade corrigida para a idade é significativamente maior para o algoritmo SWAP SITA do que para o algoritmo SWAP limiar completo. (97)

A variabilidade inter-indivíduos é menor com SWAP SITA do que com SWAP limiar completo, o que significa que os limites dos valores considerados normais são mais estreitos. Menor variabilidade inter-indivíduos pode estar associada com mapas de probabilidade mais sensíveis do que os do SWAP limiar completo. (97)

O algoritmo SWAP SITA é afetado apenas por um pequeno efeito de aprendizagem, interferindo só com o primeiro teste, contrariamente ao algoritmo SWAP limiar completo, que é muito afetado pelo efeito de aprendizagem. (105)

Os resultados do teste SWAP SITA de olhos normais mostram sensibilidades mais elevadas do que os resultados do SWAP limiar completo. Isto representa um aumento de intervalo de luminâncias do perímetro. Com maior intervalo de luminâncias do perímetro mais pacientes podem ser testados com a SWAP. (97)

5 Estudos comparativos da SAP e da SWAP na análise do glaucoma

5.1 Influência do tamanho do estímulo

Vários estudos mostram que a SAP utilizando o estímulo de tamanho I de Goldmann é mais sensível do que a SAP utilizando o habitual estímulo de tamanho III de Goldmann, na detecção do glaucoma. (106-109)

Estudos mostram que a SAP utilizando o estímulo de tamanho I de Goldmann é mais sensível do que a SWAP utilizando o estímulo de tamanho V de Goldmann, na detecção do glaucoma. (109,110)

Takada et al., em 1999, examinaram 100 olhos com campimetria SAP com estímulo de tamanho I de Goldmann, campimetria SAP com estímulo de tamanho III de Goldmann e campimetria SWAP com estímulo de tamanho V de Goldmann. Foram estudados 21 olhos de 21 pessoas com visão normal, 19 olhos de 12 pessoas com hipertensão ocular ($PIO > 21$ mmHg), 42 olhos de 30 pessoas com relação escavação/disco $\geq 0,7$ mas sem defeitos no campo visual com SAP tamanho III de Goldmann, e 18 olhos de 15 pessoas com campo visual glaucomatoso inicial na SAP tamanho III de Goldmann. Foi utilizado o programa 24-2. Neste estudo concluiu-se que a SAP tamanho I de Goldmann foi mais sensível para a detecção do glaucoma do que a SWAP tamanho V de Goldmann. (110)

Mattos et al., em 2008, examinaram um olho de cada uma de 73 pessoas: 25 saudáveis (relação escavação/disco $\leq 0,4$ em ambos os olhos e $PIO < 21$ mmHg), 24 com suspeita de glaucoma (relação escavação/disco $\geq 0,7$ ou assimetria maior que 0,2 entre os olhos, e perimetria SAP SITA normal) e 24 com glaucoma inicial (perda de campo visual na perimetria SAP SITA). A relação escavação/disco foi medida com biomicroscopia do disco óptico. Foram realizadas as campimetrias: SAP com estímulo de tamanho III de Goldmann com programa 24-2 e algoritmo SITA, SWAP com estímulo de tamanho V de Goldmann com programa 24-2 e algoritmo de limiar completo, e SAP com estímulo de tamanho I de Goldmann com programa 24-2 e algoritmo de limiar completo. Neste estudo, as especificidades da SAP com estímulo de tamanho I de Goldmann e algoritmo limiar completo, SAP com estímulo de tamanho III de Goldmann e algoritmo SITA, e SWAP com tamanho V de Goldmann e algoritmo de limiar completo foram respectivamente de 75,7%, 78,4% e 89,2%. Neste estudo obteve-se sensibilidade para a detecção do glaucoma de 100% na SAP com estímulo de tamanho I de Goldmann e algoritmo limiar completo, sendo assim mais sensível que a SAP com estímulo de

tamanho III de Goldmann e algoritmo SITA que teve sensibilidade de 86,1%, e mais sensível que a SWAP com estímulo de tamanho V de Goldmann e algoritmo de limiar completo que teve sensibilidade de 69,4%. (109)

5.2 Influência da espessura corneal no glaucoma

A espessura da córnea influencia a medição da pressão intraocular com tonometria de aplanção de Goldmann. (31,111) Entre os pacientes diagnosticados com hipertensão ocular pode haver pacientes em que a pressão intraocular foi sobrestimada devido a elevada espessura corneal, e em outros a pressão intraocular pode ter sido subestimada devido a uma córnea muito fina. (31)

Medeiros et al., em 2003, organizaram um estudo para descobrir qual a frequência de resultados anómalos na SWAP em pacientes com hipertensão ocular e relacionar esses resultados com a espessura da córnea. Foi examinado um olho, de cada um de 68 pacientes com hipertensão ocular, e de 63 participantes saudáveis, com campimetria SAP e SWAP. Foi medida a espessura corneal central com paquimetria de ultra-sons, e foi observado o fundo do olho com estereofotografias. Considerou-se que tinham hipertensão ocular os olhos com $PIO \geq 23$ mmHg e aparência normal do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina. Considerou-se olhos saudáveis do grupo de controlo os olhos com $PIO \leq 22$ mm Hg, sem história de aumento da pressão intraocular, aparência normal do disco óptico e da camada de fibras nervosas da retina, e campos visuais SAP e SWAP normais. Verificou-se que 24% dos pacientes com hipertensão ocular tiveram alterações na SWAP, e 6% dos pacientes com hipertensão ocular tiveram alterações na SAP. A espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados anómalos na SWAP foi significativamente menor do que a espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados normais na SWAP. A espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados normais na SWAP foi significativamente maior do que nos participantes saudáveis. Entre a espessura corneal central média de participantes saudáveis, e a espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados anómalos na SWAP não houve diferença significativa. Deste estudo concluiu-se que a espessura corneal central deve ser considerada na avaliação do risco para o surgimento de glaucoma nos pacientes com hipertensão ocular. (31)

5.3 Estudos sobre o efeito do glaucoma na área macular

A perda de campo visual no glaucoma começa geralmente na área de Bjerrum, mas o campo visual central também pode ser afetado inicialmente. Jung et al., em 2015, examinaram um olho de cada um de 134 pacientes com glaucoma preperimétrico e com alterações estruturais nas células ganglionares da camada plexiforme interna. Os pacientes foram analisados com

OCT na zona macular, SWAP programa 10-2 algoritmo de limiar completo e SAP programa 24-2 algoritmo SITA. Verificou-se que os pacientes com glaucoma preperimétrico com perda estrutural macular também tinham perda funcional na SAP 24-2 e na SWAP 10-2. A perda de função visual foi maior na SWAP do que na SAP. Verificou-se elevada correlação entre as zonas com maior perda estrutural e maior perda de função visual, principalmente na SWAP. Concluiu-se que se existirem danos estruturais na área macular, o campo visual central deve ser examinado pormenorizadamente, mesmo que a SAP 24-2 pareça normal. (112)

5.4 Detecção do glaucoma

Sample et al., em 1990, testaram com a SWAP um olho de cada uma de 40 pessoas classificadas em três grupos: 10 pessoas com visão normal do grupo de controlo (PIO < 21 mmHg, discos ópticos normais e SAP normal), 14 pessoas com suspeita de glaucoma (PIO ≥ 24 mmHg, discos ópticos normais e SAP normal), e 16 pessoas com glaucoma primário de ângulo aberto (PIO ≥ 24 mmHg, alterações nos discos ópticos e SAP com perda de campo visual característica de leve a moderada). Nos resultados verificou-se que os olhos normais do grupo de controlo foram significativamente diferentes dos olhos com suspeita de glaucoma apenas no campo nasal superior ($P < 0,05$), e foram significativamente diferentes dos olhos com glaucoma primário de ângulo aberto em todas as áreas do campo visual ($P < 0,01$). (113)

Num estudo de Johnson et al., publicado em 1993, os olhos de 38 pacientes com hipertensão ocular foram testados anualmente com SAP e com SWAP durante cinco anos, para determinar se com a perimetria SWAP é possível prever o aparecimento e a localização da perda de campo visual característica do glaucoma na SAP. Inicialmente, todos os 76 olhos com hipertensão ocular tinham resultados normais na SAP. Na SWAP, 67 olhos tinham resultado normal e 9 olhos tinham alterações. Cinco anos mais tarde, dos 9 olhos com hipertensão ocular e alterações na SWAP inicialmente, 5 desenvolveram perda de campo visual glaucomatoso medido pela SAP, mas nenhum dos 67 olhos inicialmente com hipertensão ocular e resultado normal na SWAP apresentava alterações na SAP. Os autores concluíram que um resultado anómalo na SWAP é um fator que indica precocemente dano glaucomatoso e é preditivo da perda de campo visual na SAP. (114)

Johnson et al., em 1995, estudaram a relação entre a perda de sensibilidade na SWAP, na região central do campo visual até 30°, e os fatores de risco para o desenvolvimento da perda de campo visual glaucomatoso na hipertensão ocular. Ambos os olhos de 232 pacientes com hipertensão ocular foram examinados, e os resultados destes exames, foram comparados com os resultados de exames de um grupo de controlo de participantes com visões normais com idades semelhantes. O risco de desenvolvimento de perda de campo visual do tipo glaucomatoso foi determinado com base num modelo que utilizou a medida da PIO, a história familiar de glaucoma, a idade e a relação escavação/disco vertical. Todas as pessoas estudadas, tanto do grupo dos pacientes com hipertensão ocular como do grupo de controlo

foram examinadas com SAP e SWAP. Os resultados mostraram que a PIO e história familiar de glaucoma não têm relação significativa com a prevalência de defeitos de perimetria SWAP, mas tanto a idade como a relação escavação/disco vertical têm uma forte associação com as anomalias na SWAP. (115)

Wild et al., em 1995, compararam a perimetria SAP e a perimetria SWAP na detecção de glaucoma em 78 participantes: 27 com olhos saudáveis, 24 com glaucoma primário de ângulo aberto e 27 com hipertensão ocular. Foi examinado um olho de cada participante em estudo. Os resultados foram comparados com um grupo de controlo de 50 pessoas saudáveis de idades semelhantes. Considerou-se glaucoma primário de ângulo aberto a existência de alterações do disco óptico características de glaucoma, $PIO > 22$ mmHg e perda campimétrica SAP característica de glaucoma. A amostra foi escolhida para incluir pacientes com variados graus de progressão do glaucoma. Considerou-se hipertensão ocular, uma $PIO > 22$ mmHg, sem perda campimétrica SAP característica de glaucoma. No grupo com hipertensão ocular, a observação do fundo ocular, o valor da PIO e a história familiar de glaucoma foram utilizados para classificar os pacientes em baixo, médio ou alto risco. No grupo de controlo foram incluídas pessoas sem história de patologias que pudessem afetar a visão, com campimetria SAP normal e $PIO < 21$ mmHg. Dos 27 participantes com hipertensão ocular, 5 apresentaram perda focal de campo visual SWAP, e 2 destes 5 desenvolveram depois, perda focal de campo visual SAP. Todos os participantes com glaucoma apresentaram perda de campo visual SWAP, dos quais 11 apresentaram maior perda de campo visual SWAP do que SAP. Nos casos de glaucoma avançado as perdas de campo visual SWAP e SAP foram idênticas. Concluiu-se neste estudo que, a perimetria SWAP detetou o glaucoma antes da perimetria SAP. (98)

Sample et al., em 2000, compararam a SAP e a SWAP na avaliação de olhos com glaucoma ou com hipertensão ocular. Foi examinado um olho de cada uma de 136 pessoas. 71 olhos com glaucoma, 37 olhos com hipertensão ocular, e 28 olhos normais, de pessoas com idades semelhantes, para grupo de controlo. Foi definido glaucoma com base na presença de lesões glaucomatosas no fundo do olho, observadas por estereofotografia: escavação, estreitamento do anel neuroretiniano, ou alterações na camada de fibras nervosas. Não foi considerada a PIO para a definição de glaucoma. Consideraram-se olhos com hipertensão ocular, os olhos que tinham disco óptico normal e $PIO \geq 23$ mmHg em pelo menos duas avaliações, mas sem lesões glaucomatosas no fundo do olho. Consideraram-se olhos normais, os olhos que tinham $PIO \leq 22$ mmHg, sem história de aumento da PIO, disco óptico normal e resultados normais no exame SAP com programa 24-2. Verificou-se que as percentagens de olhos classificados como sofrendo de glaucoma por estereofotografia, que foram corretamente identificados com resultados anómalos, foram de 46% com perimetria SAP e de 61% com perimetria SWAP. As percentagens de olhos classificados como sofrendo de hipertensão ocular, com resultados anómalos, foram de 5% na perimetria SAP e de 22% na perimetria SWAP. Concluiu-se que a SWAP foi mais sensível do que a SAP para identificar olhos com glaucoma. (11)

Demirel et al. publicaram em 2001, um estudo para determinar a incidência e a prevalência de alterações glaucomatosas nos testes SWAP e SAP, em pacientes com hipertensão ocular. Foram testados anualmente, durante 5 anos, com SAP e SWAP, 500 olhos de 250 pacientes classificados como hipertensão ocular ($PIO \geq 21$ mmHg e campo visual SAP normal), e 120 olhos de 60 participantes saudáveis para base de dados normativa de controlo do estudo. Os testes SAP e SWAP foram efetuados com algoritmo de limiar completo e programa 30-2. Na primeira avaliação pertencente ao estudo a prevalência de defeitos na SWAP e na SAP foi respetivamente de 9,4% e de 1,4%. A prevalência de defeitos na SAP não foi de 0%, como seria de esperar, porque os pacientes não tinham sido examinados com o teste de hemi-campo do glaucoma, e ao repetir a SAP incluindo este teste, verificou-se que em alguns pacientes os resultados estavam no limite, ou fora do normal, apesar dos valores normais no desvio médio, no desvio padrão da forma e no desvio padrão da forma corrigido. Durante os 5 anos de estudo, as taxas de incidência de defeitos foram de 6,2% (1,23% por ano) para a SWAP e de 5,9% (1,18% por ano) para a SAP. Dos resultados anómalos da SWAP, 80% repetiram-se na avaliação seguinte. Dos resultados anómalos da SAP, apenas 45% se repetiram na avaliação seguinte. Deste estudo concluiu-se que os defeitos campimétricos glaucomatosos ocorreram na SWAP antes de ocorrerem na SAP. A prevalência de defeitos campimétricos foi maior na SWAP do que na SAP. As taxas de incidência de defeitos campimétricos foram semelhantes nos dois tipos de campimetria o que sugere que a SAP e a SWAP monitorizam o mesmo processo patológico glaucomatoso. A [Figura 13] mostra um exemplo de uma sequência de campos visuais SAP e SWAP, de um paciente com hipertensão ocular, durante 5 anos, mostrando padrão de perda de campo visual, com taxas de incidência de defeitos campimétricos semelhantes na SAP e na SWAP, mas com maior prevalência na SWAP do que na SAP. (116)

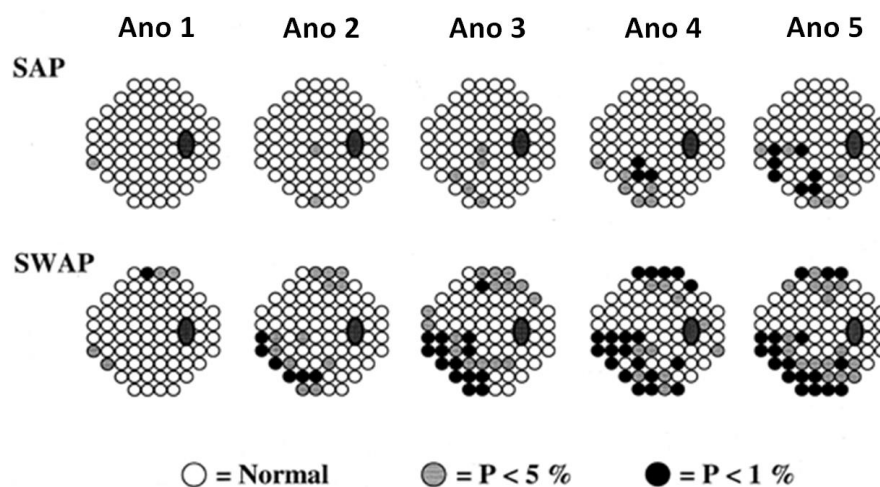


Figura 13 - Exemplo de uma sequência de campos visuais SAP e SWAP, de um paciente com hipertensão ocular, durante 5 anos. (116)

Soliman et al., em 2002, examinaram com a SAP e com a SWAP, 4 grupos de pessoas: 42 com glaucoma ligeiro ou moderado, 34 com hipertensão ocular, 22 suspeitos de glaucoma, e 25 pessoas com visão normal para grupo de controlo. Glaucoma foi definido como alterações glaucomatosas na SAP e alterações estruturais glaucomatosas no olho observadas por estereobiomicroscopia e por estereofotografia. Pressão intraocular ocular elevada foi definida como $PIO > 21$ mmHg mas sem alterações no campo visual SAP nem alterações estruturais. Suspeita de glaucoma foi definida como: $PIO < 21$ mmHg e campo visual SAP normal, mas com algumas alterações estruturais. Para grupo de controlo foram escolhidas pessoas com $PIO < 21$ mmHg, campo visual SAP normal e sem alterações estruturais. Foi selecionado aleatoriamente um olho de cada participante, para ser examinado com perimetria SAP com o programa 30-2 algoritmo SITA, e com perimetria SWAP com o programa 30-2 algoritmo de limiar completo. Verificou-se que nos grupos de glaucoma, de pressão intraocular elevada e de controlo, a percentagem média do número total de pontos com valores anómalos no mapa probabilístico de desvio da forma na SWAP, foi significativamente menor do que na SAP, tanto para $P < 5\%$ como para $P < 1\%$. No grupo com suspeita de glaucoma não houve diferença significativa entre os resultados da SAP e da SWAP. Concluiu-se que a SWAP foi menos eficiente do que a SAP na deteção de defeitos campimétricos em pacientes com glaucoma ou com hipertensão ocular. (117)

Shah et al., em 2006, testaram um olho de cada um de 123 participantes do estudo com vários testes funcionais e estruturais para a distinguir olhos saudáveis de olhos com glaucoma. Foram utilizadas duas definições de glaucoma: campo visual glaucomatoso reprodutível na SAP, e aparência de disco óptico glaucomatoso em estereofotografias. Para a SWAP foi utilizado o algoritmo de limiar completo e para a SAP o algoritmo SITA. Como resultados obteve-se que a sensibilidade e a especificidade para a SWAP foram respetivamente 65,1% e 86,2%. Verificou-se que adicionando o teste da SWAP a exames estruturais obteve-se um aumento significativo na sensibilidade e também uma diminuição significativa na especificidade em comparação com testes estruturais isolados. Neste estudo concluiu-se que uma combinação de testes funcionais e estruturais pode melhorar a sensibilidade para a deteção do glaucoma. (118)

Bengtsson et al., em 2006, examinaram um olho de cada um de 101 pacientes, com hipertensão ocular ($PIO > 24$ mmHg, ausência de alterações estruturais do disco óptico e SAP normal), suspeita de glaucoma (alterações estruturais do disco óptico mas sem perda de campo visual reprodutível na SAP) ou glaucoma inicial (SAP com perda de campo visual reprodutível e com o teste de hemi-campo para o glaucoma fora dos limites normais). Foi comparada a sensibilidade para detetar precocemente perda de campo visual do tipo glaucomatoso dos testes campimétricos SWAP com algoritmo SITA, SWAP com algoritmo de limiar completo, e SAP com algoritmo SITA Fast. Os resultados não mostraram diferença significativa no número de locais de teste significativamente deprimidos entre os 3

programas, tanto para $P < 5\%$ como para $P < 2\%$. O número de olhos com agrupamentos de pontos com valores significativamente menores de sensibilidade também foi semelhante para os três testes: SWAP SITA identificou agrupamentos de pontos em 67 olhos, SWAP limiar completo identificou agrupamentos de pontos em 67 olhos, e SAP SITA Fast identificou agrupamentos de pontos em 65 olhos. O tempo médio de teste foi de 4,1 minutos com SWAP SITA standard, 12,0 minutos com SWAP limiar completo, e 3,5 minutos com SAP SITA Fast. Os autores concluíram que o exame campimétrico SWAP SITA é pelo menos tão sensível para a detecção do glaucoma como o exame SWAP limiar completo, com a vantagem de o tempo de teste ser consideravelmente reduzido. Concluíram também que SAP SITA Fast não é significativamente menos sensível para a detecção do glaucoma do que o teste SWAP limiar completo ou do que o teste SWAP SITA. (119)

Sample et al., em 2006, compararam os resultados do diagnóstico de glaucoma dos testes perimétricos SWAP e SAP. Os 246 participantes examinados no estudo foram classificados por quatro categorias de diagnóstico, baseados na aparência do disco óptico em estereofotografias e na pressão intraocular. Não foram utilizados exames campimétricos para classificar os participantes. 111 olhos foram classificados como neuropatia óptica glaucomatosa, 31 neuropatia óptica glaucomatosa progressiva, 53 hipertensão ocular, e 51 olhos classificados como saudáveis. Foi testado um olho de cada pessoa. Para os testes campimétricos foram utilizados SAP programa 24-2 com o algoritmo SITA, e SWAP com o programa 24-2 com o algoritmo de limiar completo. Verificou-se que a perimetria SAP foi igual ou ligeiramente melhor do que a perimetria SWAP para detetar o glaucoma. A razão para a melhoria do desempenho da SAP em relação à SWAP pode ter como causa os participantes não terem sido selecionados com base nos resultados da SAP, mas também pode dever-se à utilização do algoritmo SITA para a SAP. O algoritmo SITA, que tem intervalos de confiança mais estreitos, aumentou a sensibilidade da SAP para detetar anomalias em relação à campimetria SWAP onde foi utilizado o algoritmo limiar completo, que é mais demorado, e tem intervalos de confiança mais amplos. É sugerido que uma combinação de testes pode ser mais eficaz na detecção da perda de campo visual provocada por glaucoma. (12)

Tafreshi et al., em 2009, examinaram um olho de cada um de 174 pacientes com glaucoma, e também um olho de cada um de 164 participantes saudáveis de grupo de controlo com idades semelhantes, com testes campimétricos SAP SITA programa 24-2 e SWAP SITA programa 24-2, duas vezes cada teste. Os olhos incluídos no grupo de glaucoma tinham aparência glaucomatosa do disco óptico em estereofotografias. Para especificidade de 95%, foram observadas sensibilidades para a detecção do glaucoma de 30% para SAP SITA e de 29% para SWAP SITA. Dos pacientes com resultados anómalos na SAP, 23% tiveram resultados normais com SWAP, e dos pacientes com resultados anómalos com SWAP, 20% tiveram resultados normais com SAP. Tafreshi et al. afirmam neste estudo, que a confirmação do resultado com um segundo teste é importante. A detecção de glaucoma, quando a SAP tem resultado com

alterações, deve ser confirmada com um segundo teste SAP ou com um teste SWAP, para obter uma combinação ótima de sensibilidade e especificidade. (120)

Num estudo de van der Schoot et al., publicado em 2010, 460 pacientes com pressão intraocular elevada (entre 22 mmHg e 32 mmHg) e campo visual SAP normal, foram testados uma vez a cada semestre, durante 7 a 10 anos, ou até à conversão em glaucoma (definido como um defeito de campo visual glaucomatoso reproduzível na SAP). O momento de defeito reproduzível na SAP SITA foi comparado com o momento de defeito reproduzível na SWAP limiar completo. Verificou-se que dos 416 participantes iniciais, 24 olhos de 21 pacientes tiveram defeito reproduzível na SAP (glaucoma). Desses olhos, 22 não apresentaram defeito reproduzível na SWAP antes de defeito reproduzível na SAP. A SAP mostrou defeito reproduzível antes da SWAP em 15 casos. Em apenas 2 olhos a SWAP mostrou defeito reproduzível antes da SAP até 18 meses. van der Schoot et al. concluíram que a SAP é pelo menos tão sensível como a SWAP para a conversão para glaucoma, na maioria dos olhos. Os resultados deste estudo não suportam a afirmação de que a SWAP geralmente prevê a conversão para glaucoma na SAP, por isso van der Schoot et al. recomendam a utilização da SAP em vez da SWAP na prática clínica, para detetar a conversão de hipertensão ocular para glaucoma. (121)

Liu et al., em 2011, examinaram um olho de cada um de 95 pacientes com glaucoma, e de 37 participantes saudáveis como grupo de controlo. Em todos os olhos do estudo foi examinada a camada de fibras nervosas da retina com OCT de domínio espectral. Todos os olhos foram também examinados com testes campimétricos de SAP programa 24-2 algoritmo SITA Standard, e SWAP programa 24-2 algoritmo SITA. As alterações de campo visual foram confirmadas com dois ou mais exames do mesmo tipo de perimetria. Glaucoma foi definido relativamente à espessura da camada de fibras nervosas da retina. Os resultados mostraram que, considerando todos os pacientes com glaucoma, a sensibilidade para a deteção do glaucoma foi maior para a SAP SITA Standard (68%) do que para a SWAP SITA (59%). Considerando apenas os pacientes com glaucoma inicial, obteve-se sensibilidade para deteção de glaucoma de 46% para a SAP SITA Standard, e de 34% para a SWAP SITA. A especificidade foi maior ou igual que 97% para todos os testes perimétricos. Neste estudo concluiu-se que a SAP teve maior sensibilidade para a deteção de glaucoma do que a SWAP, a um nível comparável de especificidade. (47)

Havvas et al. publicaram um estudo em 2013, em que 250 pacientes com hipertensão ocular ($PIO \geq 22$ mmHg medida com tonometria de aplanção de Goldmann) e resultados normais na SAP foram testados com SAP e SWAP anualmente, por 5 anos ou até à conversão em glaucoma. Os testes de campimetria SAP e SWAP foram efetuados utilizando o programa 24-2 com o algoritmo de limiar completo. O resultado anómalo nos testes campimétricos foi confirmado com uma repetição do teste no prazo de um ano. Dos 250 pacientes, 38 tiveram conversão em glaucoma durante o tempo de estudo. Das conversões em glaucoma, 36,8%

foram detetadas mais cedo com a SWAP, 29% simultaneamente, e 34,2% não foram detetados com SWAP durante o período de estudo. 2,4% dos pacientes apresentaram na SWAP alterações glaucomatosas que não resultaram em conversão em glaucoma durante o tempo de estudo. A percentagem de pacientes que tiveram conversão em glaucoma na SWAP antes ou simultaneamente que a conversão em glaucoma na SAP foi de 65,8%. Os autores consideraram o resultado deste estudo inconclusivo. Neste estudo, os autores recomendam utilizar a SAP e a SWAP para otimizar a deteção precoce do glaucoma, e para a confirmação do resultado quando se deteta perda de campo visual, porque cada método parece identificar o glaucoma precocemente em um subconjunto de pacientes, e estes subconjuntos sobrepõem-se apenas parcialmente. (35)

5.5 Progressão do glaucoma

Johnson. et al., num estudo publicado em 1993, investigaram se a SWAP revela progressão da perda de campo visual de tipo glaucomatoso antes da SAP. 32 olhos com perda de campo visual de tipo glaucomatoso inicial foram testados anualmente com perimetria SAP e perimetria SWAP durante 5 anos. No início do estudo, 25 (78,1%) dos 32 olhos tinham maiores alterações com perimetria SWAP, 5 (15,6%) tinham perda equivalente com ambos os testes e 2 (6,3%) tinham maiores alterações com a SAP. Como resultado obteve-se que, após os cinco anos de estudo 7 (21,9%) dos 32 olhos mostraram evidência de perda de campo visual progressivo com a SAP, e 25 olhos (78,1%) mantiveram-se estáveis. Comparando com os resultados da SAP, os defeitos campimétricos com a SWAP foram duas vezes maiores no grupo do glaucoma estável, e foram três a quatro vezes maiores no grupo com perda progressiva de campo visual. Concluiu-se que a perimetria SWAP foi eficaz para identificar os pacientes com perda de campo visual de tipo glaucomatoso inicial em maior risco de ter perda progressiva de campo visual. A taxa de perda progressiva de campo visual foi maior com a SWAP do que com a SAP. (122)

Girkin et al. publicaram um estudo em 2000, em que compararam a progressão de escotomas glaucomatosos na SWAP e na SAP, em olhos com alterações glaucomatosas progressivas do disco óptico detetadas por séries de estereofotografias. Foi examinado um olho de cada um de 47 pacientes com glaucoma. Glaucoma foi definido como aparência glaucomatosa do disco óptico observado por estereofotografias (relação escavação/disco $> 0,7$, assimetria na relação escavação/disco $\geq 0,2$, alterações na camada de fibras nervosas da retina, ou hemorragias do disco óptico). Os pacientes foram examinados em média durante 4 anos com exames SWAP, SAP e estereofotografias. Nos resultados obteve-se que 22 dos 47 olhos apresentaram alteração progressiva por estereofotografias. Houve diferença estatisticamente significativa no desvio médio tanto para a SAP ($P < 0,004$) como para a SWAP ($P < 0,001$) entre os grupos com glaucoma progressivo e com glaucoma não progressivo. A sensibilidade e especificidade foram maiores para a SWAP do que para a SAP quando foi usado o mesmo algoritmo. Concluiu-se que a SWAP

identificou mais pacientes com alterações glaucomatosas progressivas do disco óptico do que a SAP. (123)

Bayer et al. publicaram um estudo em 2002, para avaliar a SWAP quanto ao seu valor preditivo de perda progressiva de campo visual na SAP. Um olho de cada um de 152 pacientes, com glaucoma primário de ângulo aberto, com campo visual glaucomatoso bilateral na SAP, foram examinados com intervalos de 6 meses, durante um período de 30 meses. Verificou-se que, no teste SAP, 54 olhos tiveram defeitos campimétricos progressivos, e 84 olhos (grupo controlo) não tiveram qualquer progressão. A SWAP detetou precocemente os defeitos campimétricos progressivos na SAP em 43 (79,6%) dos 54 olhos. Nos 84 olhos sem progressão da perda de campo visual na SAP durante os 30 meses de estudo a SWAP apresentou perda progressiva de campo visual em 34,5%. Concluiu-se que a SWAP demonstrou elevada sensibilidade para a deteção de progressão nos defeitos campimétricos da SAP. (124)

Em 2016, Hu et al., compararam o desempenho da SAP e da SWAP, na monitorização da progressão do glaucoma. O estudo incluiu 113 olhos de 84 pacientes. Destes 113 olhos, 98 tinham neuropatia óptica glaucomatosa documentada por estereofotografias e 15 olhos tinham hipertensão ocular. Os pacientes foram examinados entre 5 e 7 vezes, com mínimo de 3 meses separando cada uma das consultas consecutivas. Em cada consulta, os pacientes fizeram um teste de perimetria SAP SITA e SWAP SITA com o programa 24-2. Verificou-se na comparação entre a SAP e a SWAP, que não houve diferença estatisticamente significativa nas medições registadas ao longo do tempo. A SWAP não parece ter benefícios significativos sobre a SAP em monitorar a progressão do glaucoma. As perimetrias SAP e SWAP podem, no entanto, detetar progressão em diferentes olhos com glaucoma. (125)

5.6 Correlação entre danos estruturais e campos visuais

Yamagishi et al., em 1997, avaliaram a relação entre a localização de perda do campo visual na SWAP e danos no disco óptico, em olhos com glaucoma. Foi estudado um olho de cada uma de 14 pessoas com glaucoma primário de ângulo aberto. O campo visual foi medido com a SWAP, e dividido em 21 zonas de acordo com os feixes de fibras nervosas da camada de fibras nervosas da retina. O disco óptico foi avaliado com oftalmoscopia confocal de varrimento laser. Verificou-se que os defeitos no disco óptico estavam topograficamente relacionados com zonas de perda de campo visual na perimetria SWAP. (41)

Teesalu et al., em 1997, estudaram um olho de 77 pessoas: 40 com visão normal (exame ocular normal, campo visual SAP normal, e sem história familiar de glaucoma), 10 com hipertensão ocular (PIO>22 mmHg, sem alterações no fundo do olho ou no campo visual SAP), 23 com glaucoma primário de angulo aberto (PIO>22 mm Hg, alterações no fundo do olho e no campo visual SAP). Os pacientes com glaucoma foram classificados em três grupos: glaucoma avançado (desvio médio na SAP>10 dB), glaucoma moderado (desvio médio na SAP entre 5 dB

e 10 dB), e glaucoma inicial (desvio médio na SAP < 5 dB). No grupo do glaucoma inicial foram também estudados um olho de 4 pessoas com alteração glaucomatosa da camada de fibras nervosas da retina ou do disco óptico mas sem perda de campo visual na SAP ou pressão intraocular elevada. Foram feitas campimetrias SAP e SWAP com programa 30-2 e oftalmoscopia confocal de varrimento laser para produzir imagens tridimensionais do disco óptico. Como resultados obteve-se que a medida da forma da escavação teve forte correlação com o desvio médio tanto da SAP como da SWAP. Exceto para medições das fibras nervosas da retina peripapilares, as correlações entre medições da oftalmoscopia confocal de varrimento laser e índices de campo visual SWAP foram iguais ou melhores do que com os índices de campo visual SAP. (126)

Um estudo de Mansberger et al., de 1999, teve como objetivo avaliar a função visual com os testes SAP e SWAP, e as características do disco óptico, em pacientes com grande relação escavação/disco. Foi examinado um olho de 86 pacientes com relação escavação/disco vertical de pelo menos 0,8. Dois especialistas em glaucoma analisaram e classificaram independentemente, em estereofotografias, a aparência do disco óptico: relação escavação/disco vertical, hemorragias, estreitamento do anel neuroretiniano e defeitos nas fibras nervosas. Foi usada oftalmoscopia confocal de varrimento laser para determinar a área do disco óptico. Para os testes SAP e SWAP foram usados o programa de campimetria 24-2 e o algoritmo de limiar completo. Verificou-se perda de campo visual nos testes SAP e SWAP respectivamente em 51% e 60% dos pacientes. Em pacientes com resultados normais SAP, os resultados SWAP foram anómalos em 33% dos pacientes. Em pacientes com SWAP normal, os resultados SAP foram anómalos em 18% dos pacientes. Os discos ópticos pequenos foram associados com resultados SAP e SWAP anómalos. Relação escavação/disco vertical maior do que 0,8 foi associada a resultados anómalos na SAP ou na SWAP. Estreitamento do anel neuroretiniano e hemorragias do disco óptico foram associados com teste SAP anómalos. Neste estudo concluiu-se que muitos pacientes com grande relação escavação/disco têm SAP e SWAP normais. Em comparação com a SAP, os resultados SWAP estiveram fora do normal em uma maior percentagem desses pacientes. (127)

Johnson et al. publicaram um estudo em 2002 para avaliar a correlação entre o dano estrutural glaucomatoso no nervo óptico e desenvolvimento de perda de campo visual na SAP e na SWAP. Foram estudados 479 olhos de 95 pacientes com pressão intraocular elevada ($PIO \geq 22$ mmHg) e campos visuais SAP normais. Foram feitos exames SAP limiar completo, SWAP limiar completo e estereofotografias de disco óptico, anualmente durante um período de 4 anos ou mais. Como resultados obteve-se que, segundo a avaliação por estereofotografias, 272 dos 479 olhos tinham danos de tipo glaucomatoso no disco óptico, no início do estudo. Dependendo dos critérios utilizados, aproximadamente 10% a 17,5% dos olhos desenvolveram perda de campo visual para SAP (conversão em glaucoma). Das conversões em glaucoma, 75% a 80% tinham danos no disco óptico inicialmente, enquanto que

entre os olhos em que não se verificou a conversão em glaucoma 50% tinham danos no disco óptico inicialmente. Esta diferença foi estatisticamente significativa ($P < 0,003$). Dependendo dos critérios empregados, 4% a 12% dos olhos tinham defeitos de campo visual SWAP no início do estudo, e entre 4% e 8% desenvolveram defeitos SWAP durante o estudo. No grupo de olhos com defeitos na SWAP durante o estudo, a percentagem de olhos com danos no disco óptico inicialmente foi entre 75% e 100%. No grupo de olhos em que o campo visual SWAP permaneceu normal durante o estudo a percentagem de olhos com danos no disco óptico inicialmente foi entre 45% e 60%. Algumas destas diferenças foram estatisticamente significativas ($P < 0,05$). Concluiu-se que houve uma forte correlação entre o dano glaucomatoso no disco óptico no início do estudo e o desenvolvimento de campo visual SAP de tipo glaucomatoso. Verificou-se uma percentagem elevada de discos ópticos com dano glaucomatoso entre pacientes com defeitos na SWAP no início do estudo, e entre aqueles que mais tarde desenvolveram defeitos na SWAP. Dano de tipo glaucomatoso no disco óptico foi preditivo do desenvolvimento de perda de campo visual. (128)

Mok et al., em 2003, compararam a espessura da camada de fibras nervosas da retina, medida com tomografia de coerência óptica (OCT), em 48 olhos saudáveis (SAP e SWAP normais) como grupo de controlo, 34 olhos com suspeita de sofrer de glaucoma (SAP normal e alterações na SWAP) e 38 olhos com glaucoma inicial (com alterações na SAP). Observou-se que comparando com os olhos saudáveis, a espessura da camada de fibras nervosas da retina foi significativamente menor nos olhos suspeitos de glaucoma na retina temporal, e significativamente menor nos olhos com glaucoma em toda a retina. (129)

Sanchez-Galeana et al., em 2004, estudaram as correlações entre medições da espessura da camada de fibras nervosas da retina em diferentes zonas do campo visual utilizando tomografia de coerência óptica, e a sensibilidade ao comprimento de onda curto medida com a SWAP. O estudo e incluiu 29 pacientes com glaucoma. Concluiu-se que a espessura da camada de fibras nervosas da retina medida com OCT é topograficamente correlacionada com defeitos campimétricos glaucomatosos medidos com SWAP. (130)

Jung et al., em 2016, investigaram a relação entre estrutura e função, em pacientes com glaucoma com escotoma parafoveal ou degrau nasal periférico, com a SAP e com a SWAP. Foi estudado um olho de cada um de 34 pacientes com glaucoma com escotoma parafoveal dentro de 10° de fixação em um hemi-campo, e um olho de cada um de 33 pacientes com glaucoma com degrau nasal periférico fora de 10° de fixação em um hemi-campo. A espessura peripapilar da camada de fibras nervosas da retina foi medida utilizando OCT de domínio espectral. Todos os participantes foram testados com a SAP programa 24-2 e algoritmo SITA Standard, e com a SWAP programa 24-2 e algoritmo SITA SWAP. A relação topográfica entre estrutura e função foi semelhante na SAP e na SWAP. (131)

5.7 Tabelas de comparação de estudos

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Takada et al. (110)	1999	21 normais 19 hipertensão ocular 42 relação escavação/disco $\geq 0,7$ 18 glaucoma inicial	Tonometria Medida da relação escavação/disco SAP Goldmann III SAP Goldmann I SWAP	A SAP Goldmann I foi mais sensível para a deteção do glaucoma do que a SWAP.
Mattos et al. (109)	2008	25 normais 24 suspeita de glaucoma 24 glaucoma inicial	Tonometria Biomicroscopia do disco óptico SAP SITA SAP Goldmann I limiar completo SWAP limiar completo	A SAP Goldmann I foi mais sensível para a deteção do glaucoma do que a SAP Goldmann III ou a SWAP.

Tabela 3 - Estudos sobre a influência do tamanho do estímulo.

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Medeiros et al. (31)	2003	68 hipertensão ocular 63 normais	Tonometria Paquimetria de ultra-sons Estereofotografia SAP SWAP	A espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados anómalos na SWAP foi significativamente menor do que a espessura corneal central média de pacientes com hipertensão ocular e resultados normais na SWAP.

Tabela 4 - Estudo sobre a influência da espessura corneal no glaucoma.

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Jung et al. (112)	2015	134 glaucoma preperimétrico com alterações estruturais nas células ganglionares	Tonometria OCT Estereofotografia SWAP 10-2 limiar completo SAP 24-2 SITA	A perda de função visual foi maior na SWAP do que na SAP. Há elevada correlação entre as zonas com maior perda estrutural e maior perda de função visual, principalmente na SWAP. Se existirem danos estruturais na área macular o campo visual central deve ser examinado pormenorizadamente.

Tabela 5 - Estudo sobre o efeito do glaucoma na área macular.

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Sample et al. (113)	1990	10 normais 14 suspeita de glaucoma 16 glaucoma	Tonometria SAP SWAP	Com a SWAP, os olhos normais foram significativamente diferentes dos olhos com suspeita de glaucoma no campo nasal superior e foram significativamente diferentes dos olhos com glaucoma em todas as áreas do campo visual.
Johnson et al. (114)	1993	38 hipertensão ocular	Tonometria SAP SWAP	O resultado anómalo na SWAP é um fator preditivo de perda de campo visual na SAP.
Johnson et al. (115)	1995	464 hipertensão ocular	Tonometria Medida da relação escavação/disco vertical SAP SWAP	A relação escavação/disco vertical tem forte associação com as anomalias na SWAP.

Wild et al. (98)	1995	27 normais 24 glaucoma 27 hipertensão ocular	Tonometria SAP SWAP	Maior perda campo visual SWAP do que SAP. A perimetria SWAP detetou o glaucoma antes da perimetria SAP.
Sample et al. (11)	2000	71 glaucoma 37 hipertensão ocular 28 normais	Tonometria Estereofotografia SAP SWAP	A SWAP foi mais sensível do que a SAP para identificar olhos com glaucoma.
Demirel et al. (116)	2001	500 hipertensão ocular 120 normais	Tonometria SAP SWAP	As taxas de incidência de defeitos campimétricos são semelhantes na SAP e na SWAP, mas com maior prevalência na SWAP do que na SAP.
Soliman et al. (117)	2002	42 glaucoma 34 hipertensão ocular 22 suspeitos de glaucoma 25 normais	Tonometria Estereobiomicroscopia Estereofotografia SAP SITA SWAP limiar completo	A SWAP foi menos eficiente do que a SAP na detecção de defeitos campimétricos em pacientes com glaucoma ou com hipertensão ocular.
Shah et al. (118)	2006	123	Tonometria Estereofotografia SAP SWAP limiar completo	Adicionando o teste da SWAP a exames estruturais obteve-se um aumento significativo na sensibilidade da detecção do glaucoma.
Bengtsson et al. (119)	2006	101 hipertensão ocular	Tonometria SWAP SITA SWAP limiar completo SAP SITA Fast.	SAP SITA Fast não é significativamente menos sensível para a detecção do glaucoma do que o teste SWAP limiar completo ou do que o teste SWAP SITA.
Sample et al. (12)	2006	111 glaucoma 31 glaucoma progressivo 53 hipertensão ocular 51 normais	Tonometria Estereofotografia SAP SITA SWAP limiar completo	A SAP foi igual ou ligeiramente melhor do que a SWAP para detetar o glaucoma.

Tafreshi et al. (120)	2009	174 glaucoma 164 normais	Tonometria Estereofotografia SAP SITA SWAP SITA	Quando a SAP deteta glaucoma deve confirmar-se o diagnóstico por um segundo teste SAP ou com um teste SWAP, para obter uma combinação óptima de sensibilidade e especificidade.
van der Schoot et al. (121)	2010	920 hipertensão ocular	Tonometria SAP SITA SWAP limiar completo	As alterações glaucomatosas do campo visual são detetadas primeiro pela SAP em alguns pacientes e pela SWAP em outros. A SWAP não prevê a conversão para glaucoma na SAP.
Liu et al. (47)	2011	95 glaucoma 37 normais	Tonometria OCT SAP SITA SWAP SITA	A SAP teve maior sensibilidade para a deteção de glaucoma do que a SWAP, a um nível comparável de especificidade.
Havvas et al. (35)	2013	500 hipertensão ocular	Tonometria SAP SWAP	As alterações glaucomatosas do campo visual são detetadas primeiro pela SAP em alguns pacientes e pela SWAP em outros. O estudo foi considerado inconclusivo.

Tabela 6 - Estudos sobre a deteção do glaucoma.

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Johnson et al. (122)	1993	32 glaucoma inicial	Tonometria SAP SWAP	A perimetria SWAP foi eficaz para identificar quais dos pacientes com glaucoma inicial têm maior risco de ter perda progressiva de campo visual. Comparando com os resultados da SAP, os defeitos campimétricos com a SWAP foram duas vezes maiores no grupo do glaucoma estável, e foram três a quatro vezes maiores no grupo com perda progressiva de campo visual. A taxa de perda progressiva de campo visual foi maior com a SWAP do que com a SAP.
Girkin et al. (123)	2000	47 glaucoma	Tonometria Estereofotografia SAP SWAP	A SWAP identificou mais pacientes com alterações glaucomatosas progressivas do disco óptico do que a SAP.
Bayer et al. (124)	2002	152 glaucoma 84 normais	Tonometria SAP SWAP	A SWAP demonstrou elevada sensibilidade para a detecção de progressão nos defeitos campimétricos da SAP.
Hu et al. (125)	2016	98 glaucoma 15 hipertensão ocular	Tonometria Estereofotografia SAP SITA SWAP SITA	A SWAP não parece ter benefícios significativos sobre a SAP em monitorar a progressão do glaucoma. As perimetrias SAP e SWAP podem detetar progressão em diferentes olhos com glaucoma.

Tabela 7 - Estudos sobre a progressão do glaucoma.

Autores	Ano	Olhos examinados	Principais exames	Principais conclusões
Yamagishi et al. (41)	1997	14 glaucoma	Tonometria Oftalmoscopia confocal de varrimento laser SWAP	Os defeitos no disco óptico estavam topograficamente relacionados com zonas de perda de campo visual na perimetria SWAP.
Teesalu et al. (126)	1997	40 normais 23 glaucoma	Tonometria oftalmoscopia confocal de varrimento laser SAP SWAP	A medida da forma da escavação teve forte correlação com o desvio médio tanto da SAP como da SWAP. As correlações entre medições da oftalmoscopia confocal de varrimento laser e índices de campo visual SWAP foram, em geral, iguais ou melhores do que com os índices de campo visual SAP.
Mansberger et al. (127)	1999	86 relação escavação/disco vertical $\geq 0,8$	Tonometria Oftalmoscopia confocal de varrimento laser Estereofotografia SWAP limiar completo SAP limiar completo	Relação escavação/disco vertical $\geq 0,8$ foi associada a resultados anómalos na SAP ou na SWAP. Em comparação com a SAP, os resultados da SWAP estiveram fora do normal em uma maior percentagem de pacientes.
Johnson et al. (128)	2002	479 hipertensão ocular	Tonometria Estereofotografia SAP limiar completo SWAP limiar completo	Verificou-se forte correlação entre o dano glaucomatoso no disco óptico inicialmente e o desenvolvimento de defeitos na SAP e na SWAP.

Mok et al. (129)	2003	48 normais 34 suspeita de glaucoma 38 glaucoma inicial	Tonometria OCT SAP SWAP	A espessura da camada de fibras nervosas da retina foi significativamente menor nos olhos suspeitos de glaucoma na retina temporal, e significativamente menor nos olhos com glaucoma em toda a retina.
Galeana et al. (130)	2004	29 glaucoma	Tonometria OCT SWAP	A espessura da camada de fibras nervosas da retina medida com OCT é topograficamente correlacionada com defeitos campimétricos glaucomatosos medidos com SWAP.
Jung et al. (131)	2016	34 glaucoma com escotoma parafoveal 33 glaucoma com glaucoma de grau nasal periférico	Tonometria OCT SAP SITA SWAP SITA	A relação topográfica entre estrutura e função foi semelhante na SAP e na SWAP.

Tabela 8 - Estudos sobre a correlação entre danos estruturais e campos visuais.

6 Conclusão

O diagnóstico do glaucoma é fundamental para iniciar o tratamento e evitar danos que podem causar cegueira irreversível. (2,3)

Os defeitos do campo visual no glaucoma são detetados pela SAP apenas quando já foi perdido um número elevado de células ganglionares, (5-7) o que pode explicar-se pela elevada redundância no sistema visual. (6)

A SWAP é uma campimetria de função visual específica em que é isolada e medida a sensibilidade da via visual coniocelular, que tem reduzida redundância, devido à escassa amostragem dos cones-S e das células ganglionares pequenas biestratificadas. (9-12)

A SAP utilizando o estímulo de tamanho I de Goldmann é mais sensível do que a SAP utilizando o habitual estímulo de tamanho III de Goldmann, (106-109) e do que a SWAP utilizando o estímulo de tamanho V de Goldmann, na deteção precoce do glaucoma. (109-110)

Comparando os estudos em que foram analisados os resultados da SAP (com o habitual estímulo de tamanho III de Goldmann) e da SWAP, na deteção e monitorização do glaucoma, verifica-se que as conclusões dos diferentes estudos são contraditórias. Há estudos em que foi concluído que a SWAP é mais sensível do que a SAP para identificar olhos com perda de campo visual, que a perda de sensibilidade à luz é maior na SWAP do que na SAP e a que SWAP permite identificar os pacientes em risco de perda progressiva de campo visual. (11,98,114,116,122,124,127) Há outros estudos em que foi concluído que a SAP é tão sensível como a SWAP, ou mesmo mais sensível do que a SWAP, para a deteção da perda de campo visual no glaucoma e da sua progressão. (12,47,117,119,121,125)

Um viés de amostragem presente na maioria dos estudos de comparação da SAP com a SWAP e com outras técnicas de perimetria de função visual específica é utilizar o resultado da SAP como critério para a definição de glaucoma, e para classificar os participantes nos estudos como pacientes com glaucoma, pacientes com hipertensão ocular, ou participantes com olhos saudáveis do grupo de controlo. Definir glaucoma com base no resultado da SAP causa dificuldades em comparar a SAP com outros testes no mesmo grau de especificidade. Se a SAP com padrão de perda visual de glaucoma é utilizada como definição do glaucoma, nenhum outro teste poderá por definição exceder a sua sensibilidade e especificidade. Estudos com pacientes em risco de glaucoma ou com hipertensão ocular, classificados com ainda não tendo glaucoma com base na presença de resultados normais na SAP, favorecem a SWAP e outras

técnicas de perimetria de função visual específica para a detetar precocemente o glaucoma em comparação com a SAP, porque os pacientes que inicialmente têm alterações na SAP mas SWAP normal são excluídos do estudo. Este viés de amostragem conduz ao erro de considerar que os defeitos campimétricos na SWAP e nas outras técnicas de perimetria de função visual específica surgem sempre antes dos defeitos campimétricos na SAP. (2,4,8,12,35,119) Vários estudos recentes mostram que os pacientes podem desenvolver alterações na SWAP antes da SAP, mas também na SAP antes da SWAP. (12,119-121) Diversos estudos que definiram glaucoma com base na aparência do disco óptico, e não com base em exames campimétricos, obtiveram sensibilidade para a deteção do glaucoma semelhante para a SAP e para a SWAP. (12,103,120)

Alguns estudos foram feitos com um número relativamente pequeno de participantes. (35)

Muitos estudos não demonstram se os defeitos campimétricos foram reproduzíveis. A perda de campo visual deve ser confirmada. (2,35)

Alguns estudos usam critérios para classificar um resultado como normal ou alterado que foram calculados para a SAP, e isso pode levar a erros por causa da variabilidade inter-indivíduos normal ser maior na SWAP. (35,47)

As bases de dados de valores normativos para a SAP e para a SWAP são diferentes, o que torna difícil fazer comparações entre as duas técnicas. (35,117,119)

A percentagem de exames com alteração, obtida em determinado estudo, depende dos critérios utilizados para definir o que é um resultado normal ou com alterações. Diferentes estudos utilizam diferentes critérios, o que dificulta a comparação entre estudos e a confirmação de conclusões. (35)

Os algoritmos SITA tornaram os testes campimétricos muito mais rápidos, e como têm intervalos de confiança mais estreitos, melhoraram a capacidade dos testes campimétricos para detetar anomalias em relação aos algoritmos de limiar completo. Para comparar a SAP e a SWAP é necessário utilizar o mesmo tipo de algoritmo em ambos os testes. (12,100)

Segundo alguns estudos, a SAP tem significativamente igual ou superior sensibilidade para detetar precocemente dano campimétrico glaucomatoso em comparação com a SWAP, (119-121) portanto é recomendado que em clínica se continue a usar a SAP em vez da SWAP. (121)

Dado que os danos visuais iniciais no glaucoma não são idênticos para todos os pacientes, as técnicas que tentam melhorar a deteção de perda de campo visual no glaucoma estimulando seletivamente vias visuais não são capazes de identificar todos os pacientes em risco, porque cada método deteta o glaucoma num subconjunto de pacientes, e estes subconjuntos sobrepõem-se apenas parcialmente. (35) Uma combinação de diferentes testes de perimetria

permite testar diversas subpopulações de células ganglionares. (12) Vários estudos recomendam que uma combinação de diferentes tipos de testes campimétricos e de observação de alterações estruturais pode ser mais eficaz para detecção da perda de campo visual provocada por glaucoma, para a detecção da progressão do glaucoma, e para a confirmação dos resultados. (2,12,118,120,132)

Bibliografia

- (1) Casson RJ, Chidlow G, Wood JP, Crowston JG, Goldberg I. Definition of glaucoma: clinical and experimental concepts. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2012 May-Jun;40(4):341-9.
- (2) Sharma P, Sample PA, Zangwill LM, Schuman JS. Diagnostic tools for glaucoma detection and management. *Surv Ophthalmol*. 2008 Nov;53 Suppl 1: S17-32.
- (3) Weinreb RN, Khaw PT. Primary open-angle glaucoma. *Lancet*. 2004 May 22;363(9422):1711-20.
- (4) Nouri-Mahdavi K. Selecting visual field tests and assessing visual field deterioration in glaucoma. *Can J Ophthalmol*. 2014 Dec;49(6):497-505.
- (5) Harwerth RS, Carter-Dawson L, Shen F, Smith EL 3rd, Crawford ML. Ganglion cell losses underlying visual field defects from experimental glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999 Sep;40(10):2242-50.
- (6) Kerrigan-Baumrind LA, Quigley HA, Pease ME, Kerrigan DF, Mitchell RS. Number of ganglion cells in glaucoma eyes compared with threshold visual field tests in the same persons. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000 Mar;41(3):741-8.
- (7) Harwerth RS, Crawford ML, Frishman LJ, Viswanathan S, Smith EL 3rd, Carter-Dawson L. Visual field defects and neural losses from experimental glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. 2002 Jan;21(1):91-125.
- (8) Medeiros FA, Alencar LM. Function-specific perimetry. In: Shaarawy T, Sherwood M, Hitchings R, Crowston J., editors. *Glaucoma*. 2nd ed. London: Elsevier; 2015. vol 1 p. 132-9,144-5.
- (9) Flanagan J. Visual field examination. In: Rosenfield M, Logan N, Edwards K, editors. *Optometry: science, techniques and clinical management*. 2nd ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2009. p. 318-21,325,328-31.
- (10) Wild JM. Short wavelength automated perimetry. *Acta Ophthalmol. Scand*. 2001 Dec;79(6):546-59.

- (11) Sample PA, Bosworth CF, Blumenthal EZ, Girkin C, Weinreb RN. Visual function-specific perimetry for indirect comparison of different ganglion cell populations in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000 Jun;41(7):1783-90.
- (12) Sample PA, Medeiros FA, Racette L, Pascual JP, Boden C, Zangwill LM et al. Identifying glaucomatous vision loss with visual-function-specific perimetry in the diagnostic innovations in glaucoma study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006 Aug;47(8):3381-9.
- (13) Schwartz SH. *Visual perception: a clinical orientation*. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2010. p. 3-9,11-3,17-20,26-8,37.
- (14) Charman WN. Forming an optical image: the optical elements of the eye. In: Rosenfield M, Logan N, Edwards K, editors. *Optometry: science, techniques and clinical management*. 2nd ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2009. p. 3-8.
- (15) Riordan-Eva P. Anatomy & embryology of the eye. In: Riordan-Eva P, Cunningham E, editors. *Vaughan & Asbury's General Ophthalmology*. 18th ed. New York: McGraw-Hill; 2011. p. 8-13.
- (16) Rodieck RW. *The first steps in seeing*. Sunderland: Sinauer Associates; 1998. p. 14-5,18,39,41-5,51-4.
- (17) Kimbrel EA, Lanza R. Current status of pluripotent stem cells: moving the first therapies to the clinic. *Nat Rev Drug Discov*. 2015 Oct;14(10):681-92.
- (18) Baker GE. Anatomy of vision. In: Rosenfield M, Logan N, Edwards K, editors. *Optometry: science, techniques and clinical management*. 2nd ed. Edinburgh: Butterworth Heinemann; 2009. p. 19-32.
- (19) Aguilar M, Stiles WS. Saturation of the rod mechanism of the retina at high levels of stimulation. *Optica Acta: International Journal of Optics*. 1954 Jan;1(1):59-65.
- (20) Calkins DJ. Seeing with S cones. *Prog Retin Eye Res*. 2001 May;20(3):255-87.
- (21) Hofer H, Carroll J, Neitz J, Neitz M, Williams DR. Organization of the human trichromatic cone mosaic. *J Neurosci*. 2005 Oct 19;25(42):9669-79.
- (22) Dacey DM, Lee BB. The 'blue-on' opponent pathway in primate retina originates from a distinct bistratified ganglion cell type. *Nature*. 1994 Feb 24;367:731-5.
- (23) Sample PA. What does functional testing tell us about optic nerve damage?. *Surv Ophthalmol*. 2001 May;45 Suppl 3:S319-24; discussion S332-4.

- (24) Dacey DM. Physiology, morphology and spatial densities of identified ganglion cell types in primate retina. In: G Bock, J Goode, editors. Higher-Order Processing in the Visual System. Chichester: John Wiley & Sons;1994. p.12-34 (CIBA Foundation Symposium; vol 184).
- (25) Martin PR, White AJ, Goodchild AK, Wilder HD, Sefton AE. Evidence that blue-on cells are part of the third geniculocortical pathway in primates. *Eur J Neurosci.* 1997 Jul;9(7):1536-41.
- (26) Lee BB. Receptive field structure in the primate retina. *Vision Research.* 1996 Mar;36(5):631-44.
- (27) Nassi JJ, Callaway EM. Parallel processing strategies of the primate visual system. *Nat Rev Neurosci.* 2009 May;10(5):360-72.
- (28) Anderson RS. The psychophysics of glaucoma: improving the structure/function relationship. *Prog Retin Eye Res.* 2006 Jan;25(1):79-97.
- (29) Kanski JJ, Bowling B. *Clinical ophthalmology: a systematic approach.* 7th ed. Edinburgh: Elsevier/Saunders; 2011. p. 313,327-31,338-48,354,383-400.
- (30) Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA et al. The ocular hypertension treatment study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2002 Jun;120(6):714-20; discussion 829-30.
- (31) Medeiros FA, Sample PA, Weinreb RN. Corneal thickness measurements and visual function abnormalities in ocular hypertensive patients. *Am J Ophthalmol.* 2003 Feb;135(2):131-7.
- (32) Coleman AL, Miglior S. Risk factors for glaucoma onset and progression. *Surv Ophthalmol.* 2008 Nov;53 Suppl1:S3-10.
- (33) Prum BE Jr, Lim MC, Mansberger SL, Stein JD, Moroi SE, Gedde SJ et al. Primary open-angle glaucoma suspect preferred practice pattern(®) guidelines. *Ophthalmology.* 2016 Jan;123(1):P112-51.
- (34) Papadopoulos M, Cable N, Rahi J, Khaw PT; Willshaw H, Ainsworth J et al. The british infantile and childhood glaucoma (BIG) eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007 Sep;48(9):4100-6.

- (35) Havvas I, Papaconstantinou D, Moschos M, Theodossiadis P, Andreanos V, Ekatomatis P et al. Comparison of SWAP and SAP on the point of glaucoma conversion. *Clin Ophthalmol*. 2013;7:1805-10.
- (36) Johnson CA. Selective versus nonselective losses in glaucoma. *J Glaucoma*. 1994 Summer;3 Suppl 1:S32-44.
- (37) Lynch S, Johnson CA, Demirel S. Is early damage in glaucoma selective for a particular cell type or pathway?. In: Wall M, Heijl A, editors. *Perimetry Update 1996/1997*. Amsterdam: Kugler Publications. 1997. p. 253-261.
- (38) Sample PA, Madrid ME, Weinreb RN. Evidence for a variety of functional defects in glaucoma-suspect eyes. *J Glaucoma*. 1994 Summer;3 Suppl 1: S5-18.
- (39) Yücel YH, Zhang Q, Weinreb RN, Kaufman PL, Gupta N. Effects of retinal ganglion cell loss on magno-, parvo-, koniocellular pathways in the lateral geniculate nucleus and visual cortex in glaucoma. *Prog Retin Eye Res*. 2003 Jul;22(4):465-81.
- (40) Sample PA, Bosworth CF, Weinreb RN. Short-wavelength automated perimetry and motion automated perimetry in glaucoma. *Arch Ophthalmol*. 1997 Sep;115(9):1129-33.
- (41) Yamagishi N, Anton A, Sample PA, Zangwill L, Lopez A, Weinreb RN. Mapping structural damage of the optic disk to visual field defect in glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1997 May;123(5):667-76.
- (42) Gölemez H, Yıldırım N, Özer A. Is multifocal electroretinography an early predictor of glaucoma?. *Doc Ophthalmol*. 2016 Feb;132(1):27-37.
- (43) Horn FK, Jonas JB, Budde WM, Jünemann AM, Mardin CY, Korth M. Monitoring glaucoma progression with visual evoked potentials of the blue-sensitive pathway. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002 Jun;43(6):1828-34.
- (44) Klistorner A, Graham SL, Martins A, Grigg JR, Arvind H, Kumar RS, et al. Multifocal blue-on-yellow visual evoked potentials in early glaucoma. *Ophthalmology*. 2007 Sep;114(9):1613-21.
- (45) Delgado MF, Nguyen NTA, Cox TA, Singh K, Lee DA, Dueker DK et al. Automated perimetry: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2002 Dec;109(12):2362-74.
- (46) McKendrick AM. Recent developments in perimetry: test stimuli and procedures. *Clin Exp Optom*. 2005 Mar;88(2):73-80.

- (47) Liu S, Lam S, Weinreb R, Ye C, Cheung C, Lai G et al. Comparison of standard automated perimetry, frequency-doubling technology perimetry, and short-wavelength automated perimetry for detection of glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011 Sep 21;52(10):7325-31.
- (48) Sit AJ, Medeiros FA, Weibren RN. Short wavelength automated perimetry can predict glaucomatous standard visual field loss by ten years. *Semin Ophthalmol*. 2004 Sep-Dec;19(3-4):122-4.
- (49) Sample PA, Johnson CA, Haegerstrom-Portnoy G, Adams AJ. Optimum parameters for short-wavelength automated perimetry. *J Glaucoma*. 1996 Dec;5(6):375-83.
- (50) Wall M, Woodward KR, Doyle CK, Artes PH. Repeatability of automated perimetry: a comparison between standard automated perimetry with stimulus size III and V, matrix, and motion perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009 Feb;50(2):974-9.
- (51) Wild JM, Cubbidge RP, Pacey IE, Robinson R. Statistical aspects of the normal visual field in short-wavelength automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1998 Jan;39(1):54-63.
- (52) Johnson CA. Standardizing the measurement of visual fields for clinical research. *Ophthalmology*. 1996 Jan;103(1):186-9.
- (53) Monhart M. What are the options of psychophysical approaches in glaucoma?. *Surv Ophthalmol*. 2007 Nov;52 Suppl 2: S127-33.
- (54) Johnson CA. The Glenn A. fry award lecture. Early losses of visual function in glaucoma. *Optom Vis Sci*. 1995 Jun;72(6):359-70.
- (55) Sample PA, Boynton RM, Weinreb RN. Isolating the color vision loss in primary open-angle glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1988 Dec 15;106(6):686-91.
- (56) Sample PA. Short-wavelength automated perimetry: it's role in the clinic and for understanding ganglion cell function. *Prog Retin Eye Res*. 2000 Jul;19(4):369-83.
- (57) Papaconstantinou D, Georgalas I, Kalantzis G, Karmiris E, Koutsandrea C, Diagourtas A et al. Acquired color vision and visual field defects in patients with ocular hypertension and early glaucoma. *Clin Ophthalmol*. 2009;3:251-7.
- (58) Adams AJ, Rodic R, Husted R, Stamper R. Spectral sensitivity and color discrimination changes in glaucoma and glaucoma-suspect patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1982 Oct;23(4):516-24.

- (59) Hamill TR, Post RB, Johnson CA, Keltner JL. Correlation of color vision deficits and observable changes in the optic disc in a population of ocular hypertensives. *Arch Ophthalmol*. 1984 Nov;102(11):1637-9.
- (60) Afrashi F, Erakgün T, Köse S, Ardiç K, Menteş J. Blue-on-yellow perimetry versus achromatic perimetry in type 1 diabetes patients without retinopathy. *Diabetes Res Clin Pract*. 2003 Jul;61(1):7-11.
- (61) Remky A, Arend O, Hendricks S. Short-wavelength automated perimetry and capillary density in early diabetic maculopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2000 Jan;41(1):274-81.
- (62) Remky A, Elsner AE. Blue on yellow perimetry with scanning laser ophthalmoscopy in patients with age related macular disease. *Br J Ophthalmol*. 2005 Apr;89(4):464-9.
- (63) Nomura R, Terasaki H, Hirose H, Miyake Y. Blue-on-yellow perimetry to evaluate S cone sensitivity in diabetics. *Ophthalmic Res*. 2000 Mar-Jun;32(2-3):69-72.
- (64) Keltner JL, Johnson CA. Short-wavelength automated perimetry in neuro-ophthalmologic disorders. *Arch Ophthalmol*. 1995 Apr;113(4):475-81.
- (65) Machida S, Haga-Sano M, Ishibe T, Kizawa J, Tazawa Y. Decrease of blue cone sensitivity in acute idiopathic blind spot enlargement syndrome. *Am J Ophthalmol*. 2004 Aug;138(2):296-9.
- (66) Terasaki H, Miyake Y, Nomura R, Horiguchi M, Suzuki S, Kondo M. Blue-on-yellow perimetry in the complete type of congenital stationary night blindness. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999 Oct;40(11):2761-4.
- (67) Machida S, Haga-Sano M, Ishibe T, Kizawa J, Kurosaka D. Decrease of blue cone sensitivity in acute zonal occult outer retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006 May;47(13):5798-5798.
- (68) Maleki A, Swan RT, Silpa-Archa S, Preble JM, He Y, Foster CS. Short-wavelength automated perimetry parameters at baseline and following remission in patients with birdshot retinochoroidopathy. *Am J Ophthalmol*. 2016 Mar;163:83-92.e6.
- (69) Stiles WS. Increment thresholds and the mechanisms of colour vision. *Doc Ophthalmol*. 1949;3:138-65.
- (70) Stiles WS. Color Vision: The approach through increment-threshold sensitivity. *Proc Natl Acad Sci*. 1959 Jan;45(1):100-14.

- (71) Demirel S, Flanagan J, Sample PA. Short wavelength automated perimetry (SWAP). In: Weinreb RN, Greve EL, editors. *Glaucoma Diagnosis: Structure and Function*. The Hague: Kugler Publications; 2004. p. 99-108.
- (72) Demirel S, Johnson CA. Isolation of short wavelength sensitive mechanisms in normal and glaucomatous visual field regions. *J. Glaucoma*. 2000 Feb;9(1):63-73.
- (73) Cubbidge RP, Wild JM. The influences of stimulus wavelength and eccentricity on short-wavelength pathway isolation in automated perimetry. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2001 Jan;21(1):1-8.
- (74) Felius J, de Jong LA, van den Berg TJ, Greve EL. Functional characteristics of blue-on-yellow perimetric thresholds in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1995 Jul;36(8):1665-74.
- (75) King-Smith PE, Carden D. Luminance and opponent-color contributions to visual detection and adaptation and to temporal and spatial integration. *J Opt Soc Am*. 1976 Jul;66(7):709-17.
- (76) Polo V, Larrosa JM, Pinilla I, Pablo L, Honrubia FM. Optimum criteria for short-wavelength automated perimetry. *Ophthalmology*. 2001 Feb;108(2):285-9.
- (77) Johnson CA, Sample PA, Cioffi GA, Liebmann JR, Weinreb RN. Structure and function evaluation (SAFE): I. criteria for glaucomatous visual field loss using standard automated perimetry (SAP) and short wavelength automated perimetry (SWAP). *Am J Ophthalmol*. 2002 Aug;134(2):177-85.
- (78) Wild JM, Hudson C. The attenuation of blue-on-yellow perimetry by the macular pigment. *Ophthalmology*. 1995 Jun;102(6):911-7.
- (79) Johnson CA, Adams AJ, Twelker JD, Quigg JM. Age-related changes in the central visual field for short-wavelength-sensitive pathways. *J Opt Soc Am*. 1988 Dec;5(12):2131-9.
- (80) Sample PA, Martinez GA, Weinreb RN. Short-wavelength automated perimetry without lens density testing. *Am J Ophthalmol*. 1994 Nov 15;118(5):632-41.
- (81) Moss ID, Wild JM, Whitaker DJ. The influence of age-related cataract on blue-on-yellow perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1995 Apr;36(5):764-73.
- (82) Kim YY, Kim JS, Shin DH, Kim C, Jung HR. Effect of cataract extraction on blue-on-yellow visual field. *Am J Ophthalmol*. 2001 Aug;132(2):217-20.

- (83) Weinreb RN, Perlman JP. The effect of refractive correction on automated perimetric thresholds. *Am J Ophthalmol.* 1986 Jun 15;101(6):706-9.
- (84) Koller G, Haas A, Zulauf M, Koerner F, Mojon D. Influence of refractive correction on peripheral visual field in static perimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2001 Oct;239(10):759-62.
- (85) Atchison DA. Effect of defocus on visual field measurement. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1987;7(3):259-65.
- (86) Herse P, Coveney D, Pham L. Factors influencing short wavelength automated perimetry in normal subjects. *Clin Exp Optom.* Jun 1998;81(2):77-80.
- (87) Zlatkova MB, Coulter E, Anderson RS. Short-wavelength acuity: blue-yellow and achromatic resolution loss with age. *Vision Res.* 2003 Jan;43(1):109-15.
- (88) Gardiner SK, Demirel S, Johnson CA. Is there evidence for continued learning over multiple years in perimetry?. *Optom Vis Sci.* 2008 Nov;85(11):1043-8.
- (89) Wild JM, Kim LS, Pacey IE, Cunliffe IA. Evidence for a learning effect in short-wavelength automated perimetry. *Ophthalmology.* 2006 Feb;113(2):206-15.
- (90) Wild JM, Moss ID. Baseline alterations in blue-on-yellow normal perimetric sensitivity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 1996 Mar;234(3):141-9.
- (91) Myers L, Hu R, Morgan LS, Hoop JS, Racette L. A comparison of learning effects for standard automated perimetry, short-wavelength automated perimetry and frequency-doubling technology perimetry in healthy subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014 Apr;55:5612.
- (92) Hudson C, Wild JM, O'Neill EC. Fatigue effects during a single session of automated static threshold perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994 Jan;35(1):268-80.
- (93) Gardiner SK, Demirel S. Assessment of patient opinions of different clinical tests used in the management of glaucoma. *Ophthalmology.* 2008 Dec;115(12):2127-31.
- (94) Blumenthal EZ, Sample PA, Zangwill L, Lee AC, Kono Y, Weinreb RN. Comparison of long-term variability for standard and short wavelength automated perimetry in stable glaucoma patients. *Am J Ophthalmol.* 2000 Mar;129(3):309-13.

- (95) Kwon YH, Park HJ, Jap A, Ugurlu S, Caprioli J. Test-retest variability of blue-on-yellow perimetry is greater than white-on-white perimetry in normal subjects. *Am J Ophthalmol*. 1998 Jul;126(1):29-36.
- (96) Wild JM, Pacey IE, O'Neill EC, Cunliffe IA. The SITA perimetric threshold algorithms in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1999 Aug;40(9):1998-2009.
- (97) Bengtsson B, Heijl A. Normal intersubject threshold variability and normal limits of the SITA SWAP and full threshold SWAP perimetric programs. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2003 Nov;44(11):5029-34.
- (98) Wild JM, Moss ID, Whitaker D, O'Neill EC. The statistical interpretation of blue-on-yellow visual field loss. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1995 Jun;36(7):1398-410.
- (99) Sample PA, Irak I, Martinez GA, Yamagishi N. Asymmetries in the normal short-wavelength visual field: implications for short-wavelength automated perimetry. *Am J Ophthalmol*. 1997 Jul;124(1):46-52.
- (100) Bengtsson B. A new rapid threshold algorithm for short-wavelength automated perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2003 Mar; 44(3):1388-94.
- (101) Bengtsson B, Olsson J, Heijl A, Rootzén H. A new generation of algorithms for computerized threshold perimetry, SITA. *Acta Ophthalmol Scand*. 1997 Aug;75(4):368-75.
- (102) Bengtsson B, Heijl A, Olsson J. Evaluation of a new threshold visual field strategy, SITA, in normal subjects. *Acta Ophthalmol Scand*. 1998 Apr;76(2):165-9.
- (103) Bengtsson B, Heijl A. Evaluation of a new perimetric threshold strategy, SITA, in patients with manifest and suspect glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand*. 1998 Jun;76(3):268-272.
- (104) Bengtsson B, Heijl A. SITA Fast, a new rapid perimetric threshold test. Description of methods and evaluation in patients with manifest and suspect glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand*. 1998 Aug;76(4):431-7.
- (105) Fogagnolo P, Tanga L, Rossetti L, Oddone F, Manni G, Orzalesi N et al. Mild learning effect of short-wavelength automated perimetry using SITA program. *J Glaucoma*. 2010;19(5):319-23.
- (106) Uyama K, Matsumoto C, Okuyama S, Otori T: Influence of the target size on the sensitivity of the central visual field in patients with early glaucoma. In: Mills RP, editor. *Perimetry Update 1992/1993*. Amsterdam: Kugler Publ; 1993. p. 381-5.

- (107) Yamada K, Osako M, Osako S, Okano T, Usui M. The effectiveness of detecting early glaucomatous field defects using the size I stimulus. In: Wall M, Mills RP, editors. *Perimetry Update 2000/2001*. The Hague: Kugler Publications.2001;51-8.
- (108) Zalta AH, Burchfield JC. Detecting early glaucomatous field defects with the size I stimulus and Statpac. *Br J Ophthalmol*. 1990 May;74(5):289-93.
- (109) Mattos T de C, Kasahara N, Della Paolera M, Cohen R, Mandia Junior C, Almeida GV. Sensibilidade do estímulo de tamanho I na perimetria computadorizada acromática para a detecção de defeitos glaucomatosos no campo visual: análise comparativa com as perimetrias de ondas curtas e acromática convencional (SITA). *Arq Bras Oftalmol*. 2008 Mar-Apr;71(2):142-8.
- (110) Takada M, Osako S, Goto H, Horikoshi N, Okano T. Evaluation of white-on-white perimetry using size I stimulus compared with blue-on-yellow perimetry. In: Wall M, Wild JM, editors. *Perimetry Update 1998/1999*. The Hague: Kugler Publications; 1999. p. 365-71.
- (111) Rask G, Behndig A. Effects of corneal thickness, curvature, astigmatism and direction of gaze on Goldmann applanation tonometry readings. *Ophthalmic Res*. 2006;38(1):49-55. Epub 2005 Nov 16.
- (112) Jung Y, Park HY, Jeong HJ2, Choi SY, Park CK. The ability of 10-2 short-wavelength perimetry in detecting functional loss of the macular area in preperimetric glaucoma patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 Dec;56(13):7708-14.
- (113) Sample PA, Weinreb RN. Color perimetry for assessment of primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990 Sep;31(9):1869-75.
- (114) Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD. Blue-on-yellow perimetry can predict the development of glaucomatous visual field loss. *Arch Ophthalmol*. 1993 May;111(5):645-50.
- (115) Johnson CA, Brandt JD, Khong AM, Adams AJ. Short-wavelength automated perimetry in low-, medium-, and high-risk ocular hypertensive eyes. Initial baseline results. *Arch Ophthalmol*. 1995 Jan;113(1):70-6.
- (116) Demirel S, Johnson CA. Incidence and prevalence of short wavelength automated perimetry deficits in ocular hypertensive patients. *Am J Ophthalmol*. 2001 Jun;131(6):709-15.

- (117) Soliman MA, de Jong LA, Ismaeil AA, van den Berg TJ, de Smet MD. Standard achromatic perimetry, short wavelength automated perimetry, and frequency doubling technology for detection of glaucoma damage. *Ophthalmology*. 2002 Mar;109(3):444-54.
- (118) Shah NN, Bowd C, Medeiros FA, Weinreb RN, Sample PA, Hoffmann EM, Zangwill LM. Combining structural and functional testing for detection of glaucoma. *Ophthalmology*. 2006 Sep;113(9):1593-602.
- (119) Bengtsson B, Heijl A. Diagnostic sensitivity of fast blue-yellow and standard automated perimetry in early glaucoma: a comparison between different test programs. *Ophthalmology*. 2006 Jul;113(7):1092-7.
- (120) Tafreshi A, Sample P, Liebmann J, Girkin C, Zangwill L, Weinreb R et al. Visual function-specific perimetry to identify glaucomatous visual loss using three different definitions of visual field abnormality. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009 Mar;50(3):1234-40.
- (121) van der Schoot J, Reus NJ, Colen TP, Lemij HG. The ability of short-wavelength automated perimetry to predict conversion to glaucoma. *Ophthalmology*. 2010 Jan;117(1):30-4.
- (122) Johnson CA, Adams AJ, Casson EJ, Brandt JD. Progression of early glaucomatous visual field loss as detected by blue-on-yellow and standard white-on-white automated perimetry. *Arch Ophthalmol*. 1993 May;111(5):651-6.
- (123) Girkin CA, Emdadi A, Sample PA, Blumenthal EZ, Lee AC, Zangwill LM et al. Short-wavelength automated perimetry and standard perimetry in the detection of progressive optic disc cupping. *Arch Ophthalmol*. 2000 Sep;118(9):1231-6.
- (124) Bayer AU, Erb C. Short wavelength automated perimetry, frequency doubling technology perimetry, and pattern electroretinography for prediction of progressive glaucomatous standard visual field defects. *Ophthalmology*. 2002 May;109(5):1009-17.
- (125) Hu R, Wang C, Gu Y, Racette L. Comparison of standard automated perimetry, short-wavelength automated perimetry, and frequency-doubling technology perimetry to monitor glaucoma progression. *Medicine*. 2016 Feb;95(7):e2618.
- (126) Teesalu P, Vihanninjoki K, Airaksinen PJ, Tuulonen A, Läärä E. Correlation of blue-on-yellow visual fields with scanning confocal laser optic disc measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1997 Nov;38(12):2452-9.

- (127) Mansberger SL, Sample PA, Zangwill L, Weinreb RN. Achromatic and short-wavelength automated perimetry in patients with glaucomatous large cups. *Arch Ophthalmol*. 1999 Nov;117(11):1473-7.
- (128) Johnson CA, Sample PA, Zangwill LM, Vasile CG, Cioffi GA, Liebmann JR, Weinreb RN. Structure and function evaluation (SAFE): II. Comparison of optic disk and visual field characteristics. *Am J Ophthalmol*. 2003 Feb;135(2):148-54.
- (129) Mok KH, Lee VW, So KF. Retinal nerve fiber layer measurement by optical coherence tomography in glaucoma suspects with short-wavelength perimetry abnormalities. 2003 *J Glaucoma*. Feb;12(1):45-9.
- (130) Sanchez-Galeana CA, Bowd C, Zangwill LM, Sample PA, Weinreb RN. Short-wavelength automated perimetry results are correlated with optical coherence tomography retinal nerve fiber layer thickness measurements in glaucomatous eyes. *Ophthalmology*. 2004 Oct;111(10):1866-72.
- (131) Jung KI, Kang MK, Choi JA, Shin HY, Park CK. Structure-function relationship in glaucoma patients with parafoveal versus peripheral nasal scotoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016 Feb;57(2):420-8.
- (132) Chauhan BC, Garway-Heath DF, Goñi FJ, Rossetti L, Bengtsson B, Viswanathan AC et al. Practical recommendations for measuring rates of visual field change in glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2008 Apr;92(4):569-73.