

REFRAÇÃO SUBJETIVA: UM NOVO MÉTODO VETORIAL PARA DETERMINAR O CILINDRO (3/3)

A técnica de refração tradicionalmente utilizada para determinar o cilindro corretor de uma prescrição mudou muito pouco ao longo dos anos, principalmente devido às limitações impostas pelos forópteros subjetivos, que apresentam lentes em incrementos geralmente não inferiores a 0,25 D. Atualmente, graças aos forópteros com alterações de potência contínuas que permitem atuar simultaneamente e com precisão na esfera, cilindro e eixo, é agora possível desenvolver novas técnicas de refração. Esta série de três artigos descreve os princípios de um novo método vetorial para determinar o cilindro corretivo e apresenta a justificação para um algoritmo de procura de cilindro automatizado associado.



Hélène Starynkevitch

Responsável pelos Estudos de Investigação I&D
Instruments Division
Essilor International

Hélène Starynkevitch formou-se em Optometria no Institut et Centre d'Optométrie (ICO) em Bures-sur-Yvette, França (2013) e estudou Engenharia da Saúde com especialização em Ciências da Visão na Université d'Orsay Paris Sud XI (2016). Atualmente, é engenheira de investigação no Departamento de I&D da Essilor Instruments, e trabalha para desenvolver métodos e algoritmos para exames oftalmológicos realizados com novos instrumentos e para criar interfaces para os médicos. Hélène também lidera estudos de optometria que comparam instrumentos e/ou métodos de exames oftalmológicos. Além disso, trabalha como voluntária na VisionSoliDev para fazer exames oftalmológicos aos mais desfavorecidos.



Gildas Marin

Responsável pelos Estudos de Investigação I&D
Departamento de I&D das Ciências da Visão
Essilor International

Doutorado e investigador sénior no Centro de Inovação e Tecnologia da Essilor na Europa, Gildas Marin é membro da equipa de I&D de Ciências da Visão da Essilor International, com sede em Paris, França. Gildas é graduado pelo Institut of Optics Graduate School. Completou a sua formação com uma tese de doutoramento em 1997 no Institut of Optics juntamente com o Hospital Pitié-Salpêtrière (Paris) em imagens médicas. Os seus principais tópicos de pesquisa são modelagem de visão, simulação de efeitos óticos e desempenhos visuais, em particular. Estudou ainda o impacto das aberrações óticas na visão. Mais recentemente, trabalhou no aperfeiçoamento de metodologias de refração. Desde 2015, gere um programa de pesquisa sobre o desenvolvimento e validação de algoritmos e métodos de refração precisa implementados na oferta Vision-R™ 800 e AVA.



Dominique Meslin

Diretor de Soluções de Refração
Instruments Division
Essilor International

Formado em França como ótico e optometrista, Dominique passou a maior parte de sua carreira na Essilor. Começou em Investigação e Desenvolvimento, trabalhando em estudos de ótica fisiológica, e depois ocupou vários cargos de marketing e comunicação para a Essilor International em França e também nos EUA. Dominique foi diretor da Essilor Academy Europe por mais de 10 anos e, posteriormente, supervisionou os Assuntos Profissionais da Essilor Europe. É agora responsável pelas novas Soluções de Refração para a Divisão de Instrumentos da Essilor International. Ao longo da sua carreira, Dominique conduziu muitos seminários de formação para médicos oftalmologistas. É também autor de vários artigos científicos e muitas publicações técnicas da Essilor, incluindo a série "Ophthalmic Optics Files".

PALAVRAS-CHAVE

Refração subjetiva, refração vetorial, intervalo dióptrico, determinação do cilindro, cilindros cruzados, foróptero, algoritmo de refração, Vision-R™ 800.

Na sequência dos dois artigos anteriores (publicados pela Points de Vue em novembro e dezembro de 2020), continuamos a apresentação e discussão do novo método vetorial de determinação do cilindro. Neste terceiro e último artigo, comparamos os métodos utilizados na «Refração Tradicional» e na «Refração Digital» para a determinação do cilindro e comparamos os seus percursos no intervalo dióptrico. De seguida, discutimos os benefícios do novo método da Digital Infinite Réfraction™ para a prática da refração e as perspetivas que este oferece.

4) Método de determinação do cilindro segundo a Refração Tradicional : um caminho indireto, com alterações contínuas dos identificadores, limitando a precisão.

O método tradicional de determinação do cilindro, consiste em primeiro lugar, conforme referido anteriormente, demonstrar o eixo do cilindro, seguido da potência deste cilindro e, por último, ajustar a potência da esfera. É realizado através de uma sucessão de testes do eixo, seguidos de testes da potência do cilindro, utilizando as técnicas tradicionais apresentadas anteriormente.

No que diz respeito à determinação do eixo do cilindro, identificamos a sua direção passo a passo, utilizando, por exemplo, intervalos de 5° entre cada direção do eixo testada, até conseguirmos encontrar a orientação final do eixo (no caso de uma igualdade de percepção de enevoamento nas duas posições do cilindro cruzado) ou enquadrar a orientação do eixo num ângulo de 5° (no caso de uma inversão de respostas por parte do paciente).

No que diz respeito à determinação da potência do cilindro, identificamos o valor ao aumentar - ou ao reduzir - com intervalos de (-0,25) D, até encontrarmos o valor exato (em caso de igualdade de enevoamento para as duas posições do cilindro cruzado) ou até enquadrar o seu valor entre dois intervalos de (-0,25) D (no caso de uma inversão de respostas por parte do paciente).

(*) Foróptero Vision-R™ 800 com variações contínuas de potências da Essilor Instruments

Analizamos novamente o nosso exemplo de uma fórmula de refração original de $+1,00 (-2,00) 30^\circ$, representada por um vetor inicial situado no plano $J0^\circ / J45^\circ$ (consultar a figura 7) e procedemos à demonstração da refração. As primeiras etapas consistem em identificar o eixo do cilindro, efetuando sucessivamente vários testes do eixo (de acordo com a técnica «tradicional» apresentada anteriormente, através da inversão de um cilindro cruzado orientado consoante a direção do eixo a testar), e monitorizando as respostas do paciente. Desta forma, testamos sucessivamente a direção 30° (1) em que o paciente pede, por exemplo, que esta seja aumentada, para a direção 35° (2) onde este pede novamente e, por último, a direção de 40° (3) onde este indica que deve ser reduzida. Escolhemos então uma orientação entre as duas últimas direções testadas, por exemplo de 38° (4), para a qual se verifica, por exemplo, que o paciente não percebe a diferença entre as duas posições do cilindro cruzado após um novo teste: o eixo foi encontrado, é de 38° .

De seguida, procedemos à identificação da potência do cilindro, efetuando sucessivamente vários testes de potências crescentes (ou decrescentes) do cilindro com intervalos de $(-0,25) D$, de acordo com a técnica tradicional apresentada anteriormente, através da inversão de um cilindro cruzado, cujos meridianos principais correspondem ao eixo do cilindro a testar, e monitorizando as respostas do paciente. Desta forma, testamos a potência $(-2,00) D$ (4) quando o paciente pede, por exemplo, que seja aumentada, seguida da potência $(-2,25) D$ (5) quando ele pede novamente que seja aumentada, e, depois, a potência $(-2,50) D$ (6) quando pede mais uma vez que seja aumentada e, por último a potência $(-2,75) D$ (7) quando pede que seja reduzida. Reduzimos então a potência do cilindro de $(0,25) D$ e, uma vez que já foram adicionadas $(0,50) D$ ao cilindro corretor inicial, ajustamos a esfera de $+0,25 D$, obtendo assim a fórmula final de $+ 1,25 (-2,50) 38^\circ$.

Graficamente, esta demonstração do cilindro reflete-se no intervalo dióptrico pelo facto de:

- As primeiras etapas - (1), (2), (3) e (4) - de demonstração do eixo do cilindro decorrerem no plano $J0^\circ / J45^\circ$ ao longo de uma linha «circular» de potência de cilindro constante $(-2,00) D$, resultando numa localização do eixo entre 35° e 40° e detetada a 38° no exemplo.
- As etapas seguintes - (4), (5), (6) e (7) - de demonstração da potência do cilindro decorrerem ao longo de uma direção de eixo constante -38° , ao aumentar a potência, ou seja, ao afastar-se do sistema de referência de origem. Com este aumento da potência do cilindro, a potência esférica equivalente (ou potência média) diminui, o que se reflete graficamente no facto de os pontos (5), (6) e (7) “afundarem” progressivamente sob o plano $J0^\circ / J45^\circ$ à medida que a potência do cilindro aumenta.
- A última etapa - (8) - de redução do cilindro e de ajuste final da esfera é efetuada através de uma redução “radial” da potência do cilindro e através de um ajuste no sentido convexo da potência da esfera e, assim, através de uma “recuperação” do ponto (8) no plano $J0^\circ / J45^\circ$ (compensação de $+0,25 D$ da esfera após aumento de $(-0,50) D$ do cilindro).

Nesta fase, podemos fazer as seguintes observações:

- O caminho utilizado pela técnica tradicional de demonstração do cilindro revela-se bastante indireto. Isto é bastante visível, na figura 7, pela forma como o intervalo dióptrico é explorado: inicialmente, de forma “circular” para a demonstração do eixo, depois, de forma “radial” para a demonstração da potência, com um efeito na «altitude», que é então compensada. Recordemos que este modo de exploração está diretamente associado aos limites impostos ao

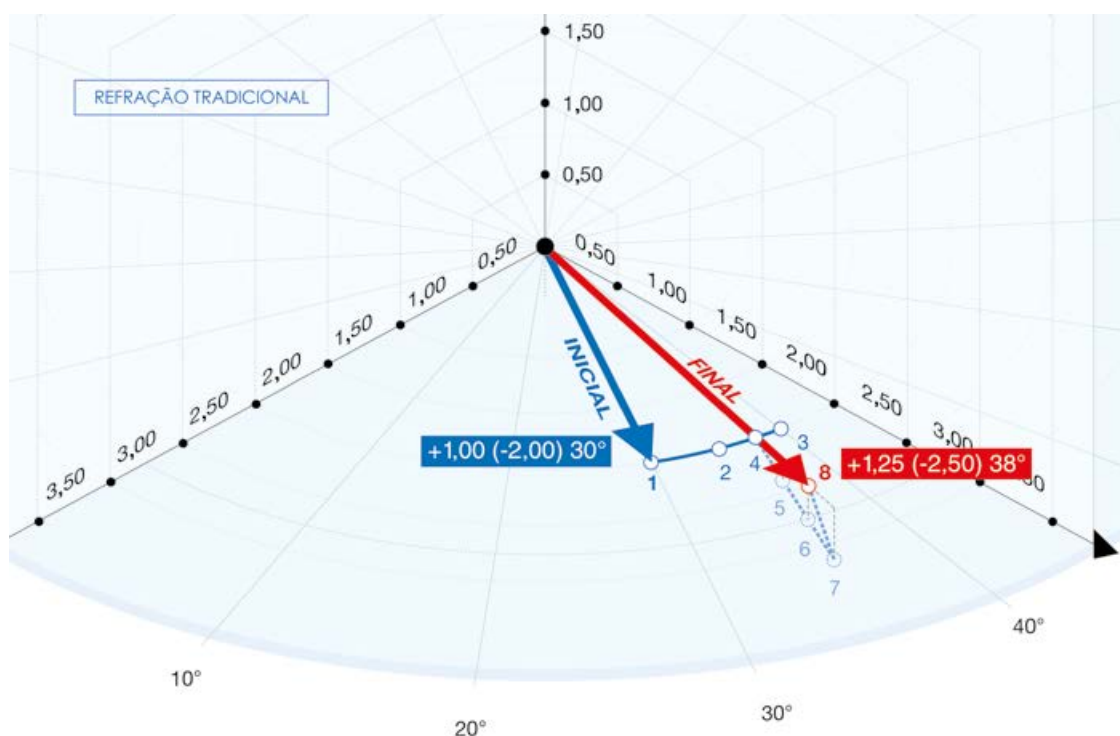


Figura 7: Método de determinação do cilindro através do método da «Refração Tradicional»: Eixo do cilindro, depois, potência do cilindro, seguida do ajuste da esfera.

posicionamento das lentes pelos forópteros tradicionais e, mais especificamente, ao facto de as ações na esfera, eixo do cilindro e potência do cilindro serem, obrigatoriamente, independentes e nunca simultâneas, e serem sempre realizadas com intervalos de 0,25 D.

- A demonstração do cilindro através da técnica tradicional decorre num sistema de referência que é modificado com cada resposta do paciente: por um lado, durante a alteração do cilindro, pois a potência do cilindro não é ajustada após a modificação do eixo e, por outro lado, durante a alteração da potência do cilindro, pois a potência da esfera não é ajustada de forma a manter a potência esférica equivalente constante. O profissional deverá determinar as duas componentes de eixo e de potência do cilindro separadamente, embora estejam, na sua expressão polar, intimamente relacionadas, e qualquer modificação de uma destas componentes influencia inevitavelmente a percepção da outra. Assim, durante a demonstração do cilindro, cada teste é realizado - como vimos na parte 3a desta publicação - perpendicularmente à sua direção, numa orientação que se altera com cada modificação do eixo do cilindro. Por outro lado, durante a demonstração da potência, cada teste de potência é realizado com uma potência esférica equivalente variável. Consequentemente, o sistema de referência de pesquisa do cilindro mutável” ao longo da identificação do cilindro e torna a sua determinação menos exata. Importa salientar que acresce ainda a variabilidade das respostas do paciente e a possível incoerência destas.
- Durante a demonstração do cilindro, os intervalos de variações de potência e de eixo mantêm-se quase sempre constantes: intervalo de 0,25 D para a potência, conforme exigido pelas lentes disponíveis nos forópteros, e intervalo de 5° para o eixo, conforme predefinição do foróptero ou opção do prescritor, isto mesmo que esteja disponível uma opção diferente. Importa salientar que, de modo geral, estes intervalos se mantêm iguais, independentemente da potência do cilindro, seja esta baixa ou elevada, e independentemente da sensibilidade do paciente às alterações dióptricas. Além disso, importa ainda salientar que estes intervalos são frequentemente mais elevados do que a sensibilidade dos pacientes quando esta foi determinada, durante os exames de refração, como sendo inferior a 0,25 D para 95 % dos pacientes e inferior a 0,125 D para 44 % deles, ou seja, perto de um em cada dois pacientes (7).
- No método de cilindros cruzados de Jackson, comparamos a visão turva e distorcida dum conjunto de pontos (ou optótipos), cuja avaliação por parte do paciente nem sempre é fácil, e que podem exigir, consequentemente, a repetição dos testes. O valor do cilindro cruzado de +/- 0,25 D normalmente utilizado pode revelar-se insuficiente para gerar diferenças suficientemente significativas para serem detetadas pelo paciente. Adicionalmente, a procura do eixo do cilindro, tal como da potência, acabam quando se chega a uma igualdade de visão turva a para as duas posições do cilindro cruzado, a qual pode ser difícil de

avaliar por parte do paciente e também revelar-se confusa para este. Ele pode, efetivamente, achar estranho que a demonstração do cilindro seja interrompida quando a sua visão está turva!

- Na demonstração tradicional do cilindro, a experiência do prescritor é fundamental. Em primeiro lugar, porque o domínio da técnica de cilindros cruzados de Jackson exige uma boa prática e uma experiência sólida. Em segundo lugar, porque o prescritor deve avaliar e interpretar cada resposta do paciente para realizar a demonstração do cilindro e tomar decisões, tal como modificar a direção do eixo do cilindro na direção solicitada pelo paciente ou interromper a demonstração do eixo do cilindro para avançar para a da potência, ou ainda considerar que a demonstração do cilindro foi concluída. Por último, uma vez que o prescritor realiza simultaneamente uma refração-prescrição, ou seja, que ele mede a refração e, ao mesmo tempo, interpreta os resultados para tomar uma decisão em relação à prescrição: por exemplo, a subcorreção da potência do cilindro ou da esfera, a moderação da alteração do eixo e a decisão de interromper a demonstração do cilindro. É desta forma, a título de exemplo, que o resultado de uma refração pode depender do prescritor que a realiza e, apresenta, inevitavelmente, alguma variabilidade. Na verdade, devemos pensar que a refração subjetiva tradicional é duplamente subjetiva, pois depende simultaneamente da avaliação subjetiva do paciente e da interpretação subjetiva do prescritor !

Vemos assim que o método de demonstração do cilindro através da técnica de refração tradicional apresenta, inerentemente, limites, tanto em termos de coerência no questionamento do paciente, como da precisão dos intervalos dióptricos utilizados. Não permite determinar a refração com a precisão necessária para obter a sensibilidade dióptrica real dos pacientes.

2) Método de determinação do cilindro segundo a Digital Infinite Refraction™ : um processo direto, com um sistema de referência consistente, com dupla interação, assegurando uma grande precisão.

O método utilizado na refração digital para demonstrar o cilindro - segundo a seleção que foi feita - em identificar, em primeiro lugar, a componente de potência do cilindro com base na direção do eixo da refração inicial e, depois, em identificar a componente do eixo do cilindro ao longo de uma direção perpendicular a este eixo inicial. Isto é possível graças a uma gestão vetorial das componentes do cilindro, que resulta num ajuste da potência do cilindro durante qualquer modificação do seu eixo. A demonstração do cilindro realiza-se também ao manter a potência esférica equivalente constante ao longo do processo. Esta demonstração baseia-se em dois novos princípios:

- O primeiro princípio é testar sempre a componente de potência do cilindro com base na direção do eixo da refração inicial - ou com base numa direção paralela no espaço dióptrico -, e testar sempre a componente do eixo do cilindro com base numa direção perpendicular à direção do eixo inicial. Assim, a demonstração das

duas componentes de potência e de eixo é realizada de acordo com duas direções fixas e de forma independente uma da outra.

- O segundo princípio é sempre identificar inversões de respostas por parte do paciente - em vez das igualdades de respostas, como no método tradicional - e realizar uma estimativa do valor mais provável de cada uma das componentes de potência e de eixo do cilindro, na totalidade das respostas apresentadas pelo paciente, e não através de uma decisão interrompida para o eixo, como no método tradicional e, depois, para a potência, com base numa última resposta do paciente avaliada pelo prescritor.

Relativamente à demonstração da componente de potência, esta começa com base no eixo inicial através de um aumento - ou de uma redução - da potência através de um intervalo, selecionado, mas configurável, de (-0,35) D, até obter uma primeira inversão de resposta do paciente. Durante esta fase, o eixo mantém-se fixo, e só a potência do cilindro varia com um ajuste correspondente do valor da esfera. É assim detetado um primeiro valor de potência, a meio caminho das duas últimas potências cilíndricas testadas.

Em seguida, demonstração da componente do eixo prossegue perpendicularmente à direção inicial do eixo, ao testar os efeitos de variação do eixo provocados por uma variação de 0,70 D em ambas as situações (com a utilização de um cilindro cruzado virtual de +/- 0,35 D, cujo valor foi selecionado, mas que pode ser modificado no algoritmo). A cada resposta apresentada pelo paciente, o eixo é modificado no sentido que este pretende e de acordo com uma direção que permanece constante no intervalo dióptrico, graças ao ajuste da potência do cilindro e à compensação correspondente da potência da esfera. É então identificada uma segunda inversão de respostas do paciente, desta vez relacionada com a direção do eixo. É assim determinado um primeiro valor do eixo a meio caminho das duas últimas direções testadas, tendo este resultado em duas respostas contrárias do paciente.

Se contemplarmos o nosso exemplo de uma correção inicial de +1,00 (2,00) 30° e representada por um vetor inicial situado no plano J0° / J45° (figura 8), as primeiras etapas consistem em efetuar vários testes de potência (de acordo com a técnica de refração «digital» descrita anteriormente) com base na direção de 30° e de acordo com as respostas do paciente. Testamos assim a potência (-2,00) D (1) que o paciente pede para aumentar, depois a potência (-2,35) D que ele pede para aumentar novamente (2), seguida, por último, da potência (-2,70) D que pede para reduzir e obtemos então uma primeira estimativa da potência do cilindro (-2,52) D com base no eixo de 30°, que é o valor médio das últimas duas potências testadas. Importa salientar que cada modificação da potência é sempre acompanhada por uma compensação da esfera, em metade do valor oposto, no sentido de manter a potência esférica equivalente constante.

De seguida, procedemos à demonstração da componente do eixo do cilindro com base na direção perpendicular ao eixo inicial (utilizando a técnica da refração digital

apresentada anteriormente) e monitorizando as respostas do paciente. Testamos assim em primeiro lugar, e, a título de exemplo, o eixo de 30° (4) que o paciente pede para aumentar, depois o eixo de 34° (5) que ele pede novamente para aumentar e, por último, o eixo de 38° (6) que pede então para reduzir. Obteve-se então a inversão de resposta identificada e mantemos o valor médio das duas últimas direções testadas, ou seja, 36°, para o valor do ângulo. Importa salientar que a potência do cilindro é ajustada por cada variação do eixo, e a potência da esfera é, conseqüentemente, compensada.

É assim que chegamos à fórmula +1,24 (-2,49) 36°, após uma inversão de respostas com base no eixo da correção inicial e uma inversão de respostas com base na direção perpendicular.

Graficamente, esta reflete-se no intervalo dióptrico pelo facto de:

- As primeiras etapas - (1), (2), (3) e (4) - de demonstração da componente de potência do cilindro serem realizadas com base na direção de 30° e permanecerem localizadas no plano J0° / J45°, ao contrário daquilo que acontece na refração tradicional (onde se deslocam progressivamente no plano J0° / J45°).
- As etapas seguintes - (4), (5), (6) e (7) - da demonstração da componente axial do cilindro serem realizadas com base numa direção perpendicular à direção do eixo inicial, partindo do ponto (4). Estes pontos são alinhados com base numa mesma reta, que é o eixo do segmento que liga os pontos (2) e (3) - ou seja, a perpendicular no meio - ao invés de se encontrarem, como acontece na refração tradicional, ao longo de uma circunferência centrada na origem do sistema correspondente à potência do cilindro inicial. Estes pontos situam-se exatamente no plano J0° / J45°, plano no qual se realiza toda a demonstração do cilindro.

Podemos fazer outras observações:

- O caminho seguido pelo método digital para a demonstração do cilindro é bastante mais direto do que aquele utilizado pelo método tradicional. A sua representação no intervalo dióptrico (figura 8), revela que a demonstração decorre inicialmente de forma “radial” - consoante a direção do eixo inicial do cilindro - para determinar a componente da potência do cilindro, e, depois, ao longo de uma reta perpendicular à direção do eixo inicial para demonstrar a componente do eixo do cilindro, mantendo-se permanentemente no plano J0° / J45°. Como já referido anteriormente, isto deve-se ao facto de todas as variações de potência do cilindro serem automaticamente compensadas na potência da esfera, e de, graças à gestão em componentes vetoriais, todas as modificações do eixo resultarem num ajuste da potência do cilindro e, conseqüentemente, numa compensação da potência do cilindro.
- O sistema de referência no qual é realizada a demonstração do cilindro permanece constante ao longo da sua identificação: os testes da potência e do eixo são sempre efetuados de acordo as mesmas direções respetivas e perpendiculares entre elas:

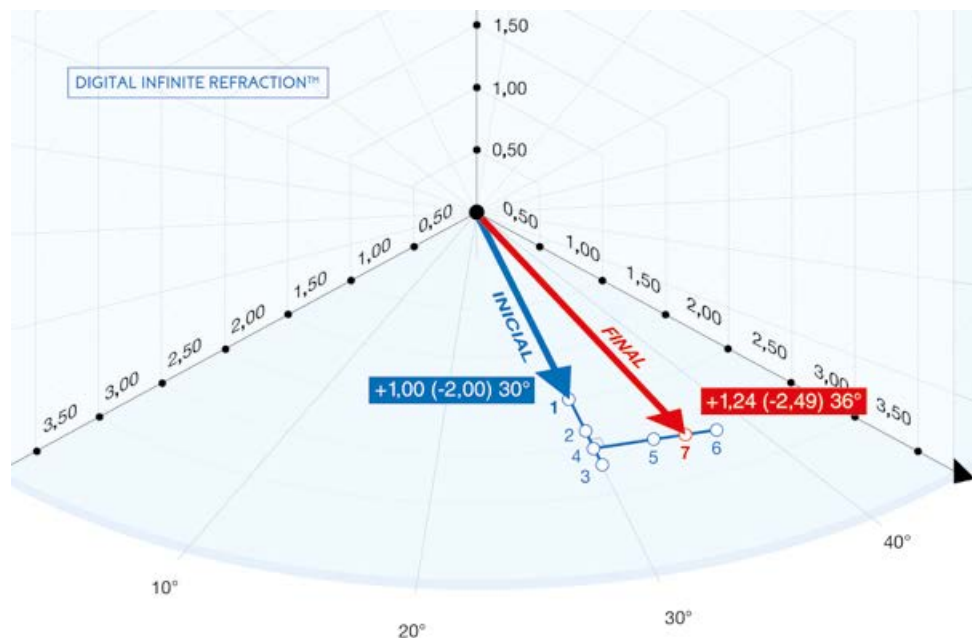


Figura 8: Método de determinação do cilindro através do método da «Digital Infinite Refraction™»: potência do cilindro, depois, eixo do cilindro, com compensação simultânea da potência do cilindro e manutenção da potência esférica equivalente constante

a direção do eixo do cilindro inicial para a demonstração da potência e a direção perpendicular a este para a demonstração do eixo. Por outras palavras, a demonstração do cilindro é realizada com base nas suas componentes vetoriais em direções constantes. Esta técnica vetorial permite manter uma maior coerência nas perguntas realizadas ao paciente e aumentar a precisão na determinação do cilindro. Efetivamente, oferece a possibilidade de agregar as respostas do paciente com base nas duas direções constantes e calcular a potência e o eixo do cilindro de forma estatística, e não com base na resposta final do paciente, como acontece na Refração Tradicional. Voltaremos a este assunto mais tarde.

– A potência e o eixo do cilindro são apurados durante a demonstração:

- Originalmente, o intervalo de modificação da potência do cilindro é mais elevado no método digital do que no método tradicional - é de (0,35) D vs. (0,25) D - o que permite uma demonstração mais rápida da potência e facilita as respostas do paciente. De seguida, este intervalo é reduzido de forma progressiva: divide-se por dois após a obtenção da primeira inversão de respostas do paciente e será apurado mais tarde. Também poderá ser aumentado novamente em caso de incoerência de respostas do paciente. Importa salientar que, na refração tradicional, este intervalo mantém-se constante e igual a 0,25 D ao longo da demonstração.
- O intervalo de modificação do eixo do cilindro é dióptricamente constante e idêntico àquele utilizado para a demonstração da potência do cilindro, ou seja, 0,35 D originalmente. A vantagem é criar alterações dos eixos, as quais, traduzidas em dioptrias, criam variações de percepções homogêneas para o paciente, em comparação com aquelas obtidas durante a demonstração da potência. De seguida, este

intervalo é reduzido em metade durante a primeira inversão de respostas do paciente - relativas ao teste do eixo - e será apurado mais tarde. Também poderá ser aumentado novamente no caso de incoerência de respostas do paciente.

Inversamente, na refração tradicional, o intervalo de variação do eixo é selecionado pelo prescritor e é, frequentemente, de 5°, independentemente do valor do cilindro. Isso tem duas consequências notórias: por um lado, o efeito dióptrico produzido pela variação do eixo do cilindro é variável de um paciente para o outro, pois depende da potência do cilindro e, por outro lado, este efeito não é homogêneo em relação àquele utilizado pela demonstração da potência, e isto acontece em todos os pacientes. Por outras palavras, o facto de o intervalo de modificação do eixo ser selecionado pelo prescritor e poder ser angularmente constante torna-o muito variável em termos dióptricos!

- Adicionalmente, na refração digital, as duas componentes de potência e de eixo do cilindro são avaliadas através do enquadramento do valor demonstrado e com base nas inversões de respostas do paciente. São tidas em conta, de forma independente e de forma estatística, em todas as respostas dadas pelo paciente. Voltaremos a este assunto mais tarde. Na refração tradicional, os valores da potência e do eixo do cilindro são, pelo contrário, interrompidos mediante uma resposta final do paciente - quando este avalia como equivalentes duas propostas turvas - e mediante decisão do prescritor. É, por isso, inevitável que exista um determinado elemento de subjetividade e, consequentemente, de variabilidade.

Assim, com o método da Digital Infinite Refraction™, que utiliza um algoritmo automatizado, a demonstração do cilindro revela-se independente da técnica do prescritor e das suas decisões. Consiste em determinar um valor

bruto da refração do paciente, que o prescritor poderá interpretar e modificar posteriormente para realizar a sua prescrição.

Uma segunda iteração de demonstração do cilindro, para uma maior precisão

Na técnica de Digital Infinite Refraction™, a demonstração do cilindro não consiste, como acontece na Refração Tradicional, numa simples e única determinação do cilindro, mas o algoritmo de demonstração (*) propõe uma segunda verificação da potência e do eixo do cilindro após a primeira determinação. O princípio consiste em especificar a refração detetada durante uma primeira iteração, ao identificar, sempre com base nas mesmas direções do intervalo dióptrico, duas novas inversões de respostas do paciente. Consequentemente, todas as respostas são agregadas de acordo com as duas direções fixas - as componentes de potência e de eixo do cilindro - no sentido de realizar uma análise estatística para avaliar os limites de potência e de eixo do cilindro, procedendo simultaneamente a uma verificação da coerência das respostas do paciente. Especifiquemos o princípio da segunda iteração.

Na sequência da primeira determinação do cilindro, a segunda iteração realiza-se da seguinte forma:

- Inicialmente, é efetuada uma segunda verificação da componente de potência do cilindro, sempre com base na direção do eixo inicial de 30° do nosso exemplo, e isto até observar uma nova inversão das respostas do paciente. Esta segunda avaliação completa, especifica e confirma a primeira avaliação da potência do cilindro já realizada com base nessa direção durante a primeira iteração.
- Da mesma forma, segue-se uma segunda verificação da componente de eixo do cilindro, sempre realizada perpendicularmente em relação à direção do eixo inicial, e isto até observar igualmente uma nova inversão das respostas do paciente. Assim, é possível realizar uma avaliação mais exata do eixo.
- Durante cada uma das inversões de respostas, o intervalo dióptrico de variação da potência ou do eixo são novamente reduzidos para apurar a demonstração. Importa salientar que, no entanto, este intervalo é mantido a um nível suficiente para ser perceptível pelo paciente, mas também é possível voltar a aumentá-lo em caso de incoerência de respostas do paciente.
- Para cada componente do cilindro - componente de potência e componente do eixo - realiza-se uma soma das respostas apresentadas pelo paciente e a respetiva análise estatística. Mais especificamente, a soma das respostas é realizada com base na direção do eixo do cilindro inicial para a componente de potência do cilindro, e com base na direção perpendicular à mesma para a componente de eixo do cilindro. Com base em cada uma destas direções, de acordo com todas as respostas apresentadas pelo paciente aquando da primeira e segunda iteração, é determinada uma

estimativa do valor mais provável de cada uma das componentes de potência e de eixo do cilindro demonstradas. Deste modo, são determinados, respetivamente, um limite de potência do cilindro e um limite de eixo do cilindro, que constituem o resultado da refração exata, os quais são calculados em coordenadas cartesianas e restituídos em coordenadas polares.

- Adicionalmente, é realizada uma verificação da coerência das respostas do paciente ao longo da demonstração, e esta permite decidir quando interromper o procedimento ou, pelo contrário, se é necessário continuá-lo para especificar e confirmar o resultado. Consequentemente, quanto mais coerentes forem as respostas do paciente, mais rápido será o procedimento de demonstração do cilindro; inversamente, se as respostas do paciente não forem coerentes, será necessário continuar a demonstração até obtermos a fiabilidade pretendida.

É assim que chegamos à refração final exata de +1,21 (- 2,42) 35°.

Graficamente, esta segunda repetição de demonstração do cilindro reflete-se no intervalo dióptrico (consultar a figura 9) pelo facto de:

- Após as etapas (1) a (6) da primeira iteração, e que culminam na primeira estimativa da refração, o exame prossegue com as etapas (7) a (12) de apuramento da refração.
- A segunda verificação da componente de potência do cilindro - etapas (7), (8) e (9) - ser realizada paralelamente à direção do eixo do cilindro inicial no intervalo dióptrico: na figura 9, podemos observar que a reta que une os pontos (7), (8) e (9) é paralela àquela que une os pontos (1), (2) e (3). A direção inicial utilizada para a demonstração da componente de potência do cilindro é mantida constante, ajustando a componente de eixo ao seu valor mais provável após a primeira iteração.
- A segunda verificação da componente de eixo do cilindro - etapas (10), (11) e (12) - é realizada perpendicularmente ao eixo inicial do cilindro, sendo que podemos observar, na figura 9, que é paralela à reta que une os pontos (4), (5) e (6). A direção inicial utilizada para a demonstração da componente de eixo do cilindro é mantida constante, ajustando a componente de potência ao seu valor mais provável obtido após a segunda iteração.
- Importa salientar também que, ao contrário daquilo que acontece na primeira iteração de demonstração do cilindro, o ponto (7) não se encontra exatamente no meio dos pontos (5) e (6), pontos para os quais a inversão de respostas do paciente ocorre, mas é ligeiramente desfasado; da mesma forma, observaremos também que o ponto (10) não se encontra localizado entre os pontos (8) e (9), mas sim que este se encontra desfasado em relação a estes

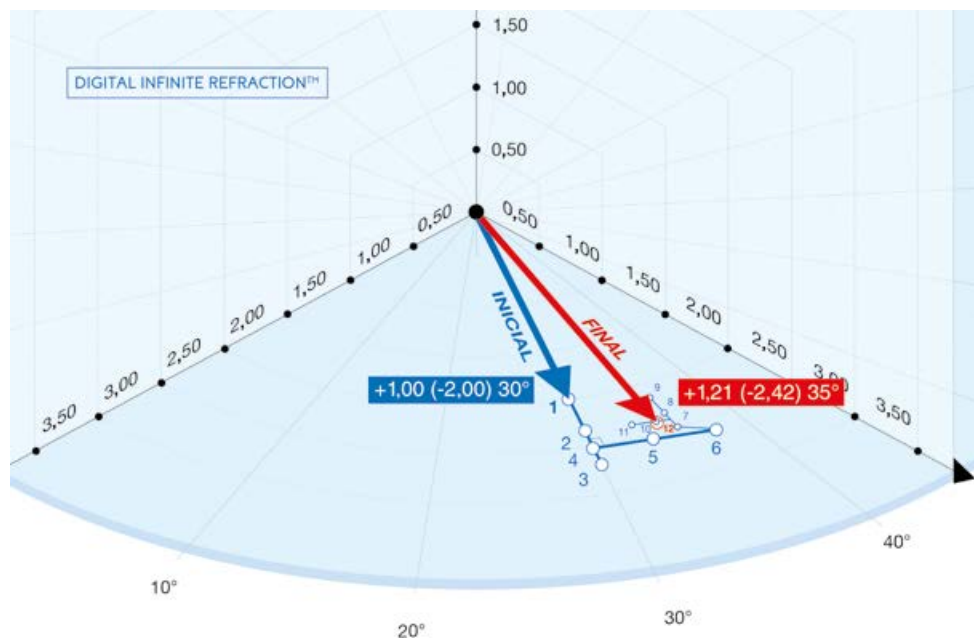


Figura 9: Algoritmo de determinação do cilindro através do método da «Digital Infinite Refraction™»: Uma dupla iteração de demonstração da potência e do eixo do cilindro numa única sequência.

últimos. Isso resulta do facto de, a partir da segunda iteração de demonstração do cilindro, estes pontos originarem uma estimativa do novo “ponto” a testar, realizada com base em todas as respostas apresentadas pelo paciente para a componente de potência e para a componente de eixo, respetivamente. Por outras palavras, ter-se-á em conta, durante a segunda iteração, as respostas que já foram apresentadas pelo paciente durante a primeira iteração. O objetivo da técnica vetorial de refração é poder tratar as duas componentes de potência e de eixo, de forma independente, e poder acumular as respostas de acordo com estas duas direções, no sentido de realizar um tratamento estatístico e avaliar separadamente os valores mais prováveis da potência e do eixo do cilindro.

Discussão:

Vamos agora discutir os benefícios do novo método da Digital Infinite Réfraction™ e as perspetivas que este possibilita :

- Um método de demonstração da refração simultaneamente coerente e exato: a abordagem vetorial utilizada para a demonstração do cilindro permite efetuar a refração com uma demonstração coerente: por um lado, é utilizada a mesma identificação dióptrica ao longo da demonstração e, por outro lado, os efeitos dióptricos produzidos durante a demonstração da potência e do eixo mantêm-se coerentes. Esta técnica permite assim determinar o cilindro com precisão, em intervalos de 0,01 D e de forma exata, o que nunca tinha sido possível até então.
- Utilização de métodos psicométricos para a determinação da refração: o novo método permite implementar técnicas de demonstração do limite, tais como aquelas tipicamente utilizadas na psicofísica. Assim, deixamos de estar limitados, como acontece na

refração tradicional, a avaliar os valores de esfera, de cilindro e de eixo, e demonstramos, ao determiná-los de forma estatística, os valores de limite mais prováveis das três componentes cartesianas da refração: esfera equivalente, componente horizontal do cilindro J0° e componente oblíqua do cilindro J45°. A refração torna-se então uma verdadeira medida fisiológica!

- Uma precisão em linha com a sensibilidade dióptrica dos pacientes: se a refração tradicional com lentes com intervalos de 0,25 D não era suficientemente exata em relação à sensibilidade dióptrica real dos pacientes (frequentemente inferior a 0,10 D), a nova técnica, que utiliza intervalos óticos de 0,01 D, permite determinar a refração tendo como único limite a sensibilidade ótica. Já não é o foróptero que limita a precisão da refração, mas sim a sensibilidade do paciente. Ainda melhor, a nova técnica permite igualmente avaliar a sensibilidade dióptrica de cada paciente durante o exame da própria refração, oferecendo assim um novo parâmetro adicional que acompanha o resultado da refração e permite a sua interpretação.
- Algoritmos de ajuda à determinação da refração para os prescritores : a formalização das lógicas de refração e, nomeadamente, da demonstração do cilindro, em testes e programas de refração automatizados, permite oferecer uma certa padronização dos métodos de exame da refração. Esta deve permitir excluir a inevitável variabilidade das práticas e reforçar a repetibilidade dos resultados de refrações de um prescritor para outro, de modo a tornar a refração subjetiva mais objetiva !
- Uma nova sequência de exame Refração seguida de Prescrição : a nova abordagem oferece igualmente uma sequência de exercício da refração diferente da abordagem clássica. Consiste, numa primeira fase, na determinação de um valor de refração subjetivo bruto

a partir dos algoritmos do foróptero e, numa segunda fase, numa interpretação deste resultado por parte do prescritor, no sentido de transformá-lo numa decisão de prescrição. Desta forma, em vez de um exercício clássico Refração-Prescrição simultâneo, ou seja, de uma interpretação dos resultados durante o exame da refração, e com a subjetividade que isso implica, é proposta uma nova sequência de Refração seguida de Prescrição sucessivas. Esta nova abordagem pode contribuir para dissociar a Refração da Prescrição e, nesse aspeto, transformar o modo de exercício da refração.

- Acesso a uma gama de lentes de correção com intervalos de 0,01 D: embora atualmente seja possível determinar a refração através de intervalos de 0,01 D, é evidente que esta precisão apenas tem interesse se for possível disponibilizar as correções óticas correspondentes. É assim que disponibilizamos atualmente uma nova gama de lentes de correção, fabricadas com intervalos de 0,01 D. Isto tornou-se possível graças à tecnologia de Digital Surfacing, que começou a ser utilizada há já dez anos. Desta forma, a precisão da determinação da refração proporcionada pelos novos forópteros permite atualmente aos pacientes beneficiarem do pleno potencial de precisão existente no fabrico de lentes.

Conclusão:

Se os métodos de refração subjetiva não evoluíam há mais de um século, estão prestes a conhecer uma verdadeira revolução. Com a chegada de forópteros com variações contínuas de potência, passou a ser possível desenvolver novas técnicas de exame e repensar a abordagem da refração subjetiva. Como descrevemos pormenorizadamente nesta série de três artigos, a demonstração do cilindro corretor pode assim ser realizada segundo uma nova técnica vetorial, simultaneamente mais coerente e mais exata. Foram igualmente desenvolvidas abordagens semelhantes para outros testes de refração: nova técnica de miopização e desmiopização, determinação automatizada da esfera, realização do equilíbrio binocular exato, aproximação e medição automatizadas da adição da visão ao perto, etc... A lógica desenvolvida para cada um destes testes traduz-se em algoritmos aplicados em testes de refração automatizados. A combinação dos diferentes testes permite criar programas de refração diretamente utilizáveis pelos prescritores e que podem então ser personalizados de acordo com as suas necessidades.

Atualmente, foram propostas as primeiras versões de testes e programas de refração e estas encontram-se disponíveis no foróptero de nova geração(*). Considerando a total flexibilidade do módulo ótico e do seu comando, abre a possibilidade de um vasto campo de investigações e de inovação em matéria de métodos de refração. No futuro, poderão ser inventados novos testes, algoritmos, programas, protocolos, métodos, etc.... E, uma vez que estes forópteros de novas gerações são instrumentos conectados, será possível enriquecê-los regularmente com os últimos progressos realizados, atualizando os softwares

remotamente. Além disso, a simplicidade de utilização dos programas e a conectividade destes forópteros são de tal ordem que poderão também transformar o modo de realização da própria refração: refração delegada, refração remota, autorefração, etc... Estamos então, decididamente, nos primórdios de uma revolução da refração e do seu modo de exercício!

Deste modo, a tecnologia dos novos forópteros irá permitir automatizar e padronizar as técnicas de refração e determinar a correção dos pacientes com maior precisão. Esta tecnologia é atualmente disponibilizada aos prescritores para facilitar o seu quotidiano e colocada sob a sua supervisão e autoridade. É então essencial que estes compreendam a lógica dos algoritmos conducentes da refração, no sentido de acompanhar a correta realização e conclusão da mesma. Esperamos que esta publicação tenha esclarecido a compreensão do algoritmo, bastante complexo, de demonstração vetorial do cilindro corretor. Mas esperamos, sobretudo, que promova a adoção e a utilização de procedimentos automatizados de determinação do cilindro por parte dos profissionais da saúde visual e permita, assim, oferecer aos pacientes uma correção ótica do seu astigmatismo (ainda) mais exata!



INFORMAÇÕES RELEVANTES:

- No método da Refração Tradicional, a demonstração do cilindro segue um caminho indireto, com alterações contínuas do sistema de referência, limitando a precisão.
- No método da Refração Digital, a demonstração do cilindro segue um caminho direto, com um sistema de referência consistente, com uma dupla iteração, assegurando uma grande precisão.
- O novo método da Digital Infinite Réfraction™ permite uma determinação mais exata da refração. A sua aplicação através de algoritmos automatizados e evolutivos abre várias perspetivas para facilitar a prática da refração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) Longo A., Meslin D., Une nouvelle approche de la réfraction subjective, Cahiers d'Ophthalmologie, número 230, pp 59-63, (set 2019); A New approach to subjective refraction, in Points de Vue, Essilor International, www.pointsdevue.com (maio 2020).
- (2) Thibos L. N., Wheeler W., Horner D., Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error. Optom Vis Sci. Jun;74(6):367-75 (1997).
- (3) Thibos, L. N., & Horner, D., Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery. Journal of Cataract & Refractive Surgery, 27(1), 80-85 (2001).
- (4) Touzeau O, Costantini E, Gaujoux T, Borderie V, Laroche L, Réfraction moyenne et variation de réfraction calculées dans un espace dioptrique, Journal français d'ophtalmologie, 33, 659-669 (2010).
- (5) Touzeau O., Scheer S, Allouch, Borderie V., Laroche L., Astigmatisme : analyse mathématiques et représentations graphiques, EMC – Ophtalmologie 1, pp 117-174, Elsevier (2004).
- (6) Meslin D, Cahier d'Optique Oculaire « Réfraction Pratique » (also « Practical Refraction »), pp 24-30, Essilor Academy Europe, www.essiloracademy.eu (2008).
- (7) Marin G., Meslin D., Réfraction : les patients sont plus sensibles que le quart de dioptrie !, Cahiers d'Ophtalmologie, número 235, pp 59-63 (março 2020); Refraction : patients are sensitive to increments smaller than a quarter dioptre ! in Points de Vue, Essilor International, www.pointsdevue.com (junho 2020).