



DESENVOLVIMENTO VISUAL: ACUIDADE VISUAL

AUTOR (ES)

Kathryn Saunders: Universidade de Ulster, Irlanda do Norte

REVISÃO DE PARES

Tim Fricke: Universidade de Melbourne, Melbourne, Austrália

INTRODUÇÃO

Nesta aula, devemos enfatizar o desenvolvimento de visão de alto contraste (acuidade visual) ao longo da infância e examinar as razões subjacentes para a melhoria da acuidade visual nos primeiros meses e anos de vida.

DESENVOLVIMENTO DA ACUIDADE VISUAL

Está reconhecido há muito tempo que os bebês não vêem tão bem como os adultos, a medição empírica da acuidade visual tornou-se possível após o desenvolvimento de técnicas de potenciais evocados e olhar preferencial. Embora as estimativas variem entre estudos, a acuidade de um recém-nascido está na região dos 6/180 ou fraca.

A Figura 3.1 ilustra o efeito no cenário visual da redução da acuidade visual. Isto pode ajudar-nos a compreender como a visão de um bebê melhora como o desenvolvimento do processamento da informação visual de alto contraste. No entanto, deve-se considerar que no sistema visual imaturo, não é apenas o processamento da informação visual de alto contraste que se está a desenvolver e a variar, mas muitos outros aspectos da função visual incluindo sensibilidade à cor e sensibilidade ao contraste, todos eles provavelmente irão ter um impacto no que é visto no exemplo. Assim não é provável que esta simulação descreva completamente como uma criança vê.

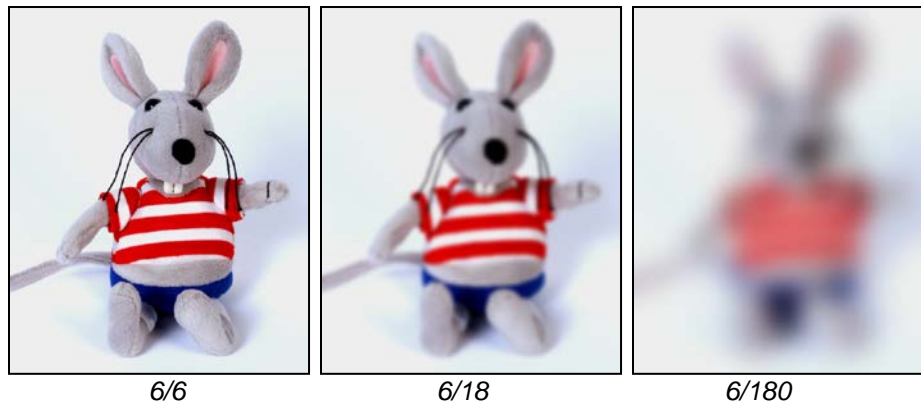


Figura 3.1 Efeito na cena visual da redução da acuidade visual (comunicação pessoal de Dutton)

Embora os clínicos falem de uma acuidade visual de cerca de 6/180 para um recém-nascido, é óbvio que não foram utilizadas letras de Snellen para efectuar estas medições (os bebés não lêem cartas de Snellen), os resultados obtidos usando medições tais como ciclos por grau podem ser transformadas em fracções de Snellen. Enquanto isto é conveniente para os clínicos que trabalham em fracções de Snellen ou em unidades logMAR, deve ser tido algum cuidado ao comparar acuidades de adultos medidas usando letras de Snellen e acuidades visuais em crianças anotadas em fracção de Snellen. Embora se possa converter ciclos por grau em equivalente de Snellen, tal como discutido no capítulo 1, os dois tipos de estímulos (franjas ou padrões quadriculados versus letras) constitui uma tarefa diferente para o sistema visual.

É útil antes de examinar o desenvolvimento visual clarificar primeiro o que significa um ciclo por grau (cpg). Um ciclo é um elemento preto (ou cinzento) e outro branco num padrão de franjas, o número de ciclos num grau de ângulo visual define a medição. A figura mostra franjas de 1 cpg, 2 cpg, 4 cpg e 8 cpg. À medida que o número de ciclos por grau aumenta também aumenta o que o cientista da visão chama por frequência espacial. Quanto maior a frequência espacial, mais ciclos por grau existem e mais fino é o detalhe do padrão de franjas. Quanto mais baixo o número de ciclos de grau, mais baixa é a frequência espacial. Uma duplicação ou divisão por metade da frequência espacial é referida como uma variação de um oitavo (Fig. 3.2). Por exemplo, um aumento de 2 oitavos na frequência espacial iria levar uma franja de 2 cpg para 8 cpg. Uma acuidade de 30 cpg equivale a um equivalente de Snellen de 6/6, 6 cpg a 6/30 e 1 cpg a 6/180.

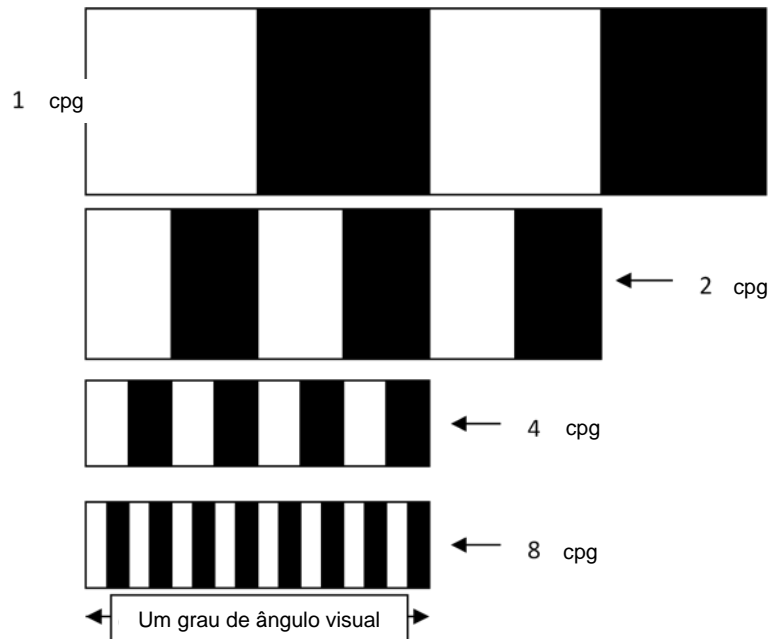


Figura 3.2 Estímulos em franjas são definidos pelo número de ciclos pretos e brancos que estão contidos em cada grau de ângulo visual.

As fracas medidas de acuidades visuais obtidas em recém-nascidos demonstram a rápida variação ao longo dos primeiros 6 meses de vida e continuam gradualmente a melhorar até que são atingidas medições de adultos na infância (Saunders et al 1996, Mayer et al 1985). A idade na qual as medições da acuidade são semelhantes à dos adultos depende muito do método usado para estimar a acuidade visual. Para a maioria das técnicas disponíveis aos optometristas (olhar preferencial, testes de concordância com letras ou figuras) os valores semelhantes a adultos não são alcançados de forma consistente até cerca dos 4-6 anos de idade. As normas de idade para os diferentes testes de AV disponíveis aos optometristas para utilização com crianças em diferentes idades foram discutidas no capítulo 1. Ao utilizar PVE podem ser alcançadas acuidades semelhantes a adultos aproximadamente aos seis meses de idade, mas esta pode ser uma sobre-estimação da verdadeira função do sistema visual da criança como um todo, não reflectindo o amadurecimento que ainda se está a dar nos níveis corticais superiores.

DIFERENÇAS DE MEDIÇÃO

POTENCIAIS VISUAIS EVOCADOS

Os Potenciais Visuais Evocados (PVE) é um teste objectivo que avalia a resposta visual ao nível do córtex visual primário mas não para além dele. Existe ainda um pouco de informação de entrada cognitiva e de atenção da criança e enquanto isto faz com o processo seja relativamente simples quando a compreensão do paciente é limitada, não reflecte de forma precisa a sua função do mundo real.

OLHAR PREFERENCIAL

As técnicas de olhar preferencial (OP) foram também usadas por cientistas da visão para avaliar o desenvolvimento visual. Os resultados alcançados a partir de técnicas de OP são muito mais influenciados pela habilidade do examinador e a atenção da criança, bem como a sua motivação para efectuar a tarefa ou a sua capacidade para controlar os seus movimentos visuais. A figura 3.3 ilustra o desenvolvimento da acuidade visual medido através de olhar preferencial usando cartas de acuidade de Teller (Mayer et al 1995).

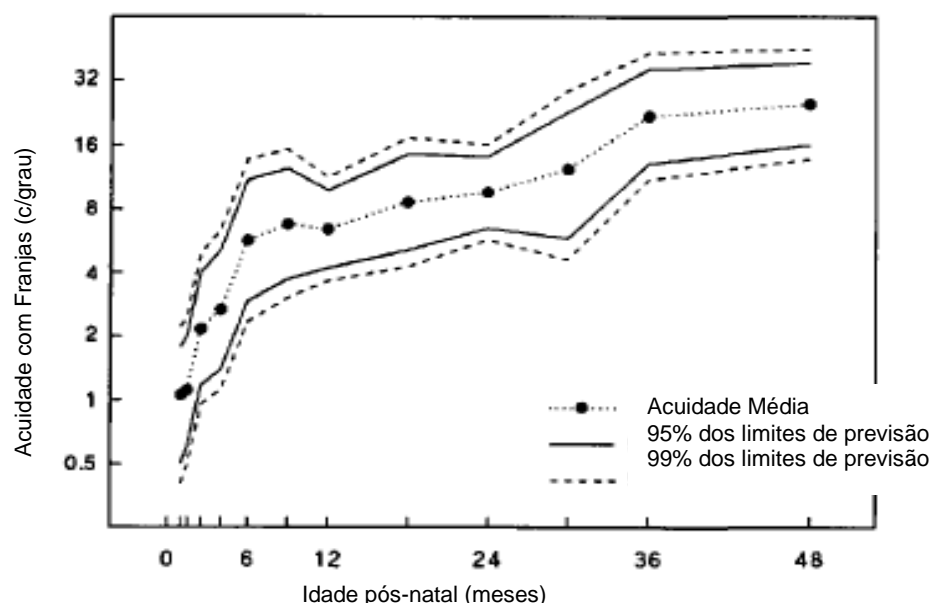


Figura 3.3 Dados de Mayer et al (1995) demonstram o rápido aumento da acuidade visual com o aumento da idade medido através da técnica de OP.

Ambas técnicas PVE e OP têm as suas limitações, mas ambos têm fornecido à comunidade de ciências da visão muita da informação sobre o desenvolvimento da visão e continua a ser amplamente usada por clínicos para avaliar a função de pacientes com compreensão limitada ou dificuldades de comunicação.

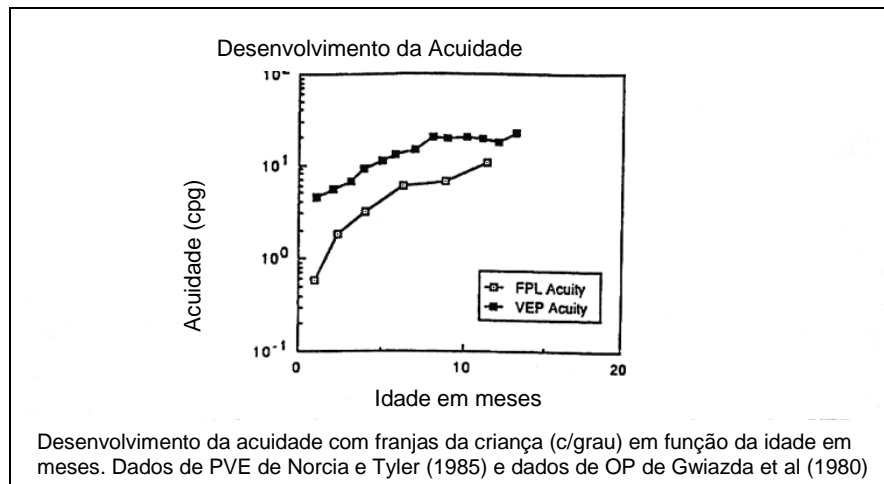


Figura 3.4 Mostra resultados empíricos de dois estudos clássicos de desenvolvimento da acuidade visual em crianças (de Wilson 1988)

A figura 3.4 mostra resultados empíricos de dois estudos clássicos do desenvolvimento da acuidade visual em crianças. Os diferentes resultados do estudo de PVE de Norcia and Tyler (1985) e de EFOP (escolha forçada de olhar preferencial) do estudo de Gwiazda et al (1980) ilustram a disparidade entre métodos electrofisiológicos e comportamentais no exame da acuidade visual. Note a escala logarítmica no eixo dos Y. A melhoria na acuidade visual obtida durante os primeiros 6 meses de vida é considerável independentemente da técnica usada e ambas as técnicas mostram um aplanamento da curva de melhoria à medida que são alcançadas acuidades de adultos.

Mas qual é a razão pela qual os bebés não vêm bem? E o que é que leva à melhoria da acuidade visual medida nestes estudos?

VALORES ANATÓMICOS

Tabela 3.1 Diferença nas dimensões anatómicas entre adultos e recém-nascidos (de Banks and Bennett 1988)

Parâmetro ocular	Adulto	Recém-Nascido
Potência corneal	42D	51.2D
Comprimento axial	25mm	16.8mm
Espessura do cristalino	3.45mm	3.95mm
Potência do cristalino	20D (unacc.)	34.4D
Diâmetro Foveal (zona livre de vermelho)	650-700µm	1000µm
Densidade dos cones foveais	42 cones/100µm	18 cones/100µm
Largura do cone foveal	2.0µm	7.5 µm
Comprimento do segmento interno	25µm	10µm
Comprimento do segmento externo	60µm	3µm
Abertura do receptor foveal	0.48arcmin	0.35arcmin
Espaçamento do Receptor Foveal	0.58arcmin	2.30arcmin
Limite de Nyquist * (Fovea central)	59.7	15.1
*O limite de Nyquist é a frequência espacial mais elevada que pode ser codificada. Ela é desta forma o limite da resolução espacial e reflecte o espaçamento dos cones e a largura.		

Existem alguns estudos histológicos de olhos de crianças (exemplo: Yuodelis and Hendrickson 1986, Abramov et al 1982). Enquanto o número de olhos que eles examinaram é relativamente pequeno (e desta forma deve ser considerado com tal em mente), eles fornecem dados descrevendo o tamanho e forma dos cones foveais da retina o que nos permite estimar o efeito que estas diferenças anatômicas irão ter na função do olho da criança e fornecer uma pista por que é que os bebês têm uma visão fraca. Em particular esta tabela mostra isso, quando comparado com um olho adulto, os cones foveais das crianças são mais curtos em tamanho total, a abertura do segmento interno é muito mais alargada que a de um adulto e o espaçamento dos cones está aumentado na fóvea. Estas diferenças anatômicas devem explicar uma grande parte da baixa acuidade visual na infância.

Quando a córnea, cristalino e comprimento axial são considerados, pode-se ver que o cristalino e a anatomia corneal criam um olho mais miópico na criança, mas quanto mais curto o comprimento axial (com será discutido em aulas seguintes) tem mais impacto na maioria dos erros refractivos das crianças tal que o recém-nascido tem um erro refractivo hipermetrópico. O capítulo 8 irá examinar o erro refractivo do recém-nascido e o seu desenvolvimento. Ao considerar acuidade, o tamanho total do olho irá ter influência, não apenas no erro refractivo mas também na magnificação da imagem e acuidade visual.

O limite de Nyquist (a frequência espacial mais elevada que pode ser codificada) é o limite da resolução espacial e é muito limitada no recém-nascido pelo espaçamento e largura dos cones, como irá ser discutido.

FORMAS DOS CONES

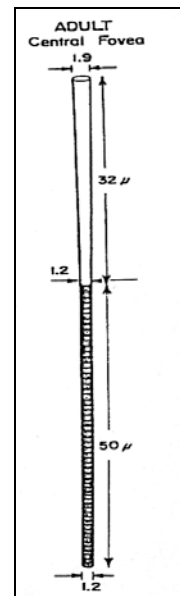


Figura 3.5 Forma de um cone num recém-nascido e num adulto (Banks e Bennet 1988)

Começando com factores retinianos, pode ser visto dos diagramas que ilustram as formas dos cones de um adulto e de um recém-nascido que os cones foveais do recém-nascido têm um segmento interno e externo mais curto e o diâmetro dos segmentos internos é amplamente aumentado (Fig. 3.5). Nenhum tem o segmento interno tão estreito como o segmento interno de um adulto. Estes diagramas são derivados de medições anatômicas de investigação histológica efectuada usando olhos post-mortem. As medições foram usadas para modelar o impacto do cone imaturo no processamento de luz na retina. A fóvea central é considerada como os 250 micrómetros (μm) da fóvea do recém-nascido.

ANATOMIA DO CONE DA CRIANÇA

Estas diferenças anatómicas irão ter impacto na eficiência dos cones quanto ao afunilamento dos raios de luz no segmento externo. A forma do cone do recém-nascido faz com que captura dos raios oblíquos que entram, no olho seja menos efectiva.

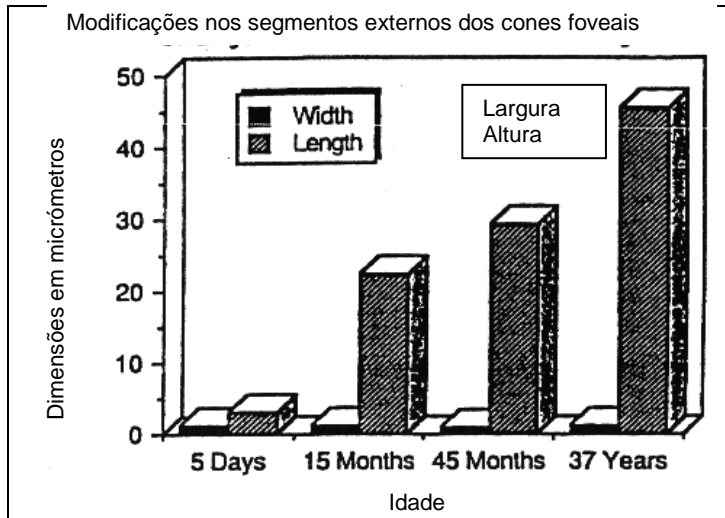


Figura 3.6 Alterações nas dimensões dos segmentos externos dos cones foveais dos 5 dias aos 37 anos (from Wilson 1988)

O gráfico de barras (Fig 3.6) ilustra a variação em largura e comprimento dos segmentos externos do cone para olhos de diferentes idades. Embora a largura do segmento externo não varie significativamente durante o período, o comprimento do segmento aumenta por um factor de aproximadamente 15 dos 5 dias aos 37 anos.

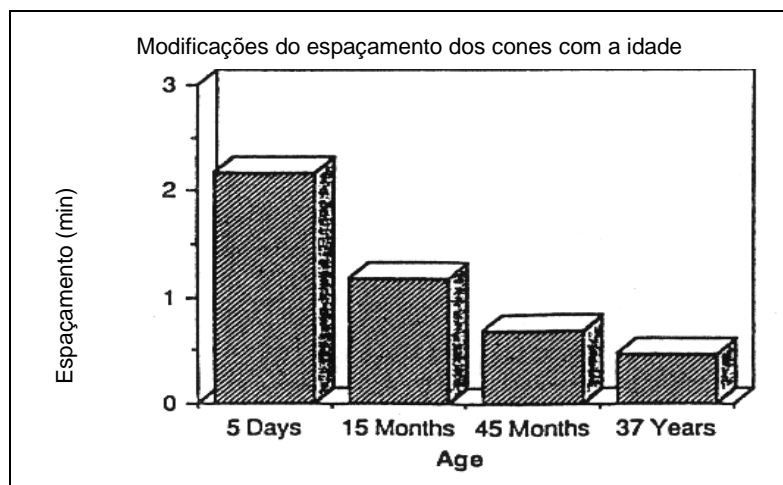


Figura 3.7 Mostra o espaçamento dos cones foveais com a idade (from Wilson 1988)

A acrescentar à alteração no tamanho e forma, e diminuição da largura e aumento do número de cones na fóvea resulta num rápido aumento na compactação dos fotoreceptores foveais. Wilson usou dados de Yuodelis and Hendrickson (1986) sobre espaçamento dos cones foveais e de Larsen (1971a,b) sobre o comprimento axial com o envelhecimento do olho, para estimar a alteração do espaçamento em minutos de ângulo visual em função da idade (Fig 3.7). Porque a acuidade visual é limitada no olho pela quantidade de informação espacial que pode

ser codificada, o aumento do espaçamento irá ter influência na acuidade visual registada.

A anatomia dos cones foveais e organização está claramente implicada na baixa acuidade visual medida na infância e poder-se-ia sumarizar a anatomia do cone da criança ao dizer que os cones foveais de uma criança são mais pequenos, mais largos e que existem em menor número.

FACTORES QUE EXPLICAM A BAIXA ACUIDADE VISUAL NA CRIANÇA

1. **O olho do recém-nascido é mais pequeno:** Quando mais pequeno for o olho do recém-nascido menor magnificação a imagem irá ter e desta forma não irá discriminar detalhe tão bem como um olho mais comprido.
2. **A fóvea tem menos cones:** Uma distribuição mais espaçada dos cones irá resultar em características de amostragem mais baixas das que um olho adulto pode alcançar com o seu mosaico altamente comprimido.
3. **A fóvea tem segmentos internos de cones mais curtos e largos:** A anatomia dos cones do recém-nascido reduz a eficácia do cone e embora a abertura do cone seja fisicamente mais ampla do que a de um olho adulto, a sua abertura efectiva é na realidade reduzida.
4. **A fóvea pode ter uma matriz de fotoreceptores irregular:** Enquanto os estudos anatómicos não nos podem dizer com precisão se a matriz de cones na fóvea é irregular (a irregularidade vista nos preparados histológicos pode ser estar relacionada com o resultado da dissecação de uma secção retiniana), é provável que a partir destas e de outros dados relacionados com a contagem de cones nos olhos de um recém-nascido que a fóvea neonatal tenha um mosaico irregular. Isto vai reduzir a amplitude do sinal visual e aumentar a acuidade visual registada.
5. **A óptica não é um problema significativo:** Embora o tamanho e forma da córnea e do cristalino e o erro refractivo da criança sejam todos imaturos à nascença, é pouco provável que a baixa qualidade óptica têm um papel na redução da acuidade visual do recém-nascido. Isto é evidenciado pela capacidade para capturar imagem nítida e focadas do fundo de olho da criança usando técnicas de oftalmoscopia. A óptica deve ser suficientemente boa se um clínico é capaz de ver nitidamente o fundo de olho ao efectuar oftalmoscopia ou fotografia de fundo de olho.

O impacto da forma do cone e distribuição da acuidade visual deve ser considerada ao mesmo tempo que outros factores ópticos e da anatomia ocular.

Previsão

Quando os dados relacionados com o tamanho do olho e número de cones, anatomia e organização são incorporados em modelos do olho da criança, estes modelos prevêem que a acuidade visual da criança deva ser aproximadamente dois oitavos mais baixa que um adulto e a sensibilidade ao contraste deve ser mais pobre 1.3 unidades logarítmicas.

Medição

No entanto, ao medir, a redução actual na acuidade visual (medida usando alvos sinusoidais) é mais próxima a 3.5 a 4.5 oitavos. A anatomia imatura dos recém-nascidos não pode explicar na totalidade a redução da acuidade visual encontrada no nascimento e a causa da imaturidade adicional deve ser encontrada para além da retina.

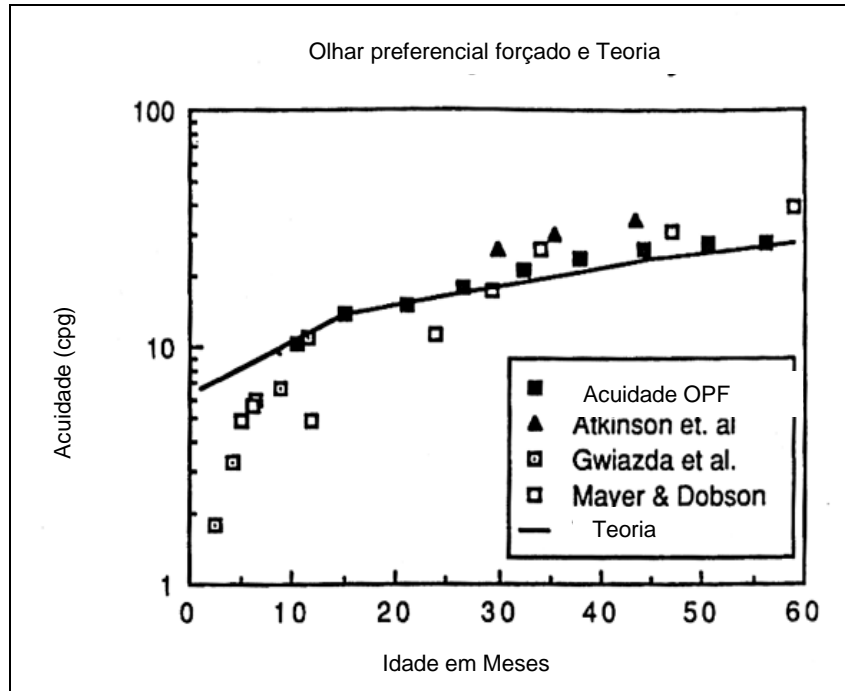


Figura 3.8 Dados de vários estudos dos estudos clássicos iniciais sobre acuidade visual em crianças usando técnicas de escolha forçada de olhar preferencial (OP) (from Wilson 1988). As linhas sólidas são dados de Birch et al 1983; os triângulos de dados de Atkinson et al 1981; os quadrados com ponto de Gwiazda et al 1980 e os quadrados a branco do estudo de Mayer and Dobson's 1982.

Este gráfico compila (Fig 3.8) dados de vários estudos clássicos que investigaram a acuidade visual em crianças usando técnicas de escolha forçada de olhar preferencial (OP). A linha contínua no gráfico indica trajetória de desenvolvimento da acuidade teórica com franjas que os modelos de desenvolvimento visual incorporando apenas dados de anatomia ocular prevêem. Para além de cerca de 10 meses de idade, os dados empíricos e do modelo teórico estão largamente em concordância, sugerindo que a imaturidade retiniana é o factor limitante primário das medições de OP da acuidade neste período. Para pacientes mais jovens, no entanto, os dados empíricos afastam-se bastante da teoria, com a teoria a prever uma acuidade visual muito melhor do que aquela que é actualmente medida. Isto sugere que a imaturidade para além da retina restringe a maturação da acuidade nesta idade.

Enquanto a maturação da retina desempenha um papel significativo na melhoria da acuidade visual da criança, o desenvolvimento cortical é também importante. A mielinização das fibras do nervo óptico continua durante os primeiros meses após o nascimento, alcançando a maturidade ao longo dos dois primeiros anos após o nascimento e isto deve ter também influência na melhoria da acuidade visual, com aumento da velocidade e qualidade da transmissão da informação visual para o córtex.

MATURAÇÃO CORTICAL

Estudos histológicos post-mortem em cérebros de bebés, crianças e adultos examinaram as árvores sinápticas no córtex visual humano em diferentes estágios de desenvolvimento. Estes estudos demonstram uma proliferação das conexões sinápticas no córtex visual em diferentes estágios de desenvolvimento. Estes estudos demonstraram uma proliferação nas conexões sinápticas nos 2-8 meses pós-natal (Huttenlocher et al 1982). Aos oito meses pós-natal um bebé tem mais sinapses no córtex visual que um adulto. Esta proliferação sugere um desenvolvimento activo de novas conexões e vias neurais e é seguido de um corte de conexões ao longo dos anos seguintes. Pensa-se que o corte reflecte a racionalização das ligações corticais, com a retenção das úteis, vias positivas e remoção do ruído e actividade estranha.

Os cientistas da visão examinaram os dados histológicos em conjugação com os dados funcionais e estudos fisiológicos do sistema visual de crianças e adultos. A teoria é que a proliferação e subsequente redução das conexões corticais e a maturação do córtex visual primário (a do núcleo geniculado lateral, NGL) resulta na maturação das propriedades do campo receptivo cortical que pode explicar a maturação adicional da acuidade visual de alto contraste (ver Wilson 1988). Sabe-se que muitas funções recaem nas propriedades dos campos receptivos maduros, particularmente processos inibitórios corticais e lateral manifestam-se durante este período.

INIBIÇÃO LATERAL

As células maduras no córtex visual (e NGL) são capazes de interagir e influenciar a resposta de umas e outras através da inibição lateral. A maturação destas respostas inibitórias e a conexões cruzadas entre células adjacentes no córtex visual é importante no ajuste fino do sistema visual e a maturação dos processos visuais. É por vezes referido neste contexto de inibição cortical. A aparência das interacções corticais inibitórias no sistema visual permite um aumento da sensibilidade na amostragem espacial. Assim, a maturação dos campos receptivos corticais com propriedades inibitórias aumenta a sensibilidade e isto não é restrito apenas aos córtex visual primário, mas aos campos receptivos das células dentro da retina e NGL também amadurecem ao mesmo tempo que as corticais.

A maturação de respostas inibitórias parece ser responsável pela melhoria na acuidade a franjas não previstos pelos factores retinianos.

SISTEMA VISUAL DA CRIANÇA

A baixa acuidade apresentada por crianças à nascença e nas primeiras semanas e meses de vida pode ser atribuída a factores pré-neuronais e pós-neuronais tal como discutido e apresentado abaixo.

