



FUSÃO MOTORA E VERGÊNCIA

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

INTRODUÇÃO À FUSÃO MOTORA

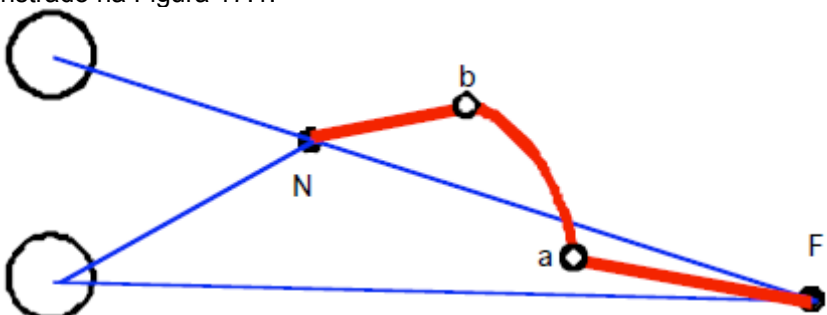
A enervação isolada de um músculo extraocular não acontece, nem os músculos de um olho isolado podem ser enervados. Os impulsos para efectuar um movimento ocular são sempre integrados e todos os movimentos oculares estão associados. Os movimentos oculares dissociados ocorrem apenas em estados patológicos. Quando um impulso para o funcionamento de um olho é enviado, os músculos correspondentes de cada olho recebem enervações iguais para contrair ou relaxar. Esta é a lei fundamental de enervação idêntica... inicialmente proposta por Hering. (von Noorden, p. 65-66)

De forma semelhante, em visão binocular normal as acções dos seis músculos de ambos os olhos são coordenados de tal forma que ambos os eixos visuais apontam na direcção do objecto de interesse. Baseado nas leis de direcção visual, nós sabemos que ambas as linhas de visão primárias devem intersectar o objecto para que este seja visto como único. Os movimentos dos olhos para alinhar ambos os eixos visuais com o objectivo de interesse são conhecidos como fusão motora. A **fusão motora** é um pré-requisito para a **fusão sensorial**, o qual é o processo neurofisiológico através do qual o sistema visual combina os dados visuais dos dois olhos numa percepção única.

MOVIMENTOS OCULARES BINOCULARES

A fusão motora pode ser separada em duas grandes classes de movimentos oculares: as versões e as vergências. Cada uma destas parece estar controlada por diferentes sistemas oculomotores no cérebro,

VERSÕES	<p>Estes são movimentos que fazem com que os olhos mudem de direcção da direita para a esquerda, sem alteração da distância do objecto de fixação. Assim ambos os olhos rodam um ângulo idêntico para a direita ou esquerda, estes são conhecidos como movimentos oculares conjuntos.</p> <p>De acordo com a Lei de Hering de Enervação Idêntica, durante os movimentos de versão, é enviada uma enervação idêntica para ambos os olhos, dizendo-lhes para rodar à mesma velocidade, através do mesmo ângulo e direcção. A fixação muda então para um novo ponto para a direita ou para a esquerda.</p>
VERGÊNCIAS	<p>Neste movimento, a direcção visual mantém-se inalterada, mas a distância ao ponto de fixação varia. Os olhos rodam em direcções opostas; ambos podem rodar para dentro (convergência) ou para fora (divergência), assim estes são designados movimentos oculares disjuntos.</p> <p>Lei de Hering de Enervação Idêntica</p> <p>Esta lei também se aplica durante os movimentos vergenciais, mas de forma diferente das versões. Durante a convergência, o olho direito roda para a esquerda e o olho esquerdo roda para a direita. Em divergência, ocorre o oposto. A enervação que controla os movimentos vergenciais é igual em termos de velocidade e ângulo, mas opostos na direcção.</p> <p>Latência e velocidade</p> <p>As diferentes latências e velocidades das versões versus as vergências apoiam a teoria de que são controlados por sistemas neurológicos diferentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • As versões movem os olhos a uma velocidade maior que os movimentos vergenciais. Por exemplo, um sacádico de 3° na horizontal tem uma latência de aproximadamente 200 mseg, assim move os olhos a uma velocidade de cerca de 150°/seg. • Os movimentos vergenciais actuam a uma velocidade inferior à das versões. Quando ambos os olhos convergem 3°, a latência é de cerca de 175 mseg, e o pico de velocidade é aproximadamente de apenas 10°/seg (Ono, 1991, p. 3, in Regan, 1991)

<p>VERGÊNCIAS</p>	<p>Movimentos combinados Em situações naturais os olhos devem mover-se frequentemente para alterar a fixação para um novo objeto que está localizado em diferentes direções e diferentes distâncias. Nestes casos, as vergências e as versões não estão completamente integradas em movimentos simples e suaves, mas os dois tipos de movimentos são efetuados de forma separada, tal como demonstrado na Figura 17.1.</p>  <p>Figura 17.1 Redesenhado de Ono Fig. 1.2, p. 3 Regan, 1991.</p> <p>No início do movimento ambos os olhos estão a fixar o ponto F. Após uma breve latência, o movimento de convergência inicia-se, rodando ambos os olhos para dentro, para o ponto “a”, de forma equalitária. Seguidamente, a versão inicia-se; ambos os olhos rodam para a esquerda à mesma velocidade, apontando o eixo visual na direcção do ponto “b”. Finalmente ambos os olhos convergem do ponto “b” para o ponto N.</p> <p><i>Assim, os dois olhos não constituem dois subsistemas oculomotores separados. Em vez disso, existem sistemas separados para versão e vergência, e é o funcionamento destes dois sistemas que leva os dois eixos visuais para um objecto, permitindo assim a um observador não apenas ver o objecto como único mas também vê-lo da forma mais nítida possível estimulando as foveas de ambos os olhos. Uma falha num dos subsistemas leva a visão dupla devido ao facto de que a intersecção dos eixos visuais não irá coincidir com o objecto. (Ono p. 3)</i></p>
<p>IMPORTÂNCIA DOS MOVIMENTOS VERGENCIAIS HORIZONTAIS</p>	<p>Entre os dois tipos principais de movimentos oculares (versões e vergências), as anomalias vergenciais, mais que as anomalias das versões, irão estar na origem de problemas clínicos. Já estudou a relação entre a acomodação e a convergência. Devido à sua importância em visão binocular e problemas clínicos nós iremos estudar os movimentos vergenciais horizontais em maior detalhe. A referência principal para a aula de hoje é McCormack GL. Capítulo 5 - Fusion and Binocularity, in Borish's Clinical Refraction (1998), 133-146.</p>
<p>TIPOS DE VERGÊNCIAS HORIZONTAIS</p>	<p>As vergências horizontais podem ser divididas em seis subtipos. Eles são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disparidade vergencial (também designada vergência fusional) • Vergência Acomodativa • Vergência Tónica • Adaptação Vergencial • Vergência Próxima • Vergência Voluntária <p>No livro, <i>Ocular Accommodation, Convergence, and Fixation Disparity</i> Goss refere-se a quatro tipos de convergência. A adaptação vergencial e a vergência voluntária não são mencionados.</p>

TIPOS DE
VERGÊNCIAS
HORIZONTAIS

Disparidade Vergencial

A partir do nosso estudo da direcção visual. Nós podemos concluir que em visão binocular normal, e para objetos localizados na linha média,

1. Os objetos localizados na intersecção dos dois eixos visuais irão aparecer como únicos.
2. Objetos a qualquer outra distância irão aparecer a duplicar. Aqueles atrás do ponto de fixação irão ser vistos em **diplopia não cruzada**, e objectos mais próximos irão ser vistos em **diplopia cruzada**.

Pode demonstrar isto com uma experiência simples tal como demonstrada em **Steinman Fig 2-20** (pag 35). Coloque dois dedos ou lápis à sua frente, um próximo e outro afastado, e fixe um deles. Quando fixa o objecto próximo (os eixos visuais intersectam-se nesse dedo), o objecto distante irá aparecer como duplo, e vice-versa. Relembrando a leis de Hering da direcção visual, nós podemos prever o objeto que não é fixado irá aparecer duplo porque tem uma direcção visual diferente em cada olho.

A figura 17.2 mostra um objecto localizado mais próximo que o ponto de fixação. Irá estimular pontos temporais em ambas as retinas (Figura 17.2). Transferindo as linhas visuais oculocêntricas (sinal local) de ambos os olhos para o olho ciclopico, nós podemos ver que a informação de direcção visual para cada olho é diferente. As linhas visuais não correspondem porque caem em pontos retinianos não correspondentes (pontos em ambos os olhos que direcções visuais diferentes). Existe portanto uma má combinação, ou **disparidade** nas direcções visuais associadas com a imagem retiniana em ambos os olhos.

Tal como imagens, que caem em pontos retinianos não correspondentes, não podem ser fusionadas porque têm uma disparidade retiniana, ou diferenças nas direcções visuais oculocêntricas. Esta **disparidade retiniana** estimula um reflexo neurológico designado por disparidade vergencial.

Porque a disparidade vergencial é a única forma de enervação vergencial que responde diretamente a disparidade retiniana, é principalmente responsável por manter a binocularidade reduzindo a disparidade retiniana [para o objecto de interesse para um mínimo. Todas as outras formas de enervação vergencial desempenham uma função de suporte para a disparidade vergencial. A disparidade vergencial é um reflexo opto-físico controlado pela magnitude e sinal da disparidade retiniana associada com o ponto de fixação pretendido. O comportamento reflexo da disparidade vergencial liberta a atenção do ato de convergência, permitindo que a atenção se concentre no processamento da informação visual. (McCormack, p. 1328).

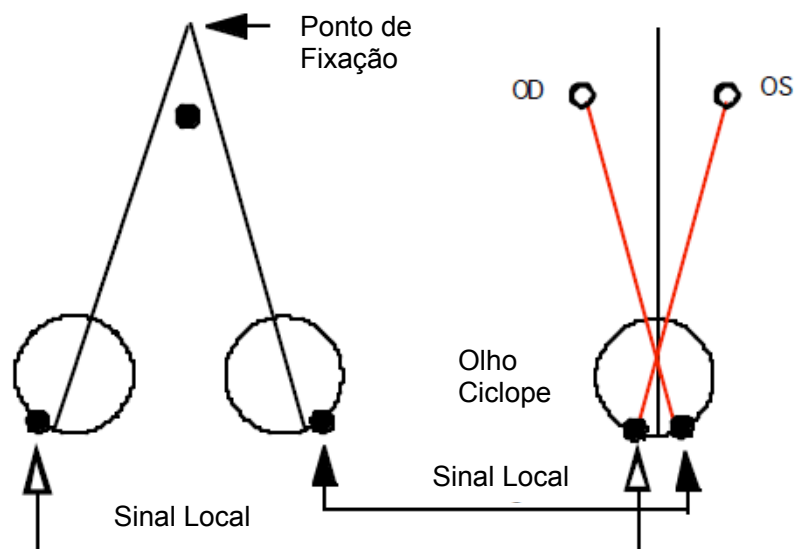
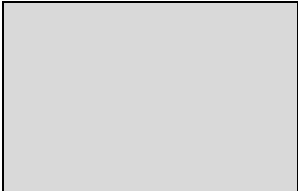


Figura 17.2 Disparidade cruzada



A figura 17.2 ilustra um exemplo de uma **disparidade cruzada**, a qual dá origem a uma diplopia cruzada. A disparidade retiniana para um objecto de fixação implica que as suas imagens caem em localizações retinianas que têm direcções visuais diferentes nos dois olhos. A diplopia cruzada surge sempre que um objecto está localizado mais perto que o ponto de fixação.

TIPOS DE
VERGÊNCIAS
HORIZONTAIS

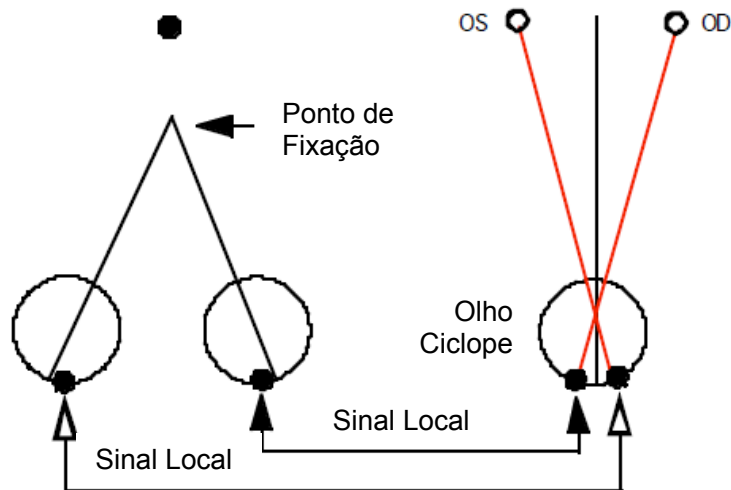


Figura 17.3 Disparidade não cruzada

A figura 17.3 mostra como um objecto localizador atrás do ponto de fixação é visto com **disparidade não-cruzada**. Isto resulta numa **diplopia não cruzada**.

A presença de disparidade cruzada ou não-cruzada nas duas retinas é detetada por um centro cerebral de controlo da disparidade vergencial, cujo trabalho é manter a fusão motora e visão binocular simples. Quando a disparidade retiniana é detectada, estimula uma resposta da disparidade vergencial e é enviada enervação para os músculos extraoculares para os fazer ou convergir ou divergir consoante o necessário para eliminar a disparidade. A disparidade é monitorizada constantemente por um mecanismo de feedback. Isto é sumariado na **Fig 5-10 em McCormack (Borish)**.

Vergência Acomodativa

Se um objecto de interesse está localizado mais perto da pessoa que o ponto de fixação, ele irá estar desfocado. É necessária acomodação para focar o material de perto e quando a atenção é mudada para um objecto de perto a acomodação reflexa é estimulada inconscientemente. De forma semelhante, vergência reflexa irá ser também estimulada. O paralelismo entre os dois mecanismos é ilustrado na **Fig. 5-13 em McCormack (Borish)**.

Notar que os sistemas de convergência reflexa e acomodação reflexa estão ligados. O centro de Disparidade Vergencial (DV) envia os dois sinais. Um é enervação de disparidade vergencial, mas também envia um sinal para estimular a acomodação. Isto é conhecido como Enervação da Convergência Acomodativa (ECA) e está combinado com a enervação do Reflexo Acomodativo (ERA) para estimular o Musculo Ciliar (MC).

Desta forma a acomodação ajuda a convergir os olhos. O centro de acomodação reflexa (AR) envia um sinal para estimular a Enervação Acomodativa Reflexa (EAR) e um sinal para estimular a Enervação da Acomodação Vergencial (EAV). Estas enervações são somadas e estimulam os Músculos Extraoculares (MEO).

A quantidade de vergência acomodativa (em dioptrias prismáticas) associada com as dioptrias de acomodação é conhecida como a relação AC/A, e é tipicamente cerca de 4:1. Pode variar entre 1:1 até 7:1. A análise da relação AC/A é importante para diagnosticar e tratar anomalias da visão binocular.

De forma semelhante, a relação da acomodação estimulada (dioptrias) por dioptria prismática de reflexo vergencial é a relação CA/A, e é tipicamente de 1:10 para um adulto jovem.

Vergência Tónica

Se cortar toda a enervação dos músculos extraoculares, os olhos irão divergir cerca de 17 dioptrias prismáticas para além da posição paralela (postura exo). Isto é conhecido como a **posição anatómica de repouso**. Esta é também a posição dos olhos durante anestesia.

TIPOS DE VERGÊNCIA HORIZONTAL

Quando fornece enervação normal aos músculos, mas sem estímulo visual (i.e. no escuro ou como os olhos fechados), o tónus normal dos músculos leva os olhos para uma posição aproximadamente paralela (ou ligeiramente eso). Isto é conhecido como **vergência tónica**. É também conhecida como **vergência na escuridão**.

Isto torna a função da disparidade de fixação mais simples porque a maior parte do trabalho de convergência dos olhos da posição anatómica de repouso para a posição paralela é feita pela vergência tónica. A vergência tónica não recebe "input" visual e não fornece enervação sincinética para qualquer outro mecanismo.

Uma pequena quantidade de **acomodação tónica** está também presente. Quando os olhos estão perfeitamente relaxados (i.e. com os olhos fechados), o músculo ciliar continua a acomodar ligeiramente. De acordo com McCormack a acomodação tónica é de cerca 1.0 dioptria.

A vergência tónica está intimamente correlacionada com a foria de longe. Goss (p.11) afirma, "A convergência tónica representa a posição fisiológica de repouso. A foria de longe com a refração subjectiva colocada é tida como uma medida da convergência tónica".

Outras referências indicam que a posição dos olhos associada com a vergência tónica não é a foria de longe, pois eles estão relacionados. Estas referências referem que a vergência tónica normalmente deixa os olhos em ligeira convergência (3-5 dioptrias prismáticas), mas a foria de longe é normalmente um pouco mais divergente (exo). Isto pode acontecer devido, a que durante a vergência tónica (sem fixação), os olhos convergem e acomodam em direcção a um ponto a cerca de 1.2 metros de distância. No entanto, durante as medições da foria, os olhos estão a fixar o objecto de longe. Neste caso, um reflexo acomodativo negativo em conjunto com uma vergência acomodativa negativa estarão em funcionamento, fazendo com que os olhos se movam para uma postura mais exofórica.

Adaptação vergencial

A adaptação vergencial é o tipo de vergência que aparece lentamente vários minutos após os olhos terem mudado a fixação para o novo ponto. Não é estimulada por nenhum "input" a partir da retina, mas sim pela disparidade vergencial e vergência acomodativa.

Com a fixação estável numa distância de perto (i.e. leitura), a disparidade vergencial e vergências acomodativas diminuem gradualmente e são substituídas pela adaptação vergencial. A disparidade vergencial e vergência acomodativa respondem rapidamente a mudanças na distância de fixação. A adaptação vergencial necessita de vários minutos para se formar.

A adaptação vergencial varia de pessoa para pessoa. Algumas pessoas têm um mecanismo de adaptação vergencial muito forte. Alguns têm uma adaptação vergencial muito pequena. O grau no qual a adaptação vergencial responde à disparidade vergencial ou vergência acomodativa também varia de pessoa para pessoa.

A adaptação vergencial pode complicar o tratamento clínico da heteroforia. Alguns pacientes com exoforia de perto podem beneficiar de um prisma de base interna (Blnt) para perto. O prisma de Blnt permite que a pessoa mantenha confortavelmente a fixação bifoveal para objectos de perto. Após utilizar o prisma durante vários minutos, alguns pacientes adaptam-se ao prisma de Blnt, e apresentam uma exoforia superior à original. Neste caso, a quantidade de prisma que foi inicialmente prescrita tem pouco (ou nenhum efeito).

McCormack sugere, antes de prescrever o prisma, deve efectuar novamente o teste após o paciente ter usado a correcção prismática durante aproximadamente 15 minutos. Se o paciente não se tiver adaptado à correcção, as duas medições da foria devem ser iguais. Se a foria aumentar após ter utilizado o prisma, indica que a adaptação vergencial irá interferir com a correcção prismática da heteroforia. Se a foria aumentar após ter utilizado o prisma, indica que a adaptação vergencial irá interferir com a correcção prismática da heteroforia.

Para sumarizar, a adaptação vergencial é um mecanismo que ajuda os sistemas de disparidade vergencial e acomodativos substituindo-os na sua função quando a pessoa deve manter uma certa quantidade de vergência durante mais de alguns minutos.

TIPOS DE VERGÊNCIA HORIZONTAL	<p>A vergência próxima é um mecanismo oculomotor diferente dos outros tipos de vergência, o qual é estimulado pela distância percebida até ao objeto de perto. Não é estimulado pela disparidade retiniana. Quando a demanda de convergência é elevada, tal como quando se altera a fixação de longe para perto para a leitura, a vergência próxima inicia a sequência vergencial com um passo de convergência elevado. Isto coloca o alvo dentro do intervalo para a disparidade vergencial atuar.</p> <p>Acomodação próxima é também estimulada pela distância ao objecto de perto. A vergência e acomodação próxima são estimuladas automaticamente sempre que o cérebro assume que os objectos estão mais próximos que o ponto de fixação original. A convergência instrumental e miopia instrumental são exemplos disto.</p> <p>Microscópios, estereoscópios e outros instrumentos são desenhados para simular visão de longe. Isto é, a ótica do instrumento cria um objeto virtual em infinito, em frente. No entanto o cérebro sabe que o objeto está próximo. Por exemplo, pode estar a manipular uma lamela no microscópio, e o “feedback” tátil indica que o objecto que está a observar está próximo. A percepção de proximidade estimula a convergência próxima; os olhos devem então convergir e pode surgir diplopia. A imagem pode também desfocar devido a acomodação próxima. Isto pode causar cansaço ocular para algumas pessoas quando utilizam instrumentos tais como microscópios.</p> <p>Vergência Voluntária Esta é a vergência que uma pessoa pode usar conscientemente. Por exemplo, ao tentar fundir um estereograma, pode ter que ajustar a sua vergência para dentro e para fora para fundir um estereograma. Outro exemplo familiar dá-se quando as pessoas cruzam ou descruzam deliberadamente os seus olhos.</p> <p>A vergência voluntária é difícil de manter durante muito tempo. Se a pessoa tem que manter a fusão voluntariamente durante muito tempo, pode interferir com o processamento da informação visual. A vergência voluntária pode ser útil na terapia visual, porque permite que o paciente comece a fundir certos objectos de treino quando o seu mecanismo vergencial pode estar ainda fraco.</p>

BIBLIOGRAFIA

- Howard IP and Rogers BJ. **Binocular Vision and Stereopsis**, Oxford University Press, New York. 1995; pp 595
- Ono, H. 1991. **Binocular visual directions of an object when seen as single or double**, in Regan D (ed). **Binocular Vision Vol 9. Vision and Visual Dysfunction. A 17 volume series** 1991.
- McCormack GL. **Chapter 5 - Fusion and Binocularity**, in **Borish's Clinical Refraction** (1998), 133-146. and Chapter 9, p. 747-751.
- Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.
- Goss DA. **Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: A manual of clinical analysis**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1995.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Benjamin, W. **Borish's Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- 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.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Kaufmann, PL. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.

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

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