

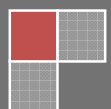
2008/2009

Campimetria de Duplicação de Frequência e Comparabilidade com Campimetria SAP na Detecção, Análise e Seguimento do Glaucoma

UBI
MESTRADO DE OPTOMETRIA EM CIÊNCIAS
DA VISÃO

Docente: Professor Doutor Pedro Monteiro
Discente: Helder Pedreiro nº m1304

2008/2009



INDICE

1 - Introdução.....	2
2 - Princípio da duplicação de frequência.....	4
2-1-Distorção harmónica.....	4
2-2-Duplicação da frequência espacial.....	6
2-3-Reciprocidade espacio-temporal.....	7
2-4-Integração temporal.....	8
3- Fenómenos perceptivos associados à duplicação de frequência.....	11
4-Campimetria FDT.....	13
4-1-Características do estímulo.....	13
4-1-1-FDT1.....	13
4-1-2-FDT2.....	13
4-2-Estratégias limiares.....	14
4-2-1-MOBS.....	14
4-2-2-ZEST.....	16
5-Comparabilidade da campimetria FDT com a campimetria convencional.....	20
5-1-Detecção e análise do glaucoma.....	20
5-2-Seguimento do glaucoma.....	33
6-Conclusão	36
Bibliografia	38

1 – Introdução

O glaucoma é uma das principais causas de cegueira no mundo. Quando se estuda a doença, a sua severidade é muitas vezes quantificada pela degradação do campo visual. Na prática clínica a perimetria acromática standard (SAP) é a mais frequentemente utilizada. No entanto tem sido provado que esta técnica só detecta anomalias do campo visual quando 20 a 40% dos axónios das células ganglionares se perderam [1]. É, então, imperativo desenvolver novas técnicas capazes de fazer uma detecção mais precoce. A tecnologia de duplicação de frequência é uma técnica relativamente nova para testar o campo visual, que tem como princípio uma ilusão primeiramente descrita por Kelly em 1966 [2], em que é apresentado um estímulo de baixa frequência espacial posto a piscar a uma alta frequência temporal, sendo percebido com o dobro da frequência. Este fenómeno tem uma localização cortical não sendo um fenómeno retiniano [3,4]. Vários estudos concluíram que esta técnica tem alta especificidade, sensibilidade e também uma boa capacidade predictória da evolução no campo visual.

No ano de 2003 foi introduzido no mercado um novo aparelho, o Humphrey Matrix , sendo uma evolução do primeiro, também este foi desenvolvido pela Carl Zeiss Meditec. Foi desenvolvido a partir dos mesmos princípios mas com algumas diferenças, tais como estímulo de apresentação mais pequeno, rede sinusoidal quadrada de 5°, aumento do número de localizações de teste, proporcionando maior detalhe da distribuição espacial da perda do campo visual, entre outras.

Para que se possa considerar que novas técnicas de perimetria têm maior valor clínico que a SAP, elas devem demonstrar capacidades psicométricas superiores, não só grande capacidade de validação, baixa variabilidade, alta especificidade e sensibilidade, mas também grande capacidade na detecção e progressão de danos no campo visual.

É, então, objectivo deste trabalho descrever de uma forma breve e clara o princípio da duplicação de frequência e os fenómenos perceptivos associados, bem como fazer uma revisão bibliográfica completa da aplicação do princípio à detecção, análise e

seguimento do glaucoma em comparação com a perimetria standard convencional, de modo que se possa concluir qual das duas será mais apropriada a um gabinete de optometria.

2 - Princípio da duplicação de frequência

2.1 - Distorção Harmónica

Ao desenvolver uma experiência em que se usava primeiramente um estímulo que obedecia a uma função de Bessel de 1ª ordem J_0 , mas que se alterou para um estímulo do tipo rede sinusoidal, Kelly[2] descobriu que, em determinadas condições, conseguia duplicar a frequência espacial percebida.

Uma vez que a sensação de brilho é não-linear em relação à luminância do estímulo visual, pode surgir alguma distorção harmónica na resposta visual a um estímulo periódico. É sobejamente conhecido que estímulos de padrões sinusoidais em que a luminância varia, têm uma aparência de barras de luz mais largas separadas por barras negras mais estreitas. Isto é o que se pode esperar se o padrão de estímulo,

$$s(x) = 1 + m \cos(\alpha x) \quad (1)$$

sofrer a transformação

$$r(x) = \log [s(x)], \quad (2)$$

assim a resposta visual será

$$r(x) = \log[1 + m \cos(\alpha x)] = m \cos(\alpha x) - \frac{1}{2} m^2 \cos^2(\alpha x) + \frac{1}{3} m^3 \cos^3(\alpha x) - \dots \quad (3)$$

Onde s é a luminância (estímulo), r o brilho (resposta), $\alpha/2\pi$ é a frequência espacial em cpg de ângulo visual, e m a amplitude de modelação $0 < m < 1$. [2]

Este tipo de distorção harmónica do supra-limiar está de acordo com a suposição teórica, feita por vários investigadores incluindo Kelly, que obedece ao *modelo de*

deLange. Foi demonstrado que este modelo pode ser levado em conta para o comportamento das altas frequências do limiar de pestanejo, para uma larga gama de amplitudes e níveis de adaptação de iluminância retiniana. [2]

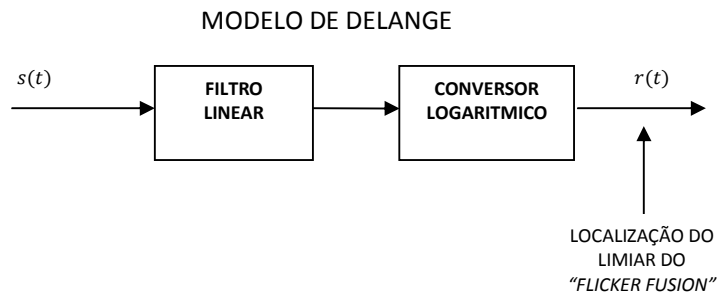


Figura. 2-1-modelo de deLange[2]

Está implícito, no modelo de deLange, a “linearidade de pequenos sinais”, i.e. à medida que a amplitude de entrada fica mais pequena, o *estado* de não-linearidade do sinal de saída torna-se mais próximo de um sinal sinusoidal e, uma vez no limiar, torna-se essencialmente não distorcido. [2]

A equação (3) representa o mesmo tipo de modelo para respostas espaciais, se se assumir que o $r(x)$ é o sinal de saída do estado de não-linearidade. Expandindo essa equação em função de $\cos(n \alpha x)$ verifica-se que a frequência fundamental α é o componente com maior peso. Harmónicas mais altas ocorrem com decréscimo das amplitudes com fases de 0° (para harmónicas ímpares) ou 180° (para as pares). À medida que m tende para zero estas altas Harmónicas são atenuadas mais rapidamente que a frequência fundamental. [2]

2.2 - Duplicação da Frequência Espacial

Quando introduzimos o factor tempo na equação (1) obtemos

$$s(x, t) = 1 + m \cos(\alpha x) \cos(\omega t) \quad (4)$$

onde $\omega/2\pi$ é a frequência temporal (em ciclos por segundo). A luminância deste estímulo é análoga ao deslocamento de uma corda esticada a vibrar num único modo, com amplitude m ; os antinodos de máximo piscar encontram-se separados por metade do comprimento de onda do padrão espacial. [2]

Se $\omega=0$, o estímulo fica igual ao da eq. (1); com baixas frequências temporais, o observador irá ver (perceber) a frequência espacial real. Se, por outro lado, aumentarmos a frequência temporal para valores superiores a 7 cps (frequência de máxima sensibilidade temporal) e se mantivermos a frequência espacial com valores menores ou iguais a 3 cpg de ângulo visual (frequência de máxima sensibilidade espacial), então o observador perceberá um padrão com o dobro da frequência espacial do estímulo. [2]

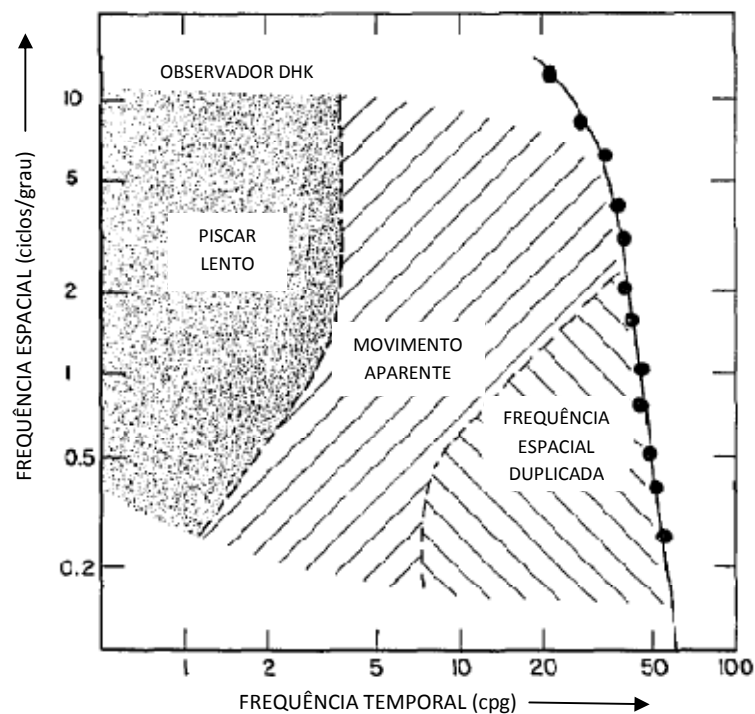


Figura 2-2- Região das frequências espacio-temporais onde ocorre o fenómeno. [2]

Como mostra a figura 2-2, a duplicação de frequência não ocorre com frequências espaciais superiores a 3 *cpg* ou com frequências temporais inferiores a 7 *cps*. Entre estes limites, a fronteira é uma linha direita com um declive de 1.0 (nesta zona a duplicação de frequência começa com uma frequência temporal que é directamente proporcional a frequência espacial do padrão (amostra) que fica duplo). [2]

Dentro desta região de dupla frequência, os antinodos podem parecer piscar violentamente, mas o observador já não é capaz de distinguir a sua fase. Também se verifica uma variação espacial periódica do brilho aparente a duas vezes a frequência espacial do padrão de estímulo. [2]

As respostas de segunda harmónica integram a única periodicidade do padrão que o observador percebe, a harmónica fundamental não é aparente. No entanto o mesmo fenómeno persiste à medida que aumentamos ω para a CFF (frequência crítica fusão), ou à medida que m decresce para o limiar. [2]

2.3 - Reciprocidade espacio-temporal

Torna-se claro que a teoria de deLange por si só não pode prever o efeito da duplicação de frequência. Postulou-se que seria necessário introduzir mais uma operação de filtragem seguindo a não-linearidade. Seguindo esta suposição adicional, a frequência fundamental e todas as harmónicas negativas serão retiradas do processo de soma, deixando como sinal de saída só a segunda harmónica. [2]

Por analogia com a equação (3), a resposta espacio-temporal correspondente ao estímulo da equação (4) será

$$r(x, t) = \log[1 + m \cos(ax) \cos(\omega t)] = m[\cos(ax)][\cos(\omega t)] - \frac{1}{2}m^2[\cos^2(ax)][\cos^2(\omega t)] + \dots \quad (5)$$

tal como no estímulo correspondente, esta resposta é simétrica em relação a ax e a ωt . [2]

2.4 - Integração temporal

A figura 2-3 mostra o modelo de deLange expandido permitindo assim adicionar uma operação temporal de “flicker” depois do estado de não-linearidade. Este segundo estado de filtragem tem que ser um integrador temporal; que é um filtro passa-baixo que elimina ou atenua as altas frequências temporais. Para que possamos perceber como é que este arranjo produz o fenómeno observado, vamos considerar toda a resposta logarítmica em dois instantes de tempo separados por meio ciclo da frequência temporal. Substituindo $\omega t = 2\pi n$ e $\omega t = \pi(2n + 1)$, expandindo a série obtemos

$$r(x, 0) = m \cos(\alpha x) - \frac{1}{2} m^2 \cos^2(\alpha x) + \frac{1}{3} m^3 \cos^3(\alpha x) - \dots \quad (6a)$$

$$r(x, \pi/\omega) = -m \cos(\alpha x) - \frac{1}{2} m^2 \cos^2(\alpha x) - \frac{1}{3} m^3 \cos^3(\alpha x) - \dots \quad (6b)$$

as duas equações têm a mesma expansão em série, com a excepção dos sinais dos termos ímpares que estão trocados, numa são positivos na outra são negativos. Se adicionarmos as equações, todos os termos ímpares anulam-se restando o termo elevado ao quadrado como termo dominante; assim

$$r(x, 0) + r(x, \pi/\omega) = -m^2 \cos^2(\alpha x) + e \quad (6c)$$

(Onde e representa os outros pequenos termos de alta ordem). Assim

$m^2 \cos^2 \alpha x = \frac{1}{2} m^2 [1 + \cos(2\alpha x)]$, representa a componente da dupla frequência.

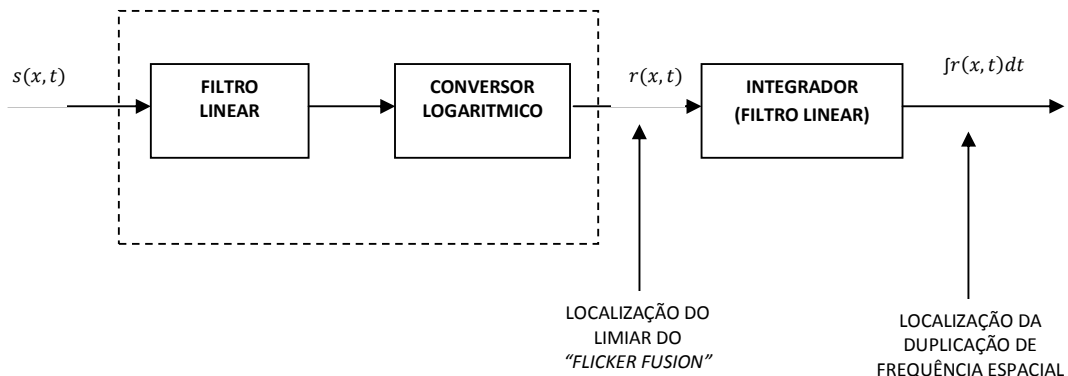


Fig 2-3 - Modelo de deLange bidimensional. [2]

Não é provável que o sinal temporal não seja amostrado apenas nestes dois instantes utilizados nas equações anteriores. A equação (6c) é um caso especial de um processo de integração temporal contínuo do sinal, em cada ponto da retina. Este processo físico tem uma constante finita de tempo, mas um período de integração muito curto é suficiente para produzir a dupla frequência espacial. Por exemplo, a integração termo a termo da equação (5) sobre um único ciclo fica

$$\int_0^{2\pi} r(x, t) dt = -(\pi m^2 / 4\pi)[1 + \cos(2ax)] + e. \quad (7)$$

Se integrarmos sobre muitos ciclos vamos eliminar o termo ω da equação (7) se mantivermos o tempo de integração constante. De facto como a dupla frequência se verifica quando $\omega/2\pi$ é superior a 7 cps, podemos dizer que esta constante de tempo tem que ser menor que 140 ms, o que está razoavelmente de acordo com outras medidas do tempo de integração visual. [2]

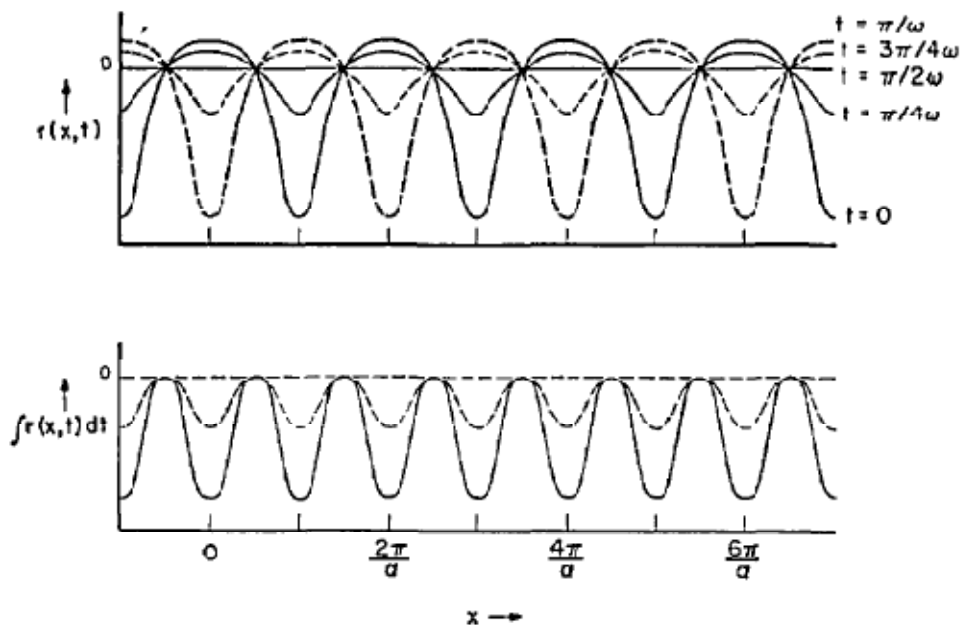


Figura. 2-4 -Padrões espaciais sucessivos no sinal de saída da fase não linear e padrão de duplicação de frequência resultante da integração temporal. [2]

Esta relação está demonstrada graficamente na fig. (2-4). O diagrama superior representa a resposta espacial não-linear em cinco instantes de tempo cobrindo meio ciclo da frequência temporal. Se todas estas formas de ondas fossem adicionadas, o

resultado obtido seria principalmente a segunda harmónica espacial, como mostra o diagrama de baixo; e isto verifica-se à medida que a amplitude de entrada diminui até zero. A figura 2-4 representa a aparência subjectiva da integração temporal à medida que a frequência temporal é aumentada até ao ponto onde se vê a duplicação da frequência espacial. [2]

3 - Fenómenos perceptivos associados à duplicação de frequência

O fenómeno, “ilusão” de duplicação de frequência (FD), originalmente descrito por Kelly [2]; é percebido quando uma rede sinusoidal de baixa frequência espacial $<4\text{cp/g}$ se encontra a piscar em alta frequência temporal ($\geq 15\text{ Hz}$), neste ponto a frequência espacial aparenta ter o dobro do valor original. [3]

A ilusão FD foi inicialmente associada às células ganglionares M_y (células ganglionares do tipo Y na via magnocelular dos primatas), que representam cerca de 15 a 20% das magnocelulares projectadas pelas células ganglionares, que têm propriedades de resposta não-linear, e têm axónios de grande diâmetro. No entanto, deve-se salientar que a existência do subgrupo das vias magnocelulares de resposta não-linear nas células ganglionares da retina tem sido questionada. [3,4]

Aparências espaciais fraccionadas (com frequência espacial aparente entre a real e a duplicada) têm sido descritas quando se utilizam certos estímulos. Por exemplo, a aparência fraccionada tem sido observada com estímulos de curta duração, quando a iluminação retiniana é baixa e após prolongada adaptação a padrões sinusoidais. Alguns investigadores relataram que as frequências espaciais percebidas em grelhas podem ser fraccionadas, quando certas frequências temporais são utilizadas. [3]

Também foi demonstrado que estímulos com contraste podem afectar a percepção da frequência espacial. Num estudo utilizando estímulos com alta frequência temporal e baixa frequência espacial, McKendrick e associados, demonstraram que a frequência espacial aparente de estímulos sinusoidais não foi significativamente alterada quando o contraste foi aumentado do limiar até cerca de três vezes o limiar. [3]

Investigações em primatas, tal como investigações psicofísicas em humanos, demonstraram claramente que a ilusão FD tem origem cortical, e não retiniana. Tem sido proposto que o valor mínimo do perfil da luminância da modulação rápida das redes sinusoidais (áreas de mínimo piscar percebido) fornece a componente espacial da ilusão.

A localização cortical para a ilusão FD é suportada por estudos recentes que revelam que monocularmente a frequência espacial mascara a ilusão FD resultando num aumento do limiar centrado na frequência espacial fundamental. No entanto, a máscara espacial dichoptica (testar um olho com o limiar FD irá mascarar o contralateral) revelará um aumento no limiar até duplicar a frequência espacial. A máscara da frequência espacial que foi associado ao estímulo (25Hz) maximizou o enfraquecimento (diminuição) do limiar de contraste FD em comparação com qualquer outra máscara seja ela temporal ou espacial, indicando que o piscar é o factor dominante na determinação do limiar de contraste FD. Para além do mais tem sido descrita a ilusão FD utilizando redes sinusoidais cromáticas, sustentando a teoria da localização cortical da ilusão FD por causa da projecção parvocelular das células ganglionares que processam as cores terem propriedades lineares na somação espacial, ao contrário do que originalmente se tinha proposto, a não-linearidade das células ganglionares. Também foi sugerido que o mecanismo de separação subjacente à detecção e percepção da forma quando o estímulo de *luminância* for usado este mecanismo singular foi responsável pela *detecção e forma*, quando o estímulo cromático foi usado. Acerca da controvérsia que rodeia o processo da ilusão FD, é imperativo determinar qual o aspecto (parte) da ilusão que primeiramente é percebido pelo sistema visual, uma vez que o limiar de detecção é o factor mais determinante do processo dominante das vias visuais. [4]

4- Campimetria FDT

Na tentativa de arranjar um método de diagnóstico do glaucoma, de uma forma precoce e eficaz, foi lançado no mercado o perímetro FDT no final da década de 90. O que levou à suposição de que este método realiza, uma detecção mais precoce do glaucoma, que o SAP, foi o facto das células ganglionares responsáveis pela ilusão FD, serem as primeiras a perder-se em caso de glaucoma.[1]

4-1 Características do estímulo

4-1-1 FDT 1

O perímetro FDT, da primeira geração, usa como estímulo uma rede sinusoidal vertical de baixa frequência espacial, que pisca em alta frequência temporal (25 Hz) para produzir a ilusão FD. Podem ser seleccionados dois programas o C-20 e o N-30, o C-20 usa 17 localizações de estímulo nos 20° centrais do campo visual, estímulo quadrado de 10°x10° com frequência espacial de 0,25 *cpg* e um estímulo circular de diâmetro 10° com frequência espacial de 0,50 *cpg* na zona central. O N-30 utiliza mais dois estímulos quadrados, no lado nasal do campo visual de forma a cobrir 30° centrais. [1]

4-1-2 FDT2

O estímulo do perímetro Humphrey Matrix é apresentado no infinito óptico do observador, através de um tubo de raios catódicos e com uma luminância nominal de fundo de 100 cd/m² [5]. O estímulo apresentado é um quadrado de rede sinusoidal de 5°, com a excepção do estímulo foveal que é circular, com frequência espacial de 0.5 *cpg*, ambos a piscar em contra fase a 18 Hz [5,6]. Com uma duração de apresentação de 500 *ms*. São testados 69 localizações no teste 30-2 com distribuição semelhante à do 30-2 do HFA como mostra a figura 4-1 imagem superior, no 24-2 são usados 55 localizações dos 69 do 30-2 e no 10-2 são testados 44 localizações nos 10° centrais, onde se incluem 16

localizações para testar a zona macular 4^o centrais do campo visual [6], como mostra figura 4-1 imagem inferior.

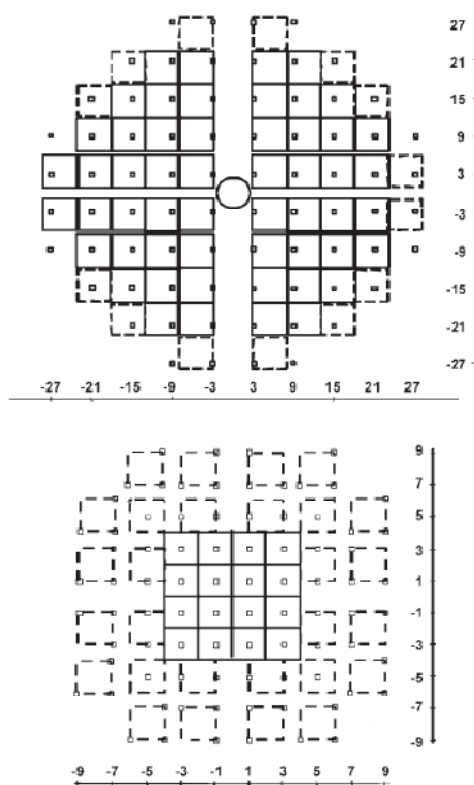


Figura 4-1 – Distribuição dos pontos testados no programa 30-2 (imagem superior) e no 24-2(imagem inferior).[6]

4.2 Estratégias Limiares

4-2-1 MOBS

A estratégia utilizada na perimetria FDT1 é a MOBS, esta estratégia segue os princípios da estratégia procura binária (binary search), que para encontrar um número entre 0 e 100 começa por seleccionar o número médio (50) e se este for muito alto, o número alvo estará entre o intervalo 0-49 e a próxima selecção será o 25 e por ai em diante. Esta estratégia é um caso especial de uma estratégia de máxima probabilidade, onde se considera que na PDF inicial todos os limiares têm a mesma probabilidade. Utilizando uma função de probabilidade onde metade dos valores serão 100% e na outra

metade 0%, para um lado ou para o outro do valor médio dependendo da resposta ser positiva ou negativa. [7]

A estratégia procura binária assume que o número procurado não varia, mas, em perimetria, o valor do limiar varia e o sujeito examinado também comete erros. Para eliminar este problema a estratégia MOBS segue a estratégia procura binária mas também verifica os limites se houver duas respostas iguais seguidas. Esta estratégia começa com uma gama de valores possíveis, para o limiar que contém o valor mais alto e o valor mais baixo, esta gama de valores vai-se encurtando à medida que é empurrada para cima ou para baixo, dependendo da resposta do sujeito. Se não se verifica consistência num limite, por exemplo, o sujeito não conseguiu ver a intensidade testada no final da gama de contrastes testados, então esta gama será estendida ao limite anterior. Ocorre uma reversão quando a última resposta diferir da anterior. A estratégia MOBS pára quando se atingir uma largura mínima no intervalo testado e um determinado número de reversões tiverem ocorrido. Na perimetria FDT a largura mínima do intervalo é 3dB e o número de reversões são 4. [7]

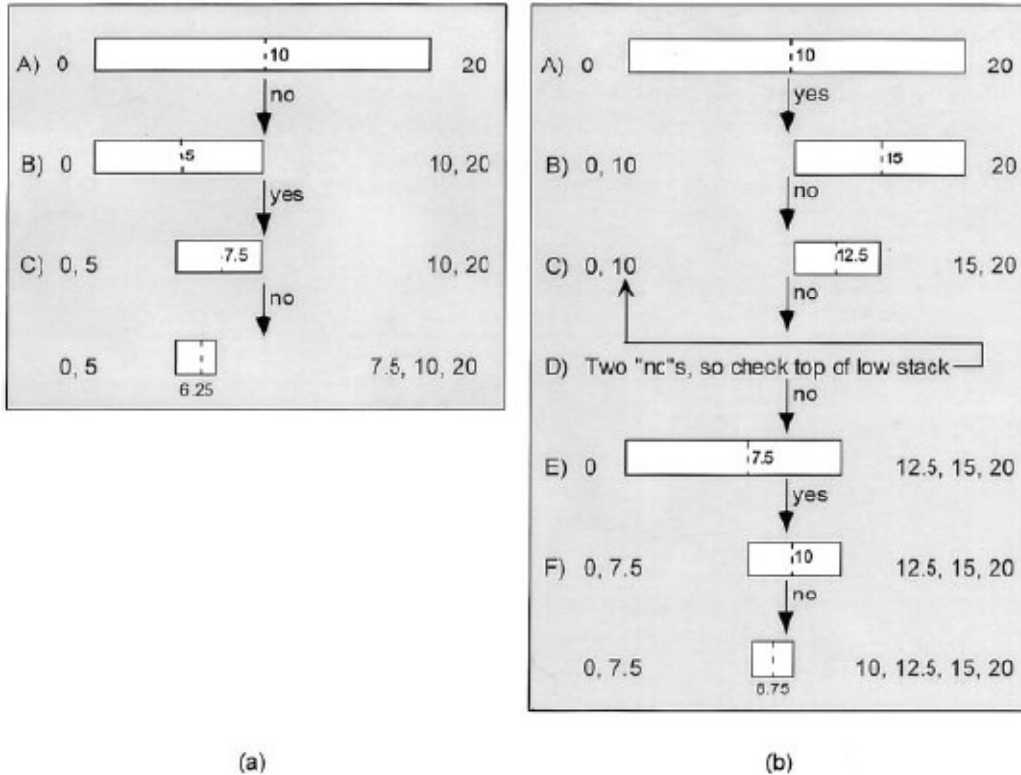


Figura 4-2 - (a) representa um sujeito que não cometeu erros. (b) representa um sujeito que cometeu um erro na primeira apresentação. [7]

4-2-2 ZEST

No perímetro Humphrey Matrix é usada a estratégia de máxima probabilidade (ZEST) como método psicométrico para estimar o limiar (threshold) [5,6]. O procedimento está largamente descrito na bibliografia [7,8], sendo resumido em seguida. Para a determinação do limiar o ZEST baseia-se na probabilidade máxima. É definida uma função de densidade de probabilidade (PDF) inicial para cada localização de estímulo e para todos os possíveis limiares. Esta, determina a probabilidade do paciente ter um determinado limiar, dos 21 possíveis (0-20 dB para perimetria FDT), numa determinada localização. O termo função de densidade de probabilidade PDF, aqui citado, não será o mais correcto uma vez que ele se aplica a distribuições contínuas. O termo correcto seria função de distribuição (DF) $F = P(Y \leq a) = \sum_{y \leq a} p(y)$ [9]. Por uma questão de

coerência com o descrito pela comunidade internacional, iremos continuar a chamar-lhe PDF. O primeiro estímulo é apresentado com um contraste igual ao da média desta PDF. A resposta a este estímulo é usada para alterar a PDF e calcular uma nova, a apresentar na localização seguinte.

Na figura 4-3 a imagem superior mostra uma PDF inicial onde se assume que o limiar mais provável será 14 dB com uma probabilidade de 0,13, também se pode verificar que a probabilidade do paciente ter um limiar de 2,3,4,19 ou 20 é muito reduzida $p=0.001$. O estímulo apresentado, ao paciente, irá ser de 12 dB que é a média da PDF. Se a resposta do paciente for não, então, a PDF irá ser modificada de modo a dar uma maior probabilidade aos níveis de decibéis inferiores a 12 dB, figura 4-3 imagem inferior, a média desta nova PDF (9 dB) irá ser usada como estímulo na apresentação seguinte. Por outro lado, se a resposta for sim o procedimento irá ser idêntico mas dando maior probabilidade aos decibéis superiores a 12 dB, onde a média da nova PDF é 15 dB.

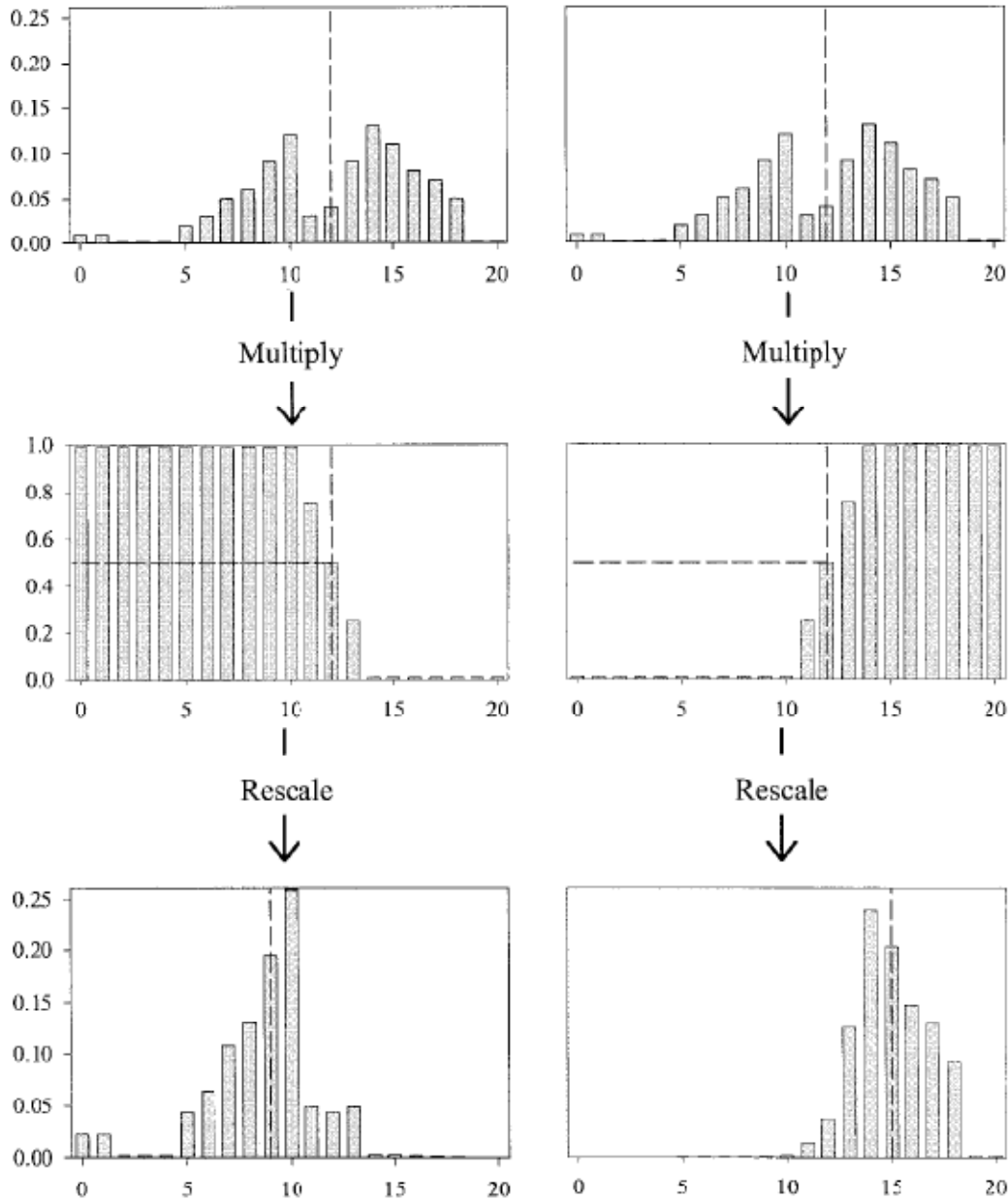


Figura 4-3 – Passo inicial da estratégia ZEST. Imagem superior PDF inicial. Imagem do meio representa a função de probabilidade com a probabilidade de 50% alinhada com a média da PDF, à esquerda função de probabilidade para apresentação não vista, resposta negativa e à direita para resposta positiva apresentação vista. Imagem inferior nova PDF. [7]

A regra para gerar uma nova PDF é multiplicar a anterior pela função de probabilidade que representa o indivíduo ver o estímulo. No meio da figura 4-3 está representada a função de probabilidade usada para calcular a nova PDF. Esta função de probabilidade deve ser 50% no nível testado e variar 25% para baixo ou para cima nos

níveis ao lado, dependendo da resposta do paciente, se a resposta for não o nível anterior deve somar e o seguinte subtrair ficando 75% imediatamente antes e 25% depois, os restantes níveis terão 99% para níveis inferiores e 1% para níveis superiores. No caso de a resposta ser sim inverte-se a função.

Uma vez calculada a nova PDF, os seus valores devem ser normalizados e calcula-se uma nova média dos valores dessa PDF e apresenta-se como novo estímulo, todo o processo é repetido por um determinado número de vezes ou então até o desvio padrão da PDF ficar abaixo de um valor predefinido. O critério de paragem deve ser cuidadosamente escolhido, tendo em mente critérios clínicos realistas. O limiar do indivíduo é a média da PDF determinada. Quando é atingido o limiar do indivíduo, obteve-se a função de máxima probabilidade que representa a função psicométrica do indivíduo.

Tal como foi verificado por Vingrys e Pianta [8] a PDF inicial pode ter como base estudos demográficos, ou a intuição do examinador sobre aquele que será o limiar de um determinado indivíduo.

5 - Comparabilidade da campimetria FDT com campimetria convencional

Neste capítulo foram introduzidos os estudos referentes a uma comparação entre a perimetria FDT e a perimetria SAP, independentemente das estratégias escolhidas e em estudos do glaucoma.

5.1 - Detecção e análise do glaucoma

Em 1999, um estudo realizado por Cello et al [10], abordou a capacidade de detecção da perda de campo visual glaucomatosa com perimetria de duplicação de frequência. Tinha o objectivo de avaliar a capacidade de detecção de danos glaucomatosos no campo visual inicial que se traduzem numa perda moderada e avançada ou severa, utilizando tecnologia da duplicação de frequência num estudo prospectivo. Realizou-se perimetria FDT utilizando a estratégia (C-20 full-threshold) no olho direito de 254 sujeitos normais (população controlo) e 230 glaucomatosos dos quais 85 estavam em fase inicial, 114 em fase moderada e 31 em fase avançada da perda do campo visual. Utilizou-se o Humphrey Field Analyzer para classificar a perda do campo visual, como inicial para MD ("Mean Deviation") melhor que -6 dB, moderada para MD entre -6 e -12 dB e avançada para MD entre -12 e -22 dB. Obtiveram-se curvas ROC ("Receiver Operating Characteristic") mostrando 100% de sensibilidade e especificidade (área abaixo da curva igual a 1,0) para a detecção de perdas em fase avançada, como mostra a figura 5-1, demonstrando que os resultados da perimetria FDT para a população controlo e para a população com perda avançada foram correctos não se sobrepondo. Diagnóstico correcto em todos os casos.

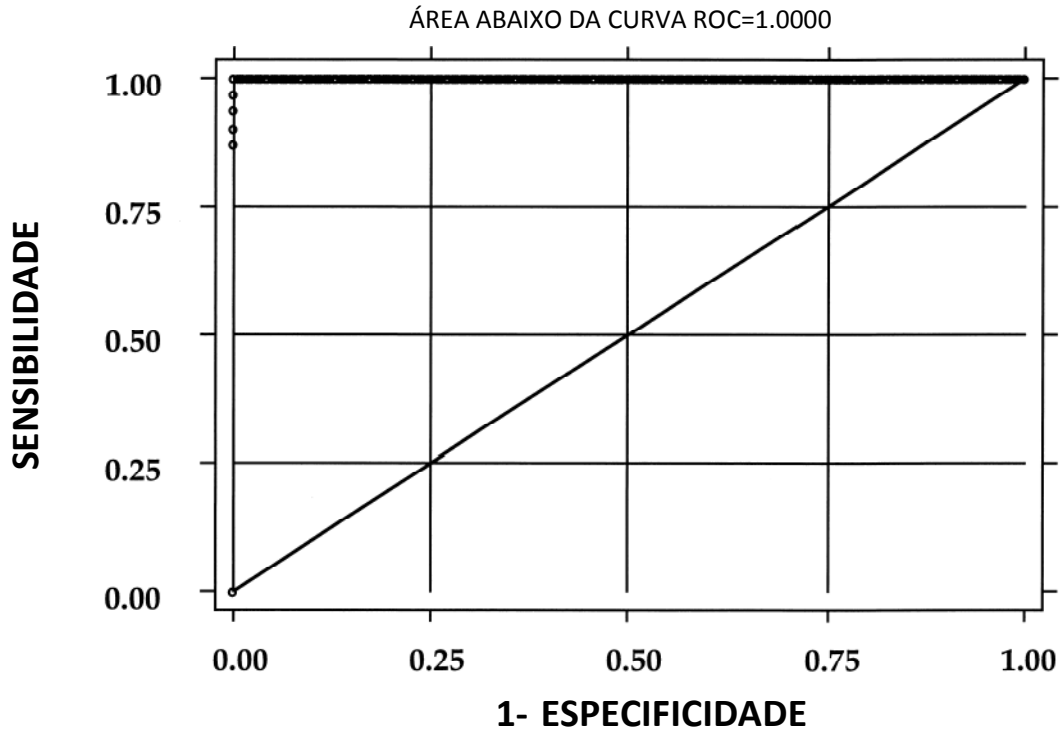


Figura 5-1 – Curva ROC para os resultados FDT dos sujeitos controlo versus os pacientes glaucomatosos com perda avançada de campo visual. [10]

Aproximadamente 96% de sensibilidade e especificidade, com área abaixo da curva ROC de 0,9751 para perdas moderadas, figura 5-2, determinada pela inflexão da curva no canto superior esquerdo do gráfico.

ÁREA ABAIXO DA CURVA ROC=0.9751

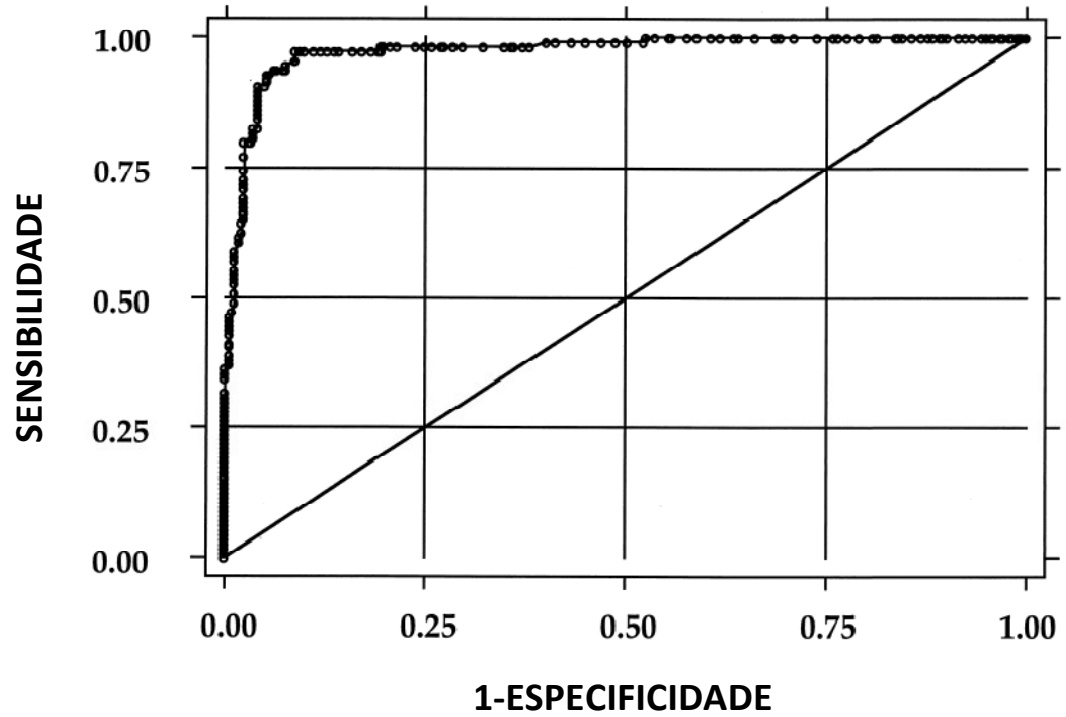


Figura 5-2 - Curva ROC para os resultados FDT dos sujeitos controlo versus os pacientes glaucomatosos com perda moderada de campo visual. [10]

Com uma sensibilidade de 85% e especificidade 90%, uma área abaixo da curva ROC de 0,9261 para perdas iniciais do campo visual, fig. 5-3, determinada pela inflexão da curva no canto superior esquerdo do gráfico. [10]

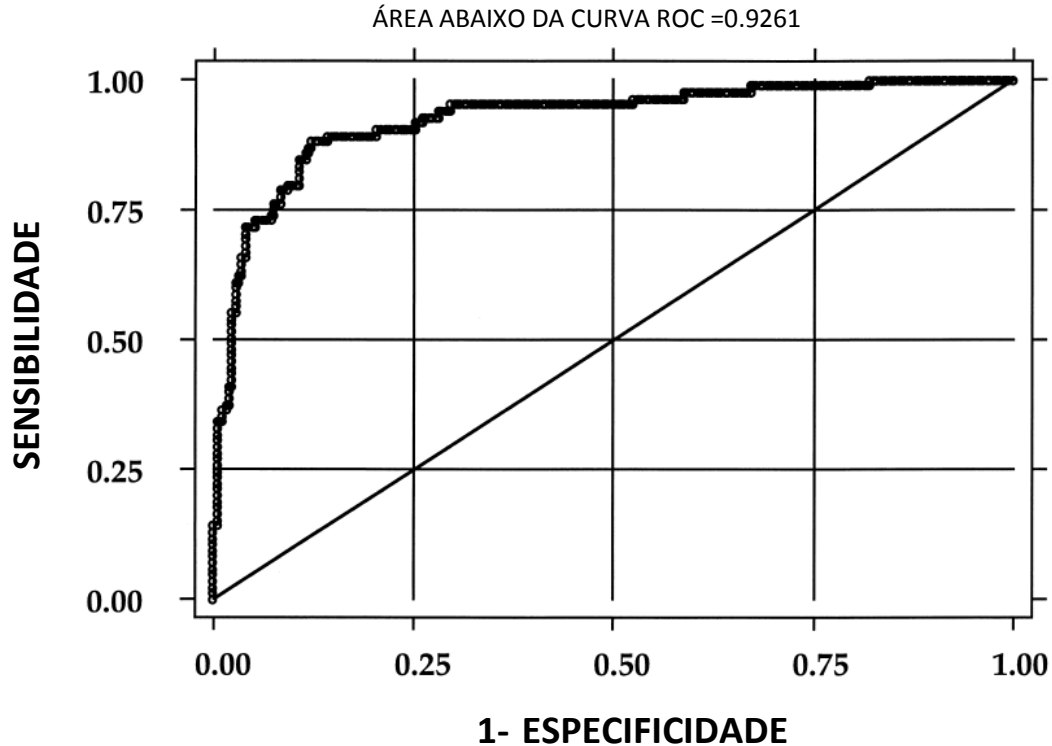


Figura 5-3 – Curva ROC para os resultados FDT dos sujeitos controlo versus os pacientes glaucomatosos com perda inicial de campo visual. [10]

Os achados deste estudo vão ao encontro de outros efectuados antes, onde se têm realizado perimetria FDT a um pequeno número de indivíduos normais (população controlo) e um grupo de pacientes glaucomatosos. A sensibilidade e especificidade da perimetria FDT para a detecção de perdas moderadas e avançadas do campo visual foram excelentes, obtendo-se resultados de sensibilidade e especificidade na ordem dos 97%. Para pequenas perdas do campo visual a sensibilidade e a especificidade decrescem um pouco, mas mantêm uma boa performance registando valores de sensibilidade de 85% e especificidade de 90%. Estes resultados indicam que a perimetria FDT pode ser usada para detectar perdas do campo visual devidas ao glaucoma, com uma performance comparável à que se atinge com a estratégia “full-treshold” da perimetria automática convencional. [10]

Outro estudo realizado por Burnstein et al [11], editado em 2000 tinha como objectivo determinar a sensibilidade e especificidade da perimetria FDT em comparação com o padrão Humphrey Visual Field Testing (Humphrey Field Analyzer). Foi utilizado o

perímetro FDT e o Humphrey Field Testing 24-2 em 29 pacientes consecutivos numa consulta de glaucoma. Os dados do olho direito foram utilizados para calcular a especificidade e sensibilidade e respectivas curvas ROC. [11]

Obtiveram para a perimetria FDT em modo “screening”, e com um teste hemicampo glaucomatoso anormal usado como standard, a área abaixo da curva ROC foi de 89.3%, 81.5% ou 75.0% para a presença de pequena, moderada ou severa perda do campo visual, respectivamente. Resultados similares foram encontrados com o uso de um MD (Mean Deviation) ($p < 0.05$) para definir o defeito do campo visual Humphrey. Para a perimetria FDT em modo “threshold”, a área abaixo da curva ROC foi 93.4% com a presença de algum defeito ($p < 0.05$) usado como critério para caso anormal, e o teste hemicampo glaucomatoso anormal como padrão. Em todos os casos o modo “threshold” teve melhores resultados na detecção de defeito do campo visual do que o modo “screening”. [11]

Concluíram que a perimetria FDT mostrou uma alta sensibilidade e especificidade na detecção de anomalias do campo visual especialmente quando são usadas estratégias “threshold”. [11]

O estudo realizado por Horikoshi et al [12], em 2001, pretendia comparar a efectividade da perimetria FDT na detecção de anomalias devido a glaucoma primário de ângulo aberto (POAG) e glaucoma de tensão normal (NTG). [12]

Foram estudados 29 pacientes com POAG e 27 com NTG. Todos realizaram testes com o programa C-20 do perímetro FDT e com o programa 24-2 do HFA, e comparou-se a média de valores dos índices do campo visual. Os resultados obtidos pelos dois perímetros não podem ser directamente comparados, porque o HFA mede diferenças no limiar de detecção da luz e o perímetro FDT mede sensibilidade ao contraste. No entanto compararam-se os dois perímetros usando os níveis de significância (valores p) do MD, que indicaram o desvio dos valores dos pacientes em relação a média da população normal. MD apresenta-se como a média aproximada da sensibilidade em todas as localizações, comparada com os valores da média ajustada à idade de indivíduos normais. [12]

Não foram encontradas diferenças significativas nos dois grupos em termos de idade, desvio médio (MD), e desvio padrão da forma (PSD) medidos pelo Humphrey Field Analyzer (HFA). A correlação entre os valores MD determinados pelo HFA (x) e pelo FDT (y) são representados por $y = 0.60x - 0.27$ ($r = 0.78, p < 0.01$) no grupo POAG e $y = 0.59x + 0.6$ ($r = 0.81, p < 0.001$) no grupo NTG. No entanto a média do MD dos resultados obtidos pelo perímetro FDT foram significativamente mais baixas no grupo POAG, do que no grupo NTG ($p < 0.05$), não tendo sido encontradas diferenças significativas em termos médios de PSD entre os dois grupos. Em casos de glaucoma em fase inicial ($MD \geq -5$ dB pelo HFA), uma maior proporção de casos no grupo POAG do que no grupo NTG têm um nível de significância de MD mais baixo, determinado pelo perímetro FDT do que pelo HFA ($p < 0.02$). Em muitas das localizações espaciais periféricas testadas no perímetro FDT, a sensibilidade média no grupo POAG foi mais baixa do que no grupo NTG, não havendo diferenças significativas entre os dois grupos quando testados pelo HFA. [12]

A perimetria FDT demonstrou ter maior sensibilidade na detecção da perda do campo visual em casos POAG do que em casos NTG. Isto também demonstra que a patogénese dos danos nas células My é diferente nos casos POAG e NTG. Neste estudo demonstra-se também que a perimetria FDT é mais sensível na detecção de danos no campo visual no grupo POAG do que o HFA, e o contrário para o grupo NTG. [12]

O estudo, realizado por Casson et al [13], faz uma comparação entre as duas técnicas FDT e SAP. Pretendia determinar o número de pontos falhados pela perimetria FDT que possam otimizar a sensibilidade e especificidade do teste e a exactidão topográfica do mesmo num estudo clínico. [13]

Neste estudo prospectivo, foram usados os dados perimétricos de 99 pacientes que realizaram ambas as perimetrias, FDA e Humphrey 24-2 (H 24-2), com o intuito de determinar a especificidade e a sensibilidade da perimetria FDT em modo “screening”, e compará-la com o padrão usando a estratégia do limiar total H24-2. [13] Foram estudados 54 mulheres e 45 homens com média de idades de 65.6 anos (SD 12.4). Quarenta e cinco olhos tinham glaucoma de ângulo aberto, 36 classificados como suspeitos, 3 olhos com glaucoma de ângulo fechado e 15 normais.

A correlação entre o número total de pontos falhados pela perimetria FDT e o MD obtido pelo Humphrey foi ($r=0.79$, $p<0.001$). A correlação entre os pontos falhados pela perimetria FDT e o CPSD (“Corrected Pattern Standard Deviation”) obtido pelo Humphrey não foi tão forte como a MD, mas manteve um elevado nível de significância ($r=0.56$, $p<0.001$). Vinte e quatro olhos testados (12%) tiveram mais de 5 perdas de fixação no H24-2, se estes fossem excluídos da análise a correlação entre o MD e o número total de pontos falhados pela perimetria FDT praticamente não se alterava ($r=0.76$).

Teste GHT	Nº de localizações falhadas no FDT					
	0 falhas	≥ 1 falha	0-1 falha	≥2 falhas	0-2 falhas	≥3 falhas
Normal	49	6	51	4	52	3
Anormal	7	25	11	21	13	19
Outros*	5	7	8	4	9	3

*fronteira de sensibilidade anormal

Tabela-1- Comparação do teste GHT da Humphrey com os testes FDT.

Para estimar a sensibilidade e especificidade óptima para a perimetria FDT dividiu-se a amostra em dois grupos, a divisão teve como base o número total de pontos falhados na perimetria FDT, e comparou-se com o teste indicador de defeito no campo visual devido a glaucoma, GHT (tabela 1). Baseado nestes dados, e usando como critério pelo menos um ponto falhado, pela perimetria FDT, como indicador de anormalidade, então a sensibilidade foi 78.1% (25/32) e especificidade foi 89.1% (49/55). Se forem usados dois ou mais pontos falhados como indicador de anormalidade a especificidade marginal aumenta e a sensibilidade diminui para 65.6% (21/32) (tabela 1). Ao ser usado o resultado CPSD do Humphrey como indicador de anomalia no campo visual em vez do teste GHT e o teste anormal definido como quando a probabilidade CPSD for inferior a 5% e houver pelo menos um ponto falhado na perimetria FDT, obteve-se sensibilidade 74.8% e a especificidade 89.1%. Se o glaucoma for definido como um teste GHT anormal, com um MD inferior a 6 dB e com pelo menos um ponto falhado considerado anormal na perimetria FDT, então a sensibilidade aumenta para 94.2% e a especificidade 89.3%.

O tempo médio para realizar uma perimetria por olho foi 57 segundos na perimetria FDT e 12 minutos no Humphrey.

Para determinar se a perimetria FDT faz uma correcta localização do escotoma, comparou-se o número total de pontos falhados na perimetria FDT em cada quadrante com a quantidade de pontos falhados do gráfico MD para o quadrante correspondente no H24-2, e foram encontradas as seguintes correlações em cada quadrante (quadrante nasal superior $r=0.65$, temporal superior $r=0.56$, temporal inferior $r=0.60$ e nasal inferior $r=0.65$).

Para determinar se a perimetria FDT determina correctamente a profundidade da depressão (escotoma) no campo visual atribui-se uma pontuação aos pontos anormais no gráfico de desvio total no H24-2, tais como localizações falhadas com nível $p<5\%$ ganha um ponto, uma localização falhada com nível $p<2\%$ ganha 2 pontos, níveis de $p<1\%$ e $p<0.5\%$ ganham 3 e 4 pontos respectivamente. Similarmente determinou-se uma pontuação para os sectores falhados na perimetria FDT tais como defeito suave, moderado e severo, atribuindo 1, 2 e 3 pontos respectivamente. Aplicou-se este sistema de pontuação aos pontos falhados no quadrante nasal superior das duas perimetrias FDT e H24-2 e foi encontrada uma forte correlação ($r=0.68$, $p<0.001$). [13]

Demonstrou-se que a perimetria FDT no modo “screening” e num estudo clínico tem um desempenho favorável quando comparado com o H24-2. É rápida, tem uma alta especificidade, é um teste razoavelmente sensível que consegue considerar anormal quando pelo menos um ponto é falhado. A sensibilidade para detectar glaucoma moderado a severo é alta, aproximadamente 90% sem perda de especificidade e com grande precisão na localização e profundidade do escotoma. [13]

Outro estudo, realizado por Kogure et al [14] fez a comparação da perimetria FDT e a perimetria automática convencional em casos de glaucoma de hipertensão e glaucoma de tensão normal. O objectivo era investigar e verificar se existe concordância entre os resultados obtidos pela perimetria FDT e a perimetria estática automática convencional em casos de glaucoma com a tensão normal (NTG) e de glaucoma de PIO elevada (HTG). [14]

Foram estudados trinta e seis pacientes, que tinham realizado pelo menos duas perimetrias com o Humphrey (HFA) estratégia C30-2, foram examinados com perimetria FDT estratégia C20-1. O resultado em cada um dos 17 pontos de estímulo FDT foi graduado numa de quatro categorias. Cinquenta e oito pontos retirados dos setenta e seis do teste HFA, foram correlacionados com um dos dezassete agrupados correspondentes do FDT. Cada grupo foi representado com probabilidade mais baixa (escotoma no HFA) ou com a mais alta (“threshold” do HFA) do “total deviation” TD do HFA incluídos no agrupamento. A concordância de resultados “escotoma/threshold” do HFA e do FDT foram avaliados para cada caso NTG e HTG. [14]

Num total de 65 olhos, o coeficiente de Spearman entre a perimetria FDT e a HFA (“threshold/escotoma” do HFA) foi 0.599 e 0.515 ($p < 0.0001$), respectivamente. O “Mean Deviation” MD do HFA coincidiu com 20 olhos de HTG e em 20 NTG, o número de pontos com resultado anormal no FDT foi 102 com HTG e 62 com NTG. Olhos com HTG tiveram mais resultados FDT anormais do que os com NTG ($p = 0.0014$, Mann-Whitney U test). O coeficiente Kappa entre FDT e o “threshold” do HFA em olhos com HTG e NTG foi 0.288 e 0.520, respectivamente, a concordância entre a FDT e o escotoma do HFA foi 0.480 e 0.439, respectivamente. [14]

A melhor concordância entre a perimetria FDT e a do HFA foi observada no grupo dos olhos com NTG usando a estratégia “threshold” do HFA. Nos olhos com HTG foi observada uma menor concordância com mais pontos anormais no resultado do FDT, o que sugere uma sensibilidade suficiente da perimetria FDT em olhos com NTG e alta sensibilidade em olhos com HTG. [14]

Os próximos estudo centram-se na perimetria FDT da segunda geração, este perímetro surgiu como uma evolução do primeiro e foi introduzido em 2003.

Estudo realizado por Spry et al [15]. Este estudo tinha como objectivo avaliar a performance da perimetria FDT utilizando o perímetro Humphrey Matrix com o programa “thresholding” 24-2 em ambiente hospitalar numa unidade de seguimento e tratamento do glaucoma. [15]

Utilizaram uma amostra aleatória de indivíduos referenciados consecutivamente para a consulta hospitalar de suspeita do glaucoma, onde eram observados com os testes de rotina mais o “threshold” 24-2 do Humphrey Matrix. O poder discriminatório das perimetrias FDT e SAP foram verificados utilizando a aparência da cabeça do nervo óptico como referência standard. [15]

Foram recrutados 48 de 62 indivíduos referenciados e elegíveis para o estudo. A prevalência foi de 31%. A duração média dos testes por olho foi 5 minutos e 16 segundos para a FDT e 5 minutos e 9 segundos para a SAP. Não houve diferença significativa ($p=0.184$) na proporção de indivíduos com resultados relevantes nos testes (FDT 75%, SAP 63%). Usando um critério clínico apropriado para campos visuais anormais, os níveis de sensibilidade e especificidade foram de 100% e 26% para a FDT e 80% e 52% para a SAP, respectivamente. Ambos os testes demonstraram uma maior predictividade de valores negativa do que positiva, com diferença marginal entre testes. Os critérios de análise Free Receiver Operator Characteristic revelaram diferenças mínimas no poder discriminatório. [15]

Verificou-se que no caso em que estão envolvidos outros métodos auxiliares de estudo e diagnóstico do glaucoma, ambas as perimetrias, “threshold” 24-2 do Matrix e a SAP, tem características idênticas. Sugerindo que ambas as perimetrias são comparáveis pelo menos quando se usa a estratégia 24-2. [15]

O estudo realizado por Artes et al [5] em que se compara o “threshold” e propriedades de variabilidade do Matrix com a perimetria SAP. Comparou o resultado da perimetria FDT Matrix com os resultados da perimetria SAP em pacientes com glaucoma. Especificamente, examinou a relação entre sensibilidade do campo visual e a variabilidade do teste-reteste comparando os mapas do TD e o PDP entre as duas técnicas. [5]

Foram envolvidos cinquenta pacientes glaucomatosos com perdas de campo visual que variavam desde moderada a severa, avaliada pela SAP (MD, -4 dB com intervalo, +0.2 a -16.1). Os pacientes realizaram três sessões. Em cada sessão um dos olhos de cada paciente realizou duas perimetrias FDT Matrix (24-2 “threshold”) e duas SAP (SITA, standard 24-2), por ordem aleatória. Foi feita uma comparação entre o

“threshold” e localização ao nível das coordenadas do campo visual entre as duas perimetrias. A variabilidade teste-reteste, estabelecida em termos de intervalos e desvios padrão (SDs) do teste-reteste foi investigada como uma função de sensibilidade do campo visual (estimada por uma base de dados de “threshold” e “threshold” médio). A magnitude aparente de defeito do campo visual em total e mapas de PDP foi comparada entre as duas técnicas através dos resultados originais. [5]

Neste estudo os índices globais do campo visual em termos de MD e PSD das duas técnicas obtiveram boa correlação ($r>0.8$; $p<0.001$). Nas localizações testadas com alta sensibilidade (>25 dB com SAP), as estimativas do “threshold” das duas técnicas exibiam uma relação linear aproximada com uma inclinação aproximadamente igual a 2.0. No entanto, nas localizações testadas com baixa sensibilidade a relação demonstrou ser mais fraca e deixou de ser linear. Em comparação com a FDT Matrix, a perimetria SAP detectou uma maior quantidade de localizações com defeito absoluto (3.0% contra 2.2% da FDT Matrix, $p<0.001$). Enquanto a SAP mostrava um aumento da variabilidade com o teste-reteste nos locais testados com baixa sensibilidade ($p<0.001$), não se obteve uma relação entre variabilidade e a sensibilidade com o FDT Matrix ($p=0.46$). Em comparação com o SAP, o FDT Matrix demonstrou ter intervalos de teste-reteste mais apertados nas localizações testadas com sensibilidade mais baixa (threshold <25 da SAP). A comparação dos mapas de TD e PD entre as duas técnicas demonstrou que a análise do TD da FDT Matrix pode subestimar a perda do campo visual detectada pela SAP. No entanto, os mapas de PD demonstraram boa correlação. [5]

A variabilidade do teste-reteste da FDT Matrix demonstrou ter uniformidade ao longo das medidas. Esta propriedade pode ser uma vantagem quando se pretende fazer a monitorização de pacientes glaucomatosos num estudo longitudinal. [5]

O estudo realizado por Sakata et al [16], em 2007 pretendia comparar a capacidade de detecção de anormalidades no campo visual devido a glaucoma, da perimetria FDT Matrix (estratégia 24-2) com a perimetria SAP-SITA. [16]

Estudo observacional caso-controlo incluindo 80 pacientes com disco óptico de aparência glaucomatosa (GAOD) e 54 indivíduos controlo verificados com fotografia estereoscópica do disco óptico. As anormalidades da função visual testadas pela SAP-SITA

e pela FDT Matrix requereram consistência das anormalidades em dois exames de campo visual, sendo determinadas usando o teste GHT fora dos valores normais em 99%, PSD fora dos valores normais 95%, ou 3 pontos contíguos no mapa de PDP fora dos valores normais 95% (com pelo menos um $p < 1\%$) dentro do mesmo hemisfério. [16]

A FDT Matrix e a SAP-SITA detectaram anomalias da função visual em 51% e 44%, respectivamente, dos casos de olhos GAOD ($P=0.26$), e ambas as técnicas de perimetria identificaram 11% de olhos saudáveis como sendo anormais. A concordância entre as duas técnicas foi moderada ($k=0.49$), dado que só 35% dos GAOD e 2% dos olhos saudáveis tinham ambos os resultados dos campos visuais assinalados como anormais. [16]

A perimetria FDT Matrix detectou mais anomalias nos olhos GAOD do que a SAP-SITA, embora esta diferença não fosse significativa. Cada uma destas técnicas tende a identificar um subgrupo dos olhos GAOD como anormais. A combinação das duas técnicas pode melhorar a detecção de anomalias do campo visual em pacientes glaucomatosos. [16]

O estudo realizado por Burgansky-Eliash et al [17], comparou a capacidade de diagnóstico por avaliação estruturada da perimetria FDT Matrix com a perimetria acromática standard (SITA).[17]

Estudo prospectivo transversal. Foram observados 76 olhos de 76 indivíduos onde se incluíam suspeitos de glaucoma, pacientes com glaucoma e indivíduos saudáveis. Todos eles realizaram fotografia estereoscópica do disco óptico, SITA e FDT Matrix e OCT num intervalo de seis meses. O diagnóstico da neuropatia óptica glaucomatosa (ONH) foi efectuado por estereofotografia ou por OCT medindo a espessura da camada das fibras nervosas (RNFL). Com as perimetrias SITA e FDT Matrix obtiveram-se resultados estatísticos e de localização tais como MD, PSD e teste (GHT). [17]

Foi observada similaridade entre as duas perimetrias no que respeita o MD e PSD nos casos de elevado rácio C/D ou perda de fibras nervosas verificada por OCT (RNFL). A área abaixo da curva ROC (AROC) do MD e PSD que serviu para discriminar entre saudável

ou glaucomatoso variou desde 0.69 a 0.81 para a FDT Matrix e 0.75 a 0.77 para a SITA. Não se verificando diferença estatística entre AROC correspondentes. [17]

FDT Matrix e a SITA demonstraram capacidades similares na distinção entre olhos saudáveis e glaucomatosos, apesar do diagnóstico já estar estabelecido por ONH ou OCT RNFL. [17]

O estudo realizado por Chen et al [18] comparou o perímetro Humphrey Matrix (HMP) com o HFA, em exame do campo visual de pacientes glaucomatosos ou com suspeita de glaucoma. [18]

Foram recrutados 149 indivíduos com suspeita de glaucoma ou glaucomatosos. Todos eles realizaram perimetria HFA-SITA (30-2 Threshold) e FDT (30-2 Threshold) com HMP. Foram comparados tempos de exame, MD e PSD de ambas as perimetrias em todos os participantes de acordo com o diagnóstico e ou severidade do dano no campo visual (VFDs). Na análise estatística foram usados o coeficiente de correlação de Pearson's e o teste t emparelhado bilateral (t-student). [18]

Os tempos de exame foram significativamente mais curtos na HMP do que na HFA. Houve uma correlação positiva entre as duas perimetrias nos valores do MD e PSD. Em pacientes com suspeita de glaucoma, os valores do PSD com o HMP foram significativamente mais altos do que com HFA. Em pacientes com defeito médio do campo visual ($MD > -4.0$ dB), os valores do PSD do HMP foram também significativamente mais altos do que com o HFA. Em pacientes com danos severos no campo visual ($MD < -12$ dB), os valores do MD com o HMP foram significativamente mais altos e os valores de PSD significativamente mais baixos do que os do HFA. [18]

Neste estudo o HMP é mais eficaz no exame do campo visual do que o HFA. O HMP tende a sobrestimar pequenas e moderadas perdas do campo visual e subestimar perdas severas. [18]

O estudo realizado por Racette et al [19] comparou a ocorrência do diagnóstico da perimetria FDT Matrix 24-2 e a primeira geração FDT N-30 com a perimetria SAP. [19]

Foi estudado um olho de cada um dos 85 indivíduos glaucomatosos e 81 controle saudáveis participantes neste estudo. Foram usadas fotografias estereoscópicas para determinar e classificar evidências de neuropatia óptica devido a glaucoma. Realizaram-se perimetrias pelos três métodos a todos os indivíduos participantes ao longo de três meses. Estudaram-se as curvas ROC para determinar os níveis de sensibilidade 80% e 90% para a especificidade do MD, PSD, parâmetro p TD e PD a 5% e 1%. Os testes foram comparados usando o melhor parâmetro de cada e usando o PSD. [19]

Os melhores parâmetros foram MD para SAP (0.680), PSD para FDT N-30 (0.733), e o parâmetro p de TD menor de 5% dos pontos para o FDT 24-2 (0.774). Usando o melhor parâmetro, a área abaixo da curva ROC foi significativamente maior para a FDT 24-2 do que para a SAP ($p=0.01$). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre SAP e FDT N30 ($p=0.21$) e entre FDT N30 e FDT 24-2 ($p=0.26$). Resultados similares foram encontrados quando usamos o PSD para comparar os testes, com a exceção da área abaixo da curva ROC para a FDT N30 (0.733) ser significativamente maior do que a da SAP-SITA (0.641; $p=0.03$). [19]

A performance do Matrix FDT 24-2 foi bastante similar à do FDT N30. O Matrix FDT 24-2 foi consistentemente melhor do que o SAP na discriminação entre olhos saudáveis e glaucomatosos. Serão necessários mais estudos para avaliar a capacidade do Matrix FDT 24-2 monitorar a progressão do glaucoma. [19]

5.2 - Seguimento do glaucoma

O estudo seguinte foi realizado por Haymes et al [1] em 2005, referindo-se a progressão do glaucoma. Comparou a perimetria FDT com a SAP na detecção da progressão do glaucoma no campo visual, num estudo longitudinal prospectivo. [1]

A cada seis meses um olho dos pacientes com glaucoma de ângulo aberto era testado com ambas as perimetrias FDT e SAP. Para a inclusão no estudo eram necessários pelo menos 6 exames com cada uma das técnicas perimétricas. Foram usados dois métodos

para a avaliação da progressão do campo visual: análise “glaucoma change probability” (GCP) e “linear regression analysis” (LRA). Na GCP vários critérios de progressão foram usados. O número de localizações requeridas para classificar a progressão com FDT comparada com SAP, respectivamente foi 1:2 (menos conservativa), 1:3, 2:3, 2:4, 2:6, 2:7, 3:6, 3:7 e 3:10 (mais conservativa). O número de exames consecutivos requerido para confirmar a progressão foi 2 de 3, 2 de 2, e 3 de 3. Para a LRA, o critério de progressão foi qualquer declínio na sensibilidade média do limiar ao longo do tempo, em cada uma das três seguintes subdivisões do campo visual (1) todas as localizações testadas, (2) localizações nos 10° centrais e nos hemis campos superior e inferior, e (3) localizações em qualquer quadrante. Usando este critério, a proporção de pacientes classificados como mostrando alguma progressão com cada uma das técnicas perimétricas foi calculada e, no caso de progressão com ambas as técnicas, a diferença no tempo foi determinada. [1]

Sessenta e cinco pacientes foram seguidos durante um período médio de três anos e meio, com média de 9 examinações. Para o critério menos conservativo da GCP, 32 pacientes (49%) foram considerados como tendo progressão no campo visual com a FDT e 32 (49%) com SAP. Onde apenas 16 pacientes (25%) mostraram ter progressão com ambas as técnicas e em muitos destes casos a FDT mostrou progressão antes da SAP (em média um ano mais cedo). A maioria dos critérios de progressão GCP (15/27), classificaram mais pacientes como tendo progressão com o FDT do que com SAP. Quando analisados com LRA verificou-se o contrário, a título de exemplo, usando a LRA quadrante, 20 pacientes (31%) mostraram progressão com a FDT e 23 (31%) com a SAP, apenas 10 (15%) mostraram ter progressão com as duas. [1]

A perimetria FDT detecta a progressão glaucomatosa do campo visual. Embora a proporção de pacientes que mostraram progressão com as duas perimetrias FDT e SAP fosse pequena, possivelmente indicando que as duas técnicas identificam dois subgrupos diferentes de pacientes. Usando GCP mostram progressão mais pacientes com FDT do que com a SAP e o contrário usando a LRA. Como não existe uma maneira independente de qualificar a progressão, os rácios de progressão identificados pelas duas perimetrias dependem do método de análise e do critério usado. [1]

Por último, o estudo realizado por Boden et al [20] compara os algoritmos SITA e full-threshold (FT) da perimetria SAP com a perimetria FDT em casos de glaucoma, de modo a ajudar os clínicos a relacionar os resultados dos pacientes que tenham feito duas ou mais destas técnicas durante o seguimento. [20]

Este estudo foi uma análise retrospectiva dos dados de um estudo prospectivo longitudinal da Universidade da Califórnia. Foram vistos 104 olhos de 104 pacientes aos quais foi diagnosticado neuropatia óptica glaucomatosa através de estereofotografia. Todos os pacientes realizaram perimetria SAP (FT e SITA) e FDT separadas por três meses cada uma. Os índices globais de anormalidade e severidade dos algoritmos do “threshold” da perimetria SAP foram comparados com a FDT. [20]

Com a SAP-FT verificaram-se mais olhos com campo visual normal (57) do que com a SAP-SITA (42) ou a FDT (45). No entanto, a SAP-FT teve maior concordância da presença de defeito no campo visual com a FDT ($k=0.54 \pm 0.08$) do que com a SAP-SITA ($k=0.34 \pm 0.08$). A correlação dos índices globais das perimetrias FDT e SAP foram similares apesar da estratégia do threshold usada pela perimetria standard, produzirem um $r^2=0.38$; $p<0.001$ para a SAP-FT com a FDT relativo ao PD, $r^2=0.57$; $p<0.001$ para a SAP-FT com FDT relativo ao MD, $r^2=0.36$; $p<0.0001$ para SAP-SITA com FDT relativo ao PD e $r^2=0.55$; $p<0.001$ para SAP-SITA com FDT relativo ao PSD. [20]

Apesar de muitas similaridades da SAP-SITA e SAP-FT ligarem uma comparação entre ambas, a relação com a FDT muda no que diz respeito a anormalidades do campo visual, mas não na correlação dos índices globais. A FDT detecta anormalidades do campo visual em mais olhos do que a SAP-FT. A SAP-FT tende a encontrar subgrupos dos grupos encontrados pela FDT. Além disso, defeitos precoces no campo visual tendem a ser mais vezes detectados pela FDT e SAP-SITA, mas estes dois testes podem não obter concordância entre quais são os olhos que mostram perda do campo visual ao longo do seguimento. [20]

6 – Conclusão

Os estudos aqui revistos sendo idênticos no propósito, comparar a perimetria FDT com a SAP em casos de glaucoma, têm organizações e métodos diferentes o que torna difícil uma comparação entre eles. Aquilo que mais se salienta é o facto de existir total unanimidade nas conclusões de cada um ao considerarem este método de perimetria um método eficaz na detecção precoce de glaucoma.

Ficou demonstrado que esta técnica de perimetria tem:

- Alta sensibilidade e especificidade na detecção de anomalias do campo visual em geral;
- Maior capacidade de detecção em casos de glaucoma primário de ângulo aberto do que em casos de glaucoma de PIO elevada;
- Boa concordância com a SAP-FT 24-2 na localização e profundidade do escotoma;
- Maior concordância com a SAP nos casos de glaucoma de tensão normal do que no casos de glaucoma de PIO elevada, o que sugere uma sensibilidade suficiente em casos de glaucoma de tensão normal e maior sensibilidade nos casos de glaucoma de PIO elevada;
- Em ambiente Hospitalar tem capacidades idênticas às da SAP 24-2 SITA-fast, quando se utiliza o Humphrey Matrix Threshold 24-2;
- Variabilidade constante num teste-reteste ao longo das medições, quando se utiliza o Humphrey Matrix;
- Maior capacidade na detecção de anormalidades da função visual em casos de disco óptico de aparência glaucomatosa (GAOD) do que a SAP-SITA, quando se utiliza o Humphrey Matrix;
- Uma semelhança nas capacidades de distinção entre olhos saudáveis e glaucomatosos com a SAP-SITA, quando se utiliza o Humphrey Matrix;

- Performance idêntica entre a primeira FDT N-30 (primeira geração) e o Humphrey Matrix e supera muito a SAP na discriminação entre olhos saudáveis e glaucomatosos;
- Capacidade de detecção da progressão no campo visual, embora não fosse muito grande o número onde houve concordância entre as duas técnicas, o que demonstra que elas mostram dois subgrupos de glaucomatosos onde há progressão no campo visual.

Todas estas características apontam no sentido de que se a FDT não superar a SAP pelo menos iguala-a na maioria dos casos, havendo também fortes evidências de complementaridade entre as duas técnicas, o que pode ser uma mais-valia numa área onde todos os recursos serão sempre poucos.

Fica apenas a dúvida em relação aos mapas e sua aparência no que respeita à identificação rápida e precisa de alguns artefactos e condições patológicas com padrões bem definidos nos mapas perimétricos da perimetria standard, que na perimetria FDT irão ter formas diferentes devido à configuração do estímulo. Este assunto não foi abordado em nenhum dos artigos aqui revistos, nem encontrado em nenhum outro, no entanto parece-me relevante e até merecedor de alguns estudos.

Estamos então em condições de afirmar que, perante a realidade da Optometria portuguesa, esta poderá ser uma técnica que traz uma grande mais-valia a um consultório de optometria, pois sabemos que os meios nesta área não abundam. O facto de os seus testes serem rápidos e especialmente eficazes, detectando precocemente casos de glaucoma, traz uma grande segurança ao optometrista enquanto prestador de cuidados de saúde visual primários, colocando um pouco para segundo plano o seguimento, pois sabemos que em Portugal este, por enquanto, na grande maioria dos casos não é feito em gabinete de optometria.

Ao realizar este trabalho verifiquei que, nesta área, há ainda muito caminho a percorrer especialmente no que diz respeito a estudos que validem a questão do seguimento, deixando as portas abertas a novos estudos quer práticos quer de revisão.

BIBLIOGRAFIA

1. Sharon A. Haymes, Donna M. Hutchison, Terry A. McCormick, Devesh K. Varma, Marcelo T. Nicolela, Raymond P. LeBlanc, and Balwantray C. Chauhan. Glaucomatous Visual Progression with Frequency-Doubling Technology and Standard Automated Perimetry in a Longitudinal Prospective Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:547-555
2. Kelly DH. Frequency doubling in visual responses. *J Opt Soc Am.* 1966;56: 1628-1633
3. Marco Zeppieri, Shaban Demirel, Kyle Kent, and Chris A. Johnson. Perceived Spatial Frequency of Sinusoidal Gratings. *Optom Vis Sci.* 2008;85:318-329
4. Patrick T. Quaid, Trefford L. Simpson, and John G. Flanagan. Frequency Doubling Illusion: detection vs. Form Resolution. *Optom Vis Sci.* 2005;82:36-42
5. Paul H. Artes, Donna M. Hutchison, Marcelo T. Nicolela, Raymond P. LeBlanc, and Balwantray C. Chauhan. Threshold and Variability Properties of Matrix Frequency-Doubling Technology and Standard Automated Perimetry in Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:2451-2457
6. Andrew John Anderson, Chris A. Johnson, Murray Fingeret, John L. Keltner, Paul G. D. Spry, Michael Wall, and John S. Werner. Characteristics of the Normative Database for the Humphrey Matrix Perimeter. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:1540-1548
7. Andrew Turpin, Allison M. McKendrick, Chris A. Johnson, and Algis J. Vingrys. Development of Efficient Threshold Strategies for Frequency Doubling Technology Perimetry Using Computer Simulation. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2002;43:322-331
8. Algis J. Vingrys, Michael J. Pianta. A New Look at Threshold Estimation Algorithms for Automated Static Perimetry. *Optom Vis Sci* 1999;76:588-595
9. Rui Campos Guimarães, José A. Sarsefield Cabral. Estatística – edição revista. *McGraw-Hill de Portugal, L.^{da}* 1997

10. Kimberly E. Cello, Jacqueline M. Nelson-Quigg, and Chris A. Johnson. Frequency Doubling Tecnology Perimetry for Detection of Glaucomatous Visual Field Loss. *Am J Ophtalmol* 2000; 129: 314-322
11. Yochanan Burnstein, Nancy J. Elish, Michael Magbalon, and Eve J. Higginbotham. Compareison of Frequency Doubling Perimetry With Humphrey Visual Field Analysis in a Glaucoma Practice. *Am J Ophtalol* 2000; 129:328-333
12. Noriko Horikoshi, Masahiro Osako, Yoko Tamura, Tadashi Okano, and Masahiko Usui. Comparison of Detectability of Visual Field Abnormality by Frequency Doubling Technology in Primary Open-angle Glaucoma and Normal-tension Glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2001;45:503-509
13. Robert Casson, Bruce James, Adrian Rubinstein, and Haggai Ali. Clinical comparison of frequency doubling tecnology perimetry and Humphrey perimetry. *Br J Ophtalmol* 2001;85:360-362
14. S. Kogure, Y. Toda, D.Crabb, K. Kashiwagi, F. W. Fitzke, S. Tsukahara. Agreement between frequecy doubling perimetry and static perimetry in eyes with high tension glaucoma and normal tension glaucoma. *Br j Ophthalmol.* 2003;87:604-608
15. P. G. D. Spry, H. M. Hussin, J. M. Sparrow. Clinical evaluation of frequency doubling technology perimetry using the Humphrey Matrix 24-2 threshold strategy. *Br J Ophthalmol* 2005;89:1031-1035
16. Lisandro M. Sakata, Julio DeLeon-Ortega, Stella N. Arthur, Blythe E. Monheit, Chritopher A. Girkin. Detecting Visual Function Abnormalities Using the Swedish Interactive Threshold Algorithm and Matrix perimetry in Eyes With Glaucomatous Appearance of the Optic Disc. *Arch Ophthamol.* 2007;125:340-345
17. Zvia Burgansky-Eliash, Gadi Wollstein, Avni Patel, Richard A. Bilonick, Hiroshi Ishikawa, Larry Kagemann, William D. Dilworth, and Joel S. Shuman. Glaucoma Detection with Matrix and Achromatic Perimetry. *Br J Ophthalmol.* 2007;91(7):933-938
18. Yi-Hao Chen, Jian-Nan Wu, Jiann-Torng Chen, Da-Wen Lu. Comparison of the Humphrey Field Analyser and Humphrey Matrix Perimeter for Evaluation of Glaucoma Patients. *Ophthalmologica.* 2008;222:400-407

19. Lyne Racette, Felipe A. Medeiros, Linda M. Zangwill, Diana Ng, Robert N. Weinreb, and Pamela A. Sample. Diagnostic Accuracy of the Matrix 24-2 and Original N-30 Frequency-Doubling Technology Test Compared with Standard Automated Perimetry. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49:954-960
20. Catherine Boden, John Pascual, Filipe A. Medeiros, Makoto Aihara, Robert N. Weinreb, and Pamela A. Sample. Relationship of SITA and Full-Threshold Standard Perimetry to Frequency-Doubling Technology Perimetry in Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46:2433-2439