



DESENVOLVIMENTO BINOCULAR NORMAL

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

INTRODUÇÃO AO DESENVOLVIMENTO VISUAL BINOCULAR

Muitos problemas visuais são o resultado de um desenvolvimento anormal do sistema visual durante os primeiros anos. Se compreendermos o curso normal do desenvolvimento visual binocular, seremos capazes de isolar melhor as causas desses problemas e intervir para proteger o desenvolvimento visual desses pacientes. Têm sido feitos muitos trabalhos nas últimas décadas, mas muito ainda é desconhecido. A investigação sobre visão infantil (como exames olho infantil) apresenta desafios especiais:

- É difícil comunicar com crianças.
- Distraem-se com facilidade.
- Cansam-se rapidamente.

Por isso, têm sido desenvolvidos procedimentos especiais, alguns dos quais assemelham-se a testes desenvolvidos para animais.

TÉCNICAS UTILIZADAS PARA ESTUDAR VISÃO BINOCULAR E PERCEPÇÃO DE ESPAÇO EM CRIANÇAS

Uma técnica clássica é o **precipício visual**. O bebé é colocado sobre uma superfície elevada, que tem uma queda acentuada numa superfície. A zona de queda é coberta com um vidro espesso para proteger o bebé da queda, mas uma vez que é transparente, o precipício perigoso será visível se ele se aproximar da borda. Isto foi originalmente projetado para testar se os bebés tinham idade suficiente para gatinhar.

Quando chamados pelas mães, a maioria dos bebés iria avançar ao longo da superfície mas parar no bordo. Isto mostrou que eles poderiam perceber a profundidade. Para crianças muito pequenas gatinharem, a resposta ao precipício visual poderia ser testada, monitorizando a frequência cardíaca, assim que eram colocados perto do bordo. Veja a ilustração do artigo de Scientific American por Gibson e Walker (1960).

Alguns investigadores estudaram as respostas das crianças para a colisão iminente de objectos, ou avaliaram a sua habilidade em alcançar objectos. Estes estudos mostraram que a percepção de profundidade melhora em função da idade, mas com esses testes, foi difícil de distinguir quanto isso foi apenas uma melhoria da atenção da criança ou se foi o desenvolvimento da visão. Também é difícil, nesta idade, distinguir a influência das pistas de profundidade monocular e estereoscópicas.

Mais recentemente, a técnica de **olhar preferencial** tem sido usada para testar a percepção da disparidade binocular da criança. Um exemplo é apresentado na **Fig. 24-39 de Adler** (9ª edição). São apresentados dois alvos a uma criança que usa óculos polarizados. Um contém um estereograma de ponto-aleatório, enquanto o outro é apenas um padrão de pontos aleatórios plano. O pressuposto é que o bebé prefira olhar para o estereograma se ele poder perceber a profundidade estereoscópica. Se ele não tiver estereopsia o seu olhar será aleatório. Uma versão comercial do teste de estereoacuidade do olhar preferencial, chamado teste Randot Stereo Smile (Fig. 33.1), está disponível a partir do Stereo Optical Company (<http://www.stereooptical.com/>), a mesma empresa que vende o Stereo Fly test.

Ao visualizar o estereograma de pontos aleatórios, a criança vê imagens diferentes em cada olho. Isso pode ser considerado como um tipo especial de **não correlação**, mas não é uma não correlação aleatória; a parte díspar foi deslocada horizontalmente. O sistema visual de crianças jovens detecta verdadeiramente a disparidade estereoscópica, ou simplesmente detecta uma não correlação entre as duas imagens? Isto foi testado experimentalmente comparando como crianças responderam a imagens que tinham disparidades horizontais ou verticais. Em ambos os casos, um tipo semelhante de não correlação existia entre as imagens da direita e esquerda. Descobriu-se que as crianças com estereopsia aparente não mostraram preferência pela não correlação vertical. Isso indica que eles detetam verdadeiramente o estereopsia e não apenas uma não correlação.



Figura 33.1 O Teste Randot Stereo Smile

Outra maneira de estudar a visão binocular em crianças é gravar os PVE (potencial visuais evocados) enquanto se apresentam alvos à criança que contêm disparidades binoculares. Quando os alvos são visíveis, a resposta eléctrica do córtex visual é aparente no traçado do PVE.

PERÍODO DE TEMPO PARA DESENVOLVIMENTO DA VISÃO BINOCULAR NORMAL

O PERÍODO CRÍTICO

Há um período crítico para o desenvolvimento de visão normal, que começa vários meses após o nascimento e continua até aos 6 a 8 anos de idade. Se uma pessoa desenvolver a visão binocular normal, ambos os olhos devem receber imagens de boa qualidade na retina correlacionadas (isto é, sem catarata ou grandes erros de refração não corrigidos, sem estrabismo) durante este tempo. Se a qualidade de uma imagem for fraca, isso vai levar a **ambliopia**.

Se as imagens são de boa qualidade, mas são altamente não correlacionadas (por exemplo, devido ao estrabismo), em seguida, a acuidade visual pode desenvolver-se normalmente, mas a fusão binocular não. Em caso de privação monocular, **oclusão inversa** (ocludindo o melhor olho), se começou cedo dentro do período crítico, pode impedir o desenvolvimento da ambliopia e pode restaurar o desenvolvimento binocular normal (assumindo que não há nenhum estrabismo). Após o período crítico, o desenvolvimento anormal do sistema binocular será permanente e a oclusão inversa ou outros tratamentos não irão restaurar a visão binocular.

O período crítico para o desenvolvimento binocular não começa até, pelo menos, dois meses após o nascimento, o que é uma sorte, já que é nesse momento que o sistema oculomotor se desenvolve de tal forma que a fusão motora se torna possível. Citando Steinman (p. 275)

“Se o período crítico começar exactamente no nascimento, a diplopia que o bebé sentiria dos movimentos visuais não correlacionados poderiam ter uma forte influência negativa no desenvolvimento visual, nomeadamente no desenvolvimento da binocularidade. Isso quase certamente seria garantir que cada criança iria desenvolver problemas visuais binoculares. Seria vantajoso para o sistema visual esperar, ou seja, adiar o período crítico para o desenvolvimento da binocularidade até que o controlo muscular extraocular preciso pudesse ser exercido pela criança. Isto é, na verdade, o que acontece. O período crítico para a visão binocular não é iniciado imediatamente ao nascimento e a visão binocular, leva meses para se começar a desenvolver. Por exemplo, as crianças não desenvolvem a ambliopia na presença de catarata ou estrabismo antes dos 2 meses de idade.

O período crítico em seres humanos parece estar dividido em duas fases:

- Fase infantil - vários meses após o nascimento com cerca de 8 meses de idade
- Fase pós-infantil - dos 8 meses aos 9 anos de idade

Durante a fase infantil inicial, as funções visuais parecem desenvolver-se rapidamente, mas durante a fase pós-infantil a taxa de desenvolvimento diminui. Durante a fase infantil, a acuidade visual melhora rapidamente e a estereopsia desenvolve-se durante este tempo. Estudos anatómicos confirmam que este é um momento de crescimento rápido (**Adler Fig. 24-48**). O gráfico superior mostra o acentuado aumento no volume do córtex cerebral e na densidade populacional de sinapses por milímetros cúbicos durante os primeiros 10 meses de vida. A melhoria na acuidade visual é apresentada no gráfico abaixo.

O crescimento do sistema magnocelular começa mais cedo e prossegue mais rapidamente do que o sistema parvo. Por conseguinte, as funções magno, tal como a percepção de movimento, desenvolvem-se mais rapidamente do que as funções parvo, tal como a acuidade visual ou a estereopsia estática fina.

FUSÃO MOTORA E MOVIMENTOS OCULARES	<p>Um pré-requisito para a fusão sensorial é a fusão motora. Fig. 24-44 de Adler mostra que os recém-nascidos têm normalmente alinhamento ocular instável, e o estrabismo intermitente é comum. A maioria dos bebês nessa faixa etária tem uma exotropia intermitente (curva superior); alguns variam entre exo e eso desvios intermitente (curva média); um pequeno número tende a mostrar uma esotropia ocasional (curva mais baixa). Observe que há um declínio nas distorções oculares entre 3 e 6 meses de idade. Aos 6 meses de idade, a maioria destes bebês estão a fixar normalmente.</p> <p>É importante compreender que um estrabismo variável, temporário e intermitente (geralmente exotropia) é parte do desenvolvimento binocular normal para a maioria dos bebês. Uma mãe ao consultá-lo pode estar preocupada com o olho do seu bebê de 3 - meses de idade pois parece virar para fora ocasionalmente. Pode garantir-lhe que isso é comum numa faixa etária, e à medida que o sistema visual amadurece, a exotropia ocasional normalmente cessa e a visão binocular normal desenvolvem-se. Citando do Tychsen (Adler, p. 808),</p> <p><i>“A vergência em bebês é instável, oscilando entre a sob e a sobre convergência. Os erros de sob convergência são mais comuns. A vergência torna-se extremamente precisa por volta dos 6 meses, implicando desenvolvimento substancial da informação de entrada para os neurónios motores codificando a convergência.”</i></p> <p>Em primeiro lugar o sistema oculomotor mostra uma preferência por movimentos seguimento de alvos que se deslocam do campo temporal na direcção nasal. Isso pode ser notado ao ocluir um olho e observando o olho de fixação. Veja Fig. 24-43 em Adler (9ª ed.). Por volta dos 3-5 meses, o bebê tende a desenvolver a capacidade de seguir suavemente alvos movendo-se em qualquer direcção. Citando de Adler Fig. 24-43:</p> <p><i>“Sempre que um brinquedo portátil seja movido do lado temporal para o nasal em frente ao olho de fixação, o seguimento será suave. O seguimento estará ausente ou será em movimento de roda dentada quando o alvo se move do campo nasal para o temporal. Os movimentos dos dois olhos estão conjugados, e a direcção da assimetria inverte instantaneamente com uma mudança de olho fixador, para que a direcção do seguimento robusto é sempre para alvos dirigidos para a nasal no córtex visual. ... A assimetria indica imaturidade do movimento binocular que processar conexões no córtex visual.”</i></p>
FUSÃO SENSORIAL E ESTEREOPSIA	<p>Durante o primeiro e 3º meses de idade, o sistema visual da criança torna-se capaz de perceber simultaneamente imagens (classificação de Worth grau 1). Aos 3 meses eles mostram uma aversão à rivalidade, indicando que eles têm a capacidade de fundir imagens planas (classificação de Worth grau 2) e entre o 3º e 5º mês a estereopsia desenvolve-se completamente(classificação de Worth grau 3).</p> <p>O desenvolvimento da estereopsia não é paralelo ao desenvolvimento da acuidade visual, a qual é fraca no nascimento, mas melhora continuamente durante os primeiros anos. No nascimento, não existe aparentemente estereopsia mas esta percepção começa a desenvolver-se por volta dos 4 meses de idade. Então revela um aumento abrupto para perto dos níveis adultos após algumas semanas. Isso é ilustrado pela Fig. 24-41A de Adler. Geralmente as meninas desenvolvem estereopsia um mês antes dos rapazes.</p> <p>Foram descobertas diferenças significativas entre os sexos no que respeita à idade de aparecimento de estereopsia e resposta à rivalidade binocular. As raparigas tendem a mostrar um início antes dos rapazes. Uma vez que as diferenças não foram encontradas nas medições de acuidade com franjas, suspeita-se que estejam fortemente restringidos a factores retinianos, os seus descobridores suspeitam que são específicos para processos a decorrer no córtex. Held et al. (2004) especulou que a influência de altos níveis de testosterona neurotrófico presente nos rapazes durante os primeiros meses de vida, combinado com a intensa sinaptogénese neste período ter em conta para a diferença de sexo.</p> <p>A sensibilidade à disparidade cruzada (objectos mais perto do que a fixação) geralmente desenvolvem-se cerca de 3 semanas antes da estereopsia de disparidade não cruzada. Aos 6 meses de idade, a criança média tem um limite de estereoacuidade de 60 segundos de arco.</p>

AS DUAS FASES DE DESENVOLVIMENTO DE HELD

Estudos histológicos do córtex visual mostraram que no início da vida os dados aferentes do NGL no córtex visual primário (V1) não foram claramente separados em colunas de dominância ocular. Gradualmente ao longo do primeiro semestre, as colunas de dominância ocular emergem, e isso pode ser importante para o desenvolvimento da fusão sensorial binocular.

Lembre-se de que no sistema visual do adulto (Capítulo 32), os neurónios geniculados que primeiro fazem sinapse nas camadas V1 IVC α e β são monoculares. Ou seja, eles recebem dados quer do olho direito ou esquerdo via NGL. No entanto são organizados em colunas de dominância ocular. Esta segregação em colunas de dominância ocular direita/esquerda não está presente no nascimento.

Como apresentado na **Fig. 24-47 de Adler**, anterior ao aparecimento de colunas de dominância ocular, há sobreposição considerável entre os axónios provenientes do NGL, para que a primeira sequência de neurónios na camada IVC seja inicialmente binocular — eles têm conexões com o olho direito e esquerdo. Citando Steinman (p. 279),

“Esta sobreposição de informações dos dois olhos na camada 4C impede a existência de binocularidade e estereopsia, como células fora da camada 4C destinadas a tornarem-se células binoculares que então recebem duas entradas com informações mistas de ambos os olhos, ao invés de duas entradas com informações distintas do olho esquerdo e direito.”

À medida que a área visual amadurece nos primeiros meses de vida, os neurónios especializam-se e separam-se em colunas de dominância ocular. Como tal, cada uma das primeiras sequências de neurónios (camada IVC α e β) recebem dados do olho direito ou esquerdo, mas não de ambos. No nível seguinte acima (camada IVB ou camada II ou III), os dados visuais do olho direito e esquerdo são combinadas em neurónios verdadeiramente binoculares no córtex visual maduro. Citando Held (Regan p. 175)

“Outra possível explicação para o desenvolvimento binocular é derivada da observação de que as colunas de dominância ocular da camada IVC não estão nem separadas nem completamente separadas ao nascimento. ... O modelo incorpora uma alegação de que apenas quando a separação é conseguida, é que os sinais dos olhos separados podem ser combinados de modo a formar circuitos que comparam dados dos dois olhos. Tais circuitos poderiam discriminar a disparidade binocular e rivalidade binocular. De acordo com as informações fragmentárias disponíveis, essa segregação ocorre no córtex visual humano durante os primeiros meses de vida”

BIBLIOGRAFIA

- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 9.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 17.
- Held in Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Gibson EJ and Walk RD. (1960). The "visual cliff." Scientific American, 202, 67—71.
- Kaufmann PL. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis.1992.
- Benjamin W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.
- 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.