

FENÓMENOS ESTEREOSCÓPICOS E ESTEREOGRAMAS

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

FENÓMENO PULFRICH (EFEITO)

Um fenómeno binocular interessante ocorre quando observa um pêndulo a balançar sob as seguintes condições:

- Pêndulo está balançar num plano paralelo à face
- Um filtro de densidade neutra é colocado sobre um olho

Se o filtro é colocado sobre o olho direito, o pêndulo parecerá balançar numa trajetória oval, em vez de paralelo ao rosto, como ilustrado na Figura 28.1-esquerda. Este é o **efeito de Pulfrich** e é explicado com base no facto do filtro DN reduzir a iluminação da retina para um olho, o que faz com que o sinal neural dessa retina esteja ligeiramente atrasado, comparativamente com o outro olho. É importante verificar que a direcção da percepção do caminho oval (no sentido dos ponteiros do relógio vs. no sentido contrário) deve estar relacionada ao olho com atraso, especialmente para o diagnóstico de neurite óptica. Referindo-se à Figura 28.1-direita, embora ambos os olhos estejam a fixar o pêndulo (ponto preto), o olho esquerdo processa a imagem para onde ele estiver, mas o olho direito processa o sinal para onde o pêndulo foi um momento antes. Com efeito, é como se o olho direito visse o pêndulo ligeiramente para a esquerda. Isto origina uma disparidade retiniana nas duas imagens. Com base nas informações de disparidade, a localização aparente do objecto é ligeiramente mais próxima para do observador do que a localização real do pêndulo.

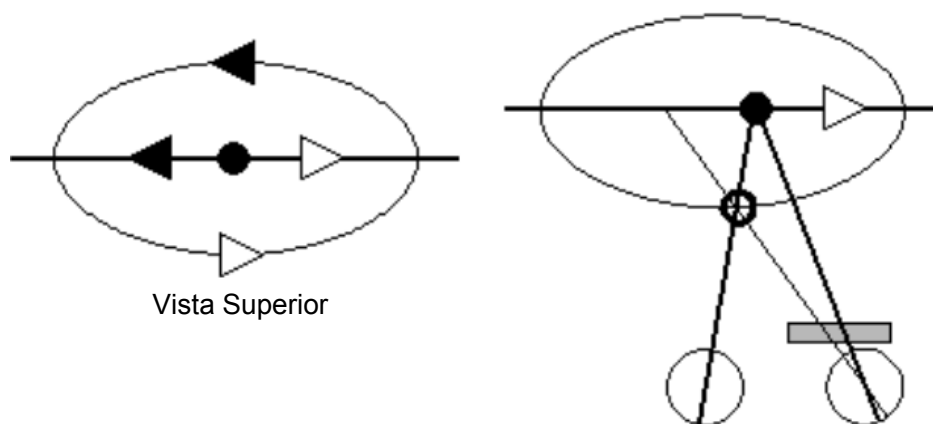


Figura 28.1 Fenómeno Pulfrich.

Qualquer situação que induza uma diferença na iluminação da retina entre os dois olhos tem potencial para causar o efeito Pulfrich. Alguns exemplos incluem:

- Uma anisocoria elevada
- Neurite óptica
- Dispositivos de montagem na cabeça ou óculos de realidade virtual com luminâncias incompatíveis

CROMOESTEREOPSIA

Ao visualizar um padrão intenso que inclui um vermelho e azul altamente saturado, poderá notar que as cores parecem estar localizados a diferentes distâncias mesmo que estejam no mesmo plano. Conseguirá perceber que as palavras, "Cromo-" e "stereopsis" na versão a cores da Figura 28.2 parecem estar a flutuar no espaço, a diferentes distâncias. Alguns observadores vêem o texto a vermelho a flutuar no espaço, o qual está mais perto que o azul. Alguns irão observar o efeito oposto. Isso é conhecido por **cromoestereopsia**.

A cromoestereopsia é baseada na aberração cromática do olho e exige que o eixo óptico e eixo visual dos olhos estejam deslocados um em relação ao outro. Isso é ilustrado na Figura 28.3. Vários exemplos interessantes de cromostereopsia podem ser encontrados no seguinte site: <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/scolor-e.html>



Figura 28.2 Um exemplo de cromoestereopsia.

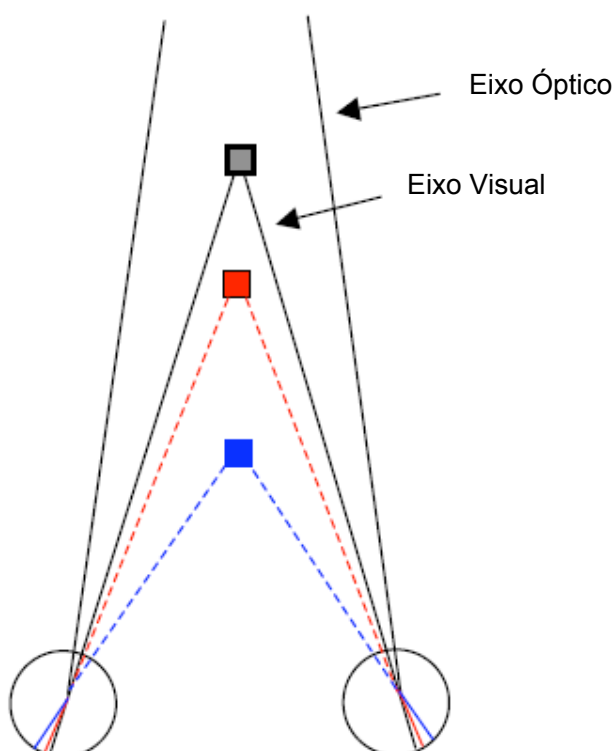


Figura 28.3 Explicação da cromostereopsia.

Ao posicionar furos estenopeicos corretamente em frente dos olhos, é possível melhorar a cromoestereopsia e estimular uma forte sensação de profundidade estereoscópica ao exibir fotografias coloridas vulgares. Uma empresa patenteou óculos especiais "3-DVG" que fazem exactamente isso. Leia mais sobre isto no respetivo site: <http://www.3-dvg.com/>

ESTEREOGRAMAS DE FUSÃO LIVRE

Não é necessário usar um estereoscópio, polarizadores ou óculos anaglifos para visualizar pares de estéreo imagens. Com prática, aprenderá a olhar para as duas imagens de um par estéreo que estão simplesmente colocadas lado a lado. Estes são chamados de **estereogramas de fusão-livre**. Normalmente o olho direito olha em frente, para a imagem direita enquanto o olho esquerdo olha para a imagem à esquerda. É também possível cruzar os olhos para que cada olho veja a imagem no lado oposto.

O livro de Steinman contém muitos exemplos de estereogramas de fusão-livre e, há também exemplos em Borish. São também frequentemente usados em livros didáticos de doença ocular para ajudar estudantes e médicos na prática do diagnóstico de doenças como o glaucoma.

Pode facilmente criar o seu próprio estereograma de fusão-livre, seguindo as seguintes etapas. Segue um exemplo demonstrado na Figura 28.4.

1. Desenhe um campo num quadro, o qual será o plano de fundo para ser visto por ambos os olhos.
2. Coloque um objeto dentro desse quadro.
3. Copie a imagem inteira e cole-a ao lado da original. Os dois quadros são os estímulos para os dois olhos.
4. Selecione o objeto no quadro e desloque ligeiramente para um dos lados. Isso cria uma disparidade na sua localização, com relação ao plano de fundo. Os olhos fundem os planos de fundo, mas o objeto é visto em direcções ligeiramente diferentes em cada olho. A disparidade estimula uma perspectiva de profundidade estereoscópica.

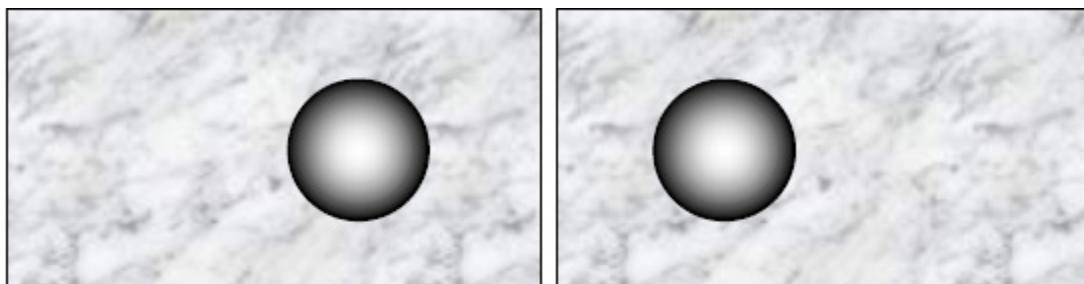


Figura 28.4 Um estereograma simples de fusão-livre. Se o olho direito vir o quadro à direita e o olho esquerdo vir o quadro à esquerda, deverá estimular disparidade cruzada com a "Pérola Negra" a flutuar em frente ao plano de fundo.

ESTEREOGRAMAS DE PONTO ALEATÓRIO

Para perceber um objecto em estereopsia, é necessário que o objeto seja visível ou reconhecível por cada olho de forma monocular? Por exemplo, para ver um quadrado estereoscopicamente, o quadrado terá de ser identificável em cada imagem retiniana monocular?

Julesz (<http://zeus.rutgers.edu/julesz.html>) investigou a estereopsia na década de 1960, demonstrando que a visibilidade monocular não é necessária para a estereopsia. Ele fez isto, criando estereogramas de ponto aleatório, em que o padrão observado pelo olho direito é apenas um padrão de pontos aleatórios com nenhuma forma aparente. Quando visto binocularmente, as disparidades binoculares entre as imagens da direita e da esquerda no padrão de pontos aleatórios, estimulam a percepção estereoscópica de um objeto.

As figuras 7-28 de Steinman e Fig. 24-7 de Adler indicam como desenhar um estereograma de ponto aleatório, com um exemplo apresentado na Figura 28.5. Steinman mostra um estereograma de ponto aleatório completo na Fig. 7-29.

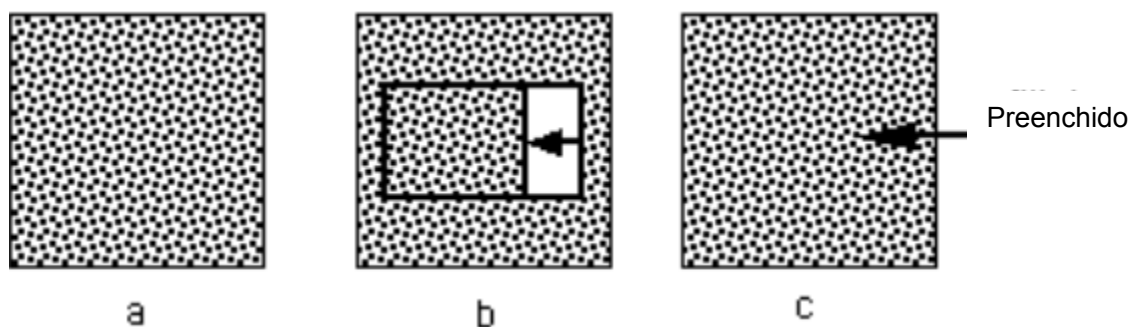


Figura 28.5 O mesmo padrão de pontos aleatórios é preparado para ambos os olhos, mas o padrão para um olho (a) deve então ser modificado. Uma parte é deslocada (b) de forma a criar uma disparidade; em seguida, o espaço em branco é preenchido com pontos aleatórios (c).

Em situações de visualização mais naturais, os objectos visíveis monocularmente e as suas características são fundidas binocularmente. O sistema visual é capaz de fazer corresponder certas características nas imagens do olho esquerdo e do olho direito, de forma a gerar uma sensação de profundidade estereoscópica. Esta correspondência ponto-por-ponto, que ocorre entre os detalhes semelhantes na imagem da direita e da esquerda, denomina-se **estereopsia local**.

Os estereogramas de ponto aleatório demonstram que o sistema visual é também capaz de calcular as disparidades entre uma área muito grande da cena, mesmo quando não há nenhum objecto disponível para correspondência estereoscópica local. Ou seja, há uma grande área de pontos dentro da imagem de um olho que têm disparidade relativa com a região correspondente na imagem do outro olho. A maior computação de disparidade global entre as imagens dos dois olhos é designada de **estereopsia global**.

AUTOESTEREOGRAMAS

É possível colocar os dois padrões de pontos aleatórios na mesma página, ou mesmo dentro de uma mesma imagem, contanto que cada olho olhe para diferentes partes da imagem. Isto leva à ideia do **autoestereograma**. Com base nos mesmos princípios de estereograma de pontos aleatórios, Dr. Tyler e Dr. Clarke desenvolveram autoestereogramas. Exemplos disso são os números de "MagicEye", que podem fornecer uma sensação de profundidade estereoscópica sem usar polarizadores, um estereoscópio ou imagens separadas do olho direito e esquerdo. Com efeito, as imagens do olho esquerdo e direito estão ambas contidas numa única figura. O princípio exige:

- Um padrão repetitivo
- Os olhos devem convergir ou divergir numa largura repetitiva.
- Em seguida, as diferentes imagens do olho esquerdo e direito irão conter disparidades.
- As disparidades dão a percepção de profundidade estereoscópica.

Isso também é conhecido como o fenómeno de papel de parede; pode ter observado isso ao fixar papel de com um padrão repetitivo. Citando o capítulo de Tyler em Regan (Capítulo 3 - Cyclopean Vision).

Para gerar um estereograma, é possível ir além do fenómeno básico do papel de parede e controlar o perfil de disparidade, variando a largura de repetição em cada ponto no campo. Qualquer superfície estereoscópica com variações nas direcções horizontais e verticais pode ser geradas por este meio.

Os autoestereogramas de ponto aleatório e autoestereogramas demonstram o princípio importante de que a percepção de uma forma estereoscópica não precisa ser precedida de percepção monocular dessa forma. Seguem-se vários sites de internet que têm bons exemplos de estereogramas, incluindo autoestereogramas, pares estéreo e estereogramas de pontos aleatório. Algumas imagens são referidas como **estereogramas de imagem única (SIS)** ou **estereogramas simples de imagem de pontos aleatórios (SIRDS)**. Muitos outros sites interessantes estão disponíveis na web.

<http://www.colorstereo.com/>

<http://www.ccc.nottingham.ac.uk/~etzpc/gif.html>

<http://www.magiceye.com/>

<http://www.st.rim.or.jp/~oso/3dcg.html>

<http://www.vision3d.com/sgwall.html>

ESTEREOSCOPIA E OUTRAS PISTAS DE PROFUNDIDADE

Uma vez que estereopsia é estimulada pela disparidade retiniana simples, fazer uma inversão da disparidade deveria inverter a direcção da profundidade percebida. No entanto, se mostrar a alguém um estereograma que tenha pistas de profundidade monocular abundantes, invertendo a disparidade pode não ter nenhum efeito sobre a profundidade e distância dos objectos.

Suponha que olha para um estereograma polarizado, mostrando agricultores a trabalhar num campo onde a disparidade normal os mostra em primeiro plano com o campo e montanhas ao fundo. Se inverter os óculos, as montanhas aparecerão mais próximos e os agricultores mais distantes? Isso não ocorre.

P Porquê?

R

ENSAIOS CLÍNICOS DE ESTEREOPSIA

Foram desenvolvidos vários testes clínicos para avaliar o limite da estereoacuidade dos pacientes. Estas podem ser classificadas em testes de **profundidade-real** ou testes de **profundidade-projectada**. O teste de profundidade real usa objectos que são separados no espaço por uma certa distância para estimular uma quantidade especificada de disparidade da retina. Alguns são semelhantes aos dispositivos de Howard-Dolman que utilizámos em laboratório para medir horópteros e os limiares reais de estereoscopia. Veja **Fig. 20-18 em Borish**.

Os testes de profundidade projectada deverão usar imagens simples que são fundidas ao serem exibidas com polarizador ou num estereoscópio. Estes criam uma disparidade retiniana, que estimula uma sensação de profundidade estereoscópica. Exemplos incluem o teste Titmus Stereo Fly e o teste de Reindeer.

A investigação demonstrou que o limite médio de estereoacuidade para uma população é de 14.4 segundos de arco. Isto sugere que 98% da população deve ter uma estereoacuidade máxima (disparidade de limiar para stereopsis) entre 2 e 38 segundos de arco. Com base nisso, 40 segundos de arco podem ser usados como o limiar de passado-chumbado geral para adultos, embora alguns testes estéreo incluam um alvo de 20 segundo arco.

BIBLIOGRAFIA

Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 7.

Schwartz S. **Visual Perception** - 2nd Edition. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.

Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.

Benjamin, W. **Borish's Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006. Chapter 21.

Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.

Schor CM and Cuifreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan. 1983.

Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.

Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.

Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy**, 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, 1995.

Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.

Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.

Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.

Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.