

ESTEREOPSIA II

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

DISTÂNCIA MÁXIMA DE ESTEREOPSIA

Qual é a maior distância à qual se pode localizar um objecto usando estereopsia? Por exemplo, usando a estereopsia, consegue dizer se a Lua está mais próxima do que as estrelas? Pode um piloto dizer que outro avião está mais próximo do que o horizonte usando estereopsia? Para calcular a distância máxima a que a estereopsia é possível, deve perguntar se um objecto estivesse localizado no infinito, quão próximo deveria este deslocar-se na sua direção para dizer que está mais próximo que infinito, usando apenas a estereopsia?

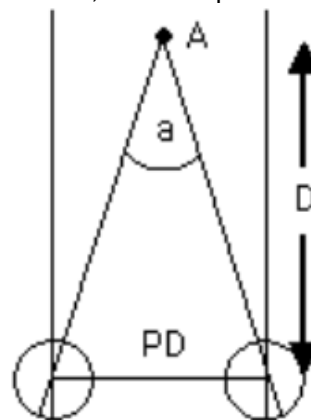


Figura 27.1 Distância máxima em que a estereopsia é possível.

Uma vez que o ângulo de paralaxe binocular, para o infinito é zero, o objeto A na Figura 27.1 irá ser visto primeiro em profundidade estereoscópica quando o ângulo 'a' for igual ao limite de estereoacuidade. Uma vez que o ângulo 'a' é conhecido, e DP também, é fácil calcular a distância D. Em radianos é:

$$\angle a = \frac{DP}{D} \Rightarrow D = \frac{DP}{\angle a}$$

Se a DP = 0,064 m e o ângulo 'a' é de 20 segundos de arco (9.696×10^{-5} radianos), a distância D seria igual a 660 metros. A tabela 27.1 mostra a distância máxima de estereopsia, tendo em conta outros limiares de estereoacuidade.

Table 14.1 Distância máxima de estereopsia para diferentes limiares de estereoacuidade (DP = 64)

Limiar (segundos arco)	Radianos	Distância Máxima (m)
2	9.696×10^6	6600
10	4.848×10^5	1320
20	9.696×10^5	660
40	1.939×10^4	330
80	3.879×10^4	165

A distância irá alterar-se para DP diferentes, conforme apresentado na tabela 27.2. A partir daí, pode ver que, assumindo um limiar de estereoacuidade de 20 segundos de arco, é impossível calcular a posição relativa dos objectos estereoscopicamente se, estiverem localizados a mais de 700 metros de distância. Para além dessa distância, os ângulos de disparidade angular são menores do que o limite de estereoacuidade. Portanto, um piloto, que veja um avião a aproximar-se a vários quilómetros de distância, não será capaz de usar estereopsia para calcular a distância relativa a esse avião.

Tabela 27.2 Distância máxima de estereopsia para diferentes DPs, assumindo $\eta = 80$ segundos de arco.

DP (mm)	Distância Máxima (m)
56	134
60	155
64	165
68	175

Vamos reconsiderar o caso do voo Delta 554. O limiar de 2-10 segundos de arco é ideal para condições de teste de laboratório mas a menor estereopsia mensurável através de um teste clínico é de 20 segundos de arco. No Titmus Stereo Fly, se a pessoa conseguir ver 9/9 alvos, terá uma estereoacuidade de 40 segundos de arco. Uma vez que a visibilidade do piloto era fraca e o piloto estava a ver sob condições dinâmicas, provavelmente podemos supor que a sua estereoacuidade foi pior do que 40 segundos de arco, talvez 80 segundos de arco. Referindo a Tabela 27.1, um limite de 80 arco-segundo significa que estereopsia seria possível apenas dentro de cerca de 165 metros. Se o avião estivesse a voar a 320 Km/h, estaria a voar a cerca de 100 metros por segundo, o que corresponde a apenas 1.65 segundos de tempo de viagem. Ou seja, se o piloto estivesse suficientemente perto da pista para ser capaz de usar estereopsia, ele teria apenas 1.65 segundos para corrigir a sua posição. É questionável que estereopsia reduzida causados pela monovisão tivesse qualquer culpa no acidente.

HIPERESTEREOPSIA

O exército dos EUA está a desenvolver novos sistemas de imagem e apresentação em capacetes para pilotos de helicóptero. Um exemplo é a apresentação integrada de capacete e visão do sistema (HIDSS) projectado para o helicóptero Commanche RAH-66 (agora cancelado). Foi projetado para que informações sobre aeronaves e armas fosse sobreposta à visão do piloto, para que ele possa ver o campo de batalha e dados ao mesmo tempo. A figura 27.2 mostra um exemplo do desenvolvimento de óculos de campo de visão amplo de visão noturna.



Figura 27.2 Sistema Óptico experimental de visão noturna do exército.

O que acha que aconteceria à estereopsia, se o piloto estivesse a ver através de telescópios montados em ambos os lados do capacete, aumentando efectivamente a sua DP para cerca de 120 mm? Isso iria aumentar drasticamente os ângulos de paralaxe binocular e aumentaria as disparidades da retina. Daria um sentido radicalmente melhorado de estereopsia ou **hiperestereopsia** e aumentaria o alcance máximo de estereopsia de uma pessoa de cerca de 660 metros para mais de 1200 metros. A pessoa seria também capaz de calcular intervalos de profundidade menores na estereopsia.

DISPARIDADE VERTICAL

Quando ambos os olhos visualizam um objeto na linha média, o tamanho vertical parecerá ser o mesmo para ambos os olhos. O tamanho angular do objeto também será o mesmo para ambos os olhos. Agora, se o objeto for deslocado para a direita ou para a esquerda da linha média, estará mais perto de um olho do que do outro. Nesse caso, o tamanho angular vertical será diferente para os dois olhos. Isto é chamado de disparidade geométrica vertical. Por exemplo, enquanto mantém a sua cabeça firme, desloque a caneta para o lado esquerdo do seu campo visual. Alternadamente olhe para a caneta com cada olho. Deve verificar que a caneta parece ligeiramente maior com o olho esquerdo em vez do direito. Em teoria, a disparidade vertical geométrica não deve contribuir para a estereopsia, mas quando o tamanho vertical da imagem de um olho é ampliada, superfícies visualizadas binocularmente parecem inclinar ou curvar-se. Os pacientes podem sentir isto quando começam a usar uma nova lente de correcção. Pode acontecer que as disparidades verticais afetem indiretamente a percepção de profundidade, e isto foi chamado por Ogle de *efeito induzido*. Vamos aprofundar conhecimentos quando estudarmos aniseiconia.

SUBCATEGORIAS DA ESTEREOPSIA

Tal como acontece com muitas outras funções visuais, a percepção estereoscópica de profundidade é provavelmente integrada a partir de várias subfunções. A estereopsia foi dividida em estereopsia fina e grossa. A **estereopsia fina** responde a frequências espaciais mais elevadas (detalhes), disparidades retinianas menores de 30 minutos de arco e alvos estacionários ou que se movem lentamente. A estereopsia fina é maioritariamente encontrada na visão foveal e é suportada pelo sistema parvocelular. O sistema fornece a estereopsia de alta qualidade (estereopsia patente) e também pode contribuir para controlo da disparidade vergencial fina.

A **estereopsia grossa** responde principalmente aos objectos de frequência espacial mais baixa (objetos grandes), a disparidades retinianas grandes (30-600 minutos de arco) e alvos móveis. Está ativa na visão periférica e foveal e pode estar também relacionada com controlo da disparidade vergencial grossa. Parece ser suportada pelo sistema *Magnocelular*. Outros centros neurológicos podem especializar-se em outras subcategorias de estereopsia. Por exemplo, estereopsia de movimento em profundidade, estereopsia de movimento lateral e estereopsia estática parecem ser processados de forma diferente. Estes podem ser divididos em processos separados que lidam com as disparidades cruzadas e não-cruzadas. Danos em certas áreas do cérebro podem criar formas específicas de cegueira estereoscópica. Por exemplo, uma pessoa pode ter um défice na estereopsia grossa de movimento em profundidade, e ainda ter a estereopsia estática completamente normal.

CASO LIMITE DE PANUM

É possível criar uma sensação de profundidade estereoscópica usando um estímulo muito simples ilustrado na Figura 27. 3. A imagem vista pelo olho direito é de uma única linha, enquanto o olho esquerdo vê duas linhas. O sistema visual funde a única linha (vista pelo OD) com as duas linhas vistas pelo olho esquerdo para estimular a estereopsia. Isto dá a percepção dos dois objectos localizados em profundidade, como apresentado na figura. Isso é chamado de **caso limite do Panum** porque é o estímulo mínimo necessário para provocar uma sensação de estereopsia. Se remover uma das linhas, estereopsia cessa.

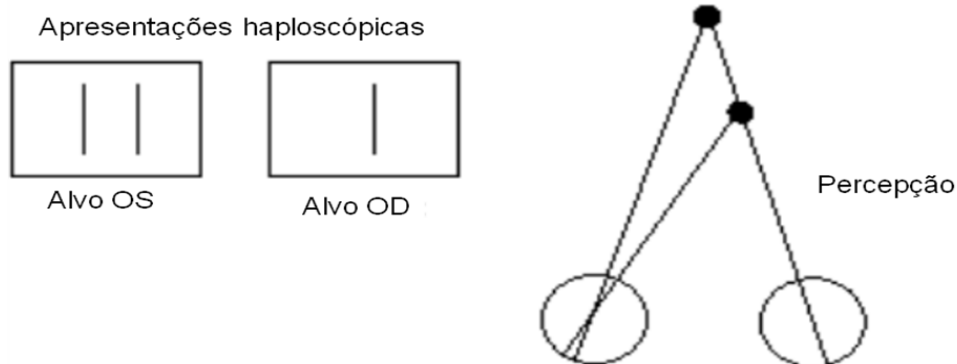


Figura 27.3 Caso limite de Panum.

ESTEREOPSIA NO DIAGNÓSTICO CLÍNICO

No capítulo 7, Steinman descreveu diferentes tipos de estereoscopia e métodos usados para criar uma sensação de percepção de profundidade estereoscópica.

- O Estereoscópio de Wheatstone usou espelhos para colocar uma imagem simples em frente de cada olho.
- O estereoscópio de Brewster usando lentes e efeito prismático
- Vários métodos que usam filtros polarizados
- Anaglifos e óculos
- Óculos estereoscópicos de cristais líquidos

A estereopsia é importante no diagnóstico clínico, em condições tais como o glaucoma. Enquanto a oftalmoscopia directa lhe dá uma visão bem ampliada da cabeça do nervo óptico, às vezes é difícil apreciar a profundidade real da cabeça do nervo óptico sem estereopsia. Esta é uma vantagem importante de biomicroscopia de fundo de olho (usando 90D, 78D a lente Superfield). Se fundir a imagem de fundo corretamente, a estereopsia dar-lhe-á uma imagem viva de profundidade tridimensional do disco óptico.

Uma lente 78 D fornece uma visualização mais ampliada do fundo do que uma lente de 90D e uma lente de 60D fornece ampliação ainda maior. As lentes de potência inferior também aumentam a profundidade estereoscópica mais do que o factor que você esperaria de ampliação transversal por si só.

- R** Fotos do fundo de olho estereoscópicas são também valiosas no acompanhamento do glaucoma pelo mesmo motivo. Para ter um par de fotos estereoscópicas da cabeça do nervo, primeiro tira uma foto normal da cabeça do nervo, em seguida, desloca a câmara ligeiramente para o lado e tira uma segunda foto.

R

P Porquê?

- R** O par de slides que é visualizado num estereoscópio apresenta os diferentes slides para cada olho. Se tomado corretamente, a disparidade entre as duas imagens estimula sentidos de profundidade estereoscópica.

BIBLIOGRAFIA

Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 10.

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

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.

Goss DA. **Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: A manual of clinical analysis**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1995.

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.