



OS MÚSCULOS EXTRA-OCULARES

AUTORES

Erica Fletcher: Universidade de Melbourne

Roger Anderson: Universidade de Ulster

REVISOR

Thomas Freddo: Universidade de Waterloo

ÍNDICE

1. Introdução
2. Os seis músculos extra-oculares
3. As acções dos músculos extra-oculares
4. Estrutura histológica dos músculos extra-oculares
5. Controlo neural dos movimentos oculares

INTRODUÇÃO

Pense por um momento sobre como está a ler este texto. A fóvea em cada um dos seus olhos, é organizada para proporcionar acuidade visual máxima, mas para fazer o melhor uso do mesmo é necessário trazerem-se continuamente alvos visuais - aqui, ali, em toda parte – para a visão central. De modo a calmamente ou de repente mudar a nossa atenção visual, nós podemos:

- girar o nosso corpo inteiro (mantendo a cabeça e os olhos fixos), praticamente como um caranguejo ou um peixe;
- girar a cabeça inteira, que é o que principalmente os répteis e aves fazem;
- mover apenas os nossos olhos, desde que se movam "em sincronia" (olhar conjugado).

O controlo dos movimentos oculares envolve uma série de regiões e estruturas do sistema nervoso central (SNC) na órbita. Existe uma hierarquia de sistemas de controlo, incluindo regiões do córtex cerebral, gânglios da base e colículo superior, que se comunicam com os centros de movimento dos olhos no tronco cerebral. Estes centros, por sua vez, regulam directamente a saída do motor de nervos cranianos somáticos que activam os músculos extra-oculares. Neste capítulo, a estrutura e função dos músculos extra-oculares serão descritas, bem como os centros do cérebro superior envolvidos no controlo do movimento do olho.

SEIS MOVIMENTOS; SEIS MÚSCULOS

O olho humano é muito móvel, embora esteja um pouco preso pelo seu nervo óptico posterior. O movimento em qualquer direcção, envolve três eixos ortogonais, sendo assim composto por seis movimentos de viragem básicos. Há seis músculos que movem directamente o olho, mas é apenas para dois dos seis que um músculo corresponde exactamente a uma acção.

Movimentos Principais: Para cada eixo, há um par de movimentos opostos. Para entender a terminologia pense em cada movimento em relação ao nariz.

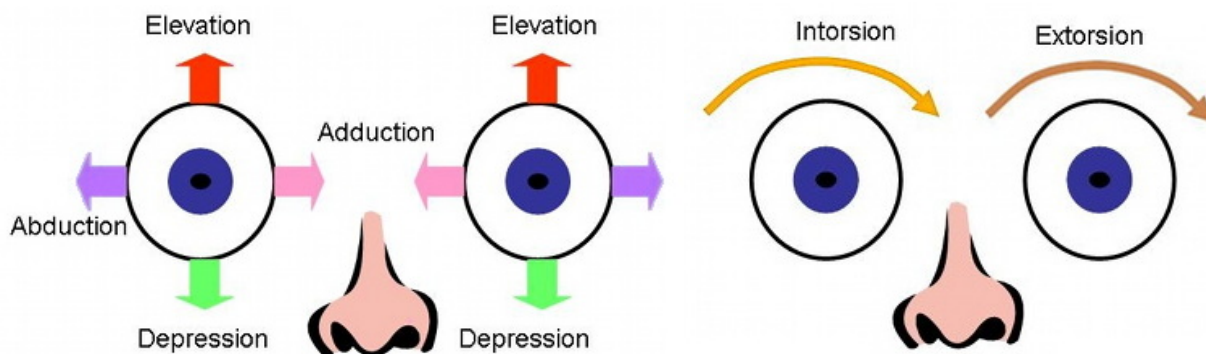


Figure 8.1: movimentos dos olhos em seis direcções diferentes.

Movimentos horizontais são: adução (em direcção ao nariz) ou raptio (longe do nariz); os movimentos verticais são a elevação e depressão. Movimentos de torção são, por convenção, intorção (parte superior do olho gira em direcção ao nariz), e extorsão (superiores afastados do nariz).

OS SEIS MÚSCULOS EXTRA-OCULARES

Existem quatro músculos retos, dispostos uniformemente ao redor do globo, e todos têm a sua origem no anel tendíneo (anel de Zinn), que é próximo ao ápice da órbita. Cada um deles, por conseguinte, puxa numa direcção que é aproximadamente a mesma que a do nervo óptico. As acções dos dois músculos oblíquos são mais complicadas e são explicados abaixo.

Os seis músculos extraoculares são (Figura 8.2):

- Reto Superior
- Reto Inferior
- Reto Lateral
- Reto Medial
- Oblíquo Superior
- Oblíquo Inferior

Aqui, esses nomes são abreviados como: RM, RL, RS, RI, OS e OI. Num movimento típico do olho existe uma acção coordenada simultânea de vários músculos (sendo o relaxamento deliberado pelos seus antagonistas).

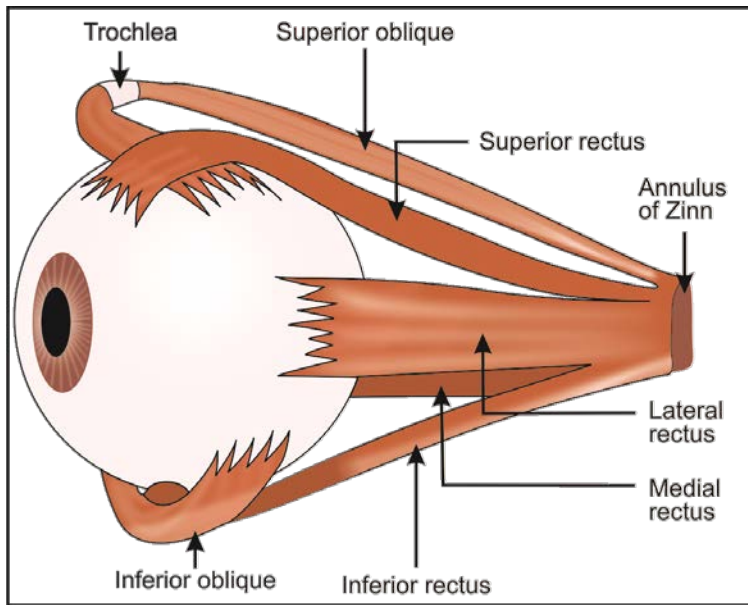


Figura 8.2: A seis músculos extra-oculares causando movimento ocular (olho esquerdo)

AS AÇÕES DOS MÚSCULOS EXTRA-OCULARES

As chaves para a compreensão dos movimentos oculares estão na apreciação da disposição dos seis músculos no interior da órbita, e sabendo cada um em que direcção puxar em relação à sua inserção no globo. As principais características são:

- 1) Os movimentos verticais dos olhos são o resultado de coordenação entre quatro músculos. (Isto é: RS, RI, OS e OI.)
- 2) Cada um destes quatro músculos é considerado como tendo diversas acções distintas, denominadas primárias, secundárias e terciárias.
- 3) A acção global de um músculo varia frequentemente dependendo da posição do olho, devido a diferentes contribuições de acções não primárias.

Inervação aos seis músculos extra-oculares é a seguinte: o nervo abducente (6º nervo) fornece reto lateral, o nervo troclear (4º nervo) fornece oblíquo superior, e o nervo oculomotor (3º nervo) fornece os restantes quatro músculos: RS, RM, RI e OI. Para ajudar a lembrar, pode usar-se o esquema: RL6, OS4, e 3.

Para saber a geometria, pense no olho como um globo do mundo, com a córnea no Pólo Norte. Todos os quatro músculos retos se inserem com a mesma "latitude" no hemisfério norte (veja a Figura 8.3)

Os movimentos oculares horizontais são inteiramente controlados pelos músculos retos medial e lateral. Medial reto aduz o olho (movimento para a linha média), enquanto reto lateral abduz o olho.

O Reto Lateral passa anteriormente a partir do anel de Zinn para perfurar a cápsula de Tenon e inserir 6,9 milímetros para trás do limbo. O lateral, verifica os limites de acção do ligamento. A inervação é feita pelo VI (abducente) nervo craniano.

O Reto Medial é ligado à bainha do nervo óptico no anel de Zinn. Passa pela cápsula de Tenon e insere 5,5 milímetros por trás limbo. O ligamento medial limita a sua acção. A inervação é pela divisão inferior do nervo cranial III.

Para os movimentos oculares verticais, o Reto Superior e Oblíquo Inferior combinam-se para que haja elevação; enquanto o Reto Inferior e o Oblíquo Superior combinam-se para causar acções de depressão. Estas acções vão ser estudadas em mais detalhe primeiro e, em seguida, será estudada a razão pela qual os oblíquos agem de forma diferente (por exemplo, porque eleva RS mas deprime OS).

Obviamente, o Reto Superior está inserido na parte superior do olho. É o mais longo dos músculos retos, e está

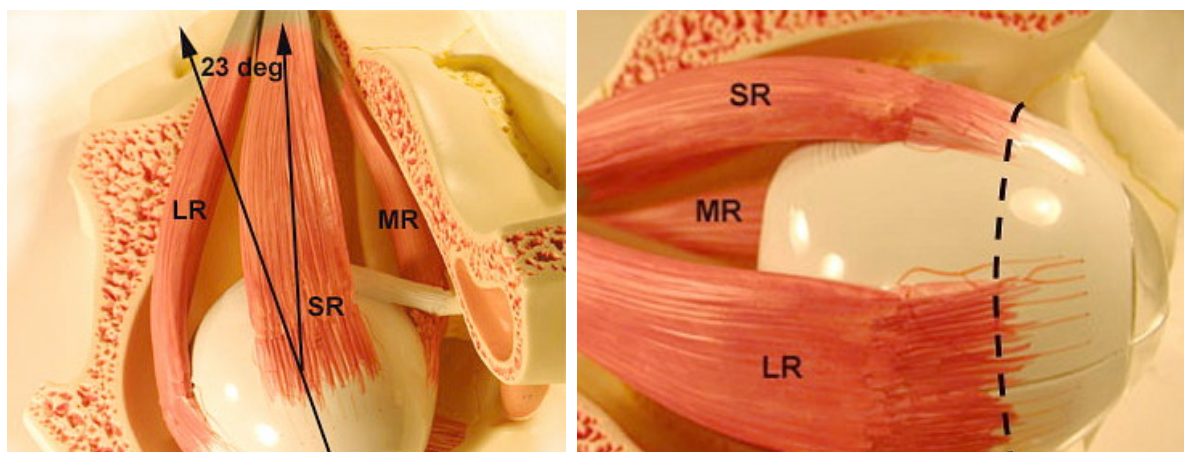


Figura 8.3: Anatomia e inserção dos músculos extra-oculares

ligado à bainha dural do nervo óptico ao mesmo nível do anel de Zinn. Passa para a frente e lateralmente para perfurar Cápsula de Tenon e insere-se na esclera 7,7 milímetros, posterior à junção córneo-escleral (limbo). Está ligado ao músculo elevador por uma banda de tecido entre a bainha da cápsula de Tenon. O RS é, portanto, sinérgico na acção com o levantador. A inervação é feita pela divisão superior do nervo craniano III (oculomotor).

O corpo do músculo faz um ângulo de 23 ° medial do eixo visual (posição primária do olhar). Quando este músculo se contrai, a acção principal é elevar o olho. A atracção ligeiramente medial (na sua inserção anterior) significa que também irá aduzir (vira o olho para o nariz) e torcer o olho.

O Reto inferior (não mostrado na imagem 8.3) é muito semelhante, excetuando o facto de se inserir na parte inferior do olho. Assim, principalmente, deprime o olho e também (embora com menos força) aduta e provoca exciclotorção o olho. A partir do anel de Zinn, o RI passa anteriormente e lateralmente, perfura a cápsula de Tenon e insere-se na esclera 6,5 milímetros por trás limbo. A inervação é fornecida pela divisão inferior do nervo oculomotor (3°).

Note-se que, tanto para o Reto Superior como para o Reto Inferior, se o olho é abduzido primeiro (pelo Reto Lateral), em seguida, o ângulo de 23 ° é abolido, o que significa que as acções primárias são maximizadas e as outras tornam-se insignificantes.

Os oblíquos agem de forma diferente, porque **(a)** ambos estão inseridos posteriormente ao equador, e **(b)** ambos puxam para o canto medial da frente da órbita.

O Oblíquo Superior tem a sua origem posteriormente no mesmo anel tendíneo que os retos. O seu ventre muscular passa ao lado do Reto Medial mas o seu tendão passa primeiro através da tróclea, uma roldana ligamentar localizada na parede medial superior da órbita (osso frontal). O tendão Oblíquo Superior, em seguida, passa de volta por baixo do reto superior para se inserir atrás da inserção do Reto Superior e atrás do equador a um ângulo de 54 graus a partir da posição primária do olhar. Esta anatomia notável significa que, quando o Oblíquo Superior se contrai, o olho é puxado para a tróclea (em vez de se direccionar para a origem do músculo). Assim, com o olho na posição para a frente, a acção principal do OS é torcer.

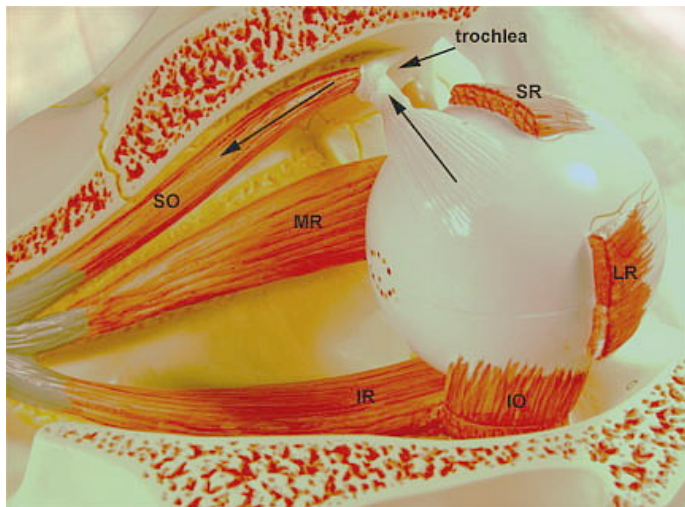


Figura 8.4: Globo ocular mostrando a posição do oblique superior.

Além disso, como o OS puxa a parte posterior do globo ocular, vira o olho para baixo. Portanto o Oblíquo Superior é um depressor do globo ocular. Esta acção secundária é mais forte quando o globo está numa posição aduzida. O Oblíquo Inferior tem uma trajetória semelhante de tração, mas actua numa região inferior do "hemisfério sul". A sua origem está no fundo da órbita, perto do canto medial anterior. Com o OI, a força medial faz com que a acção primária seja a extorsão, mas a acção secundária de elevação também é significativa.

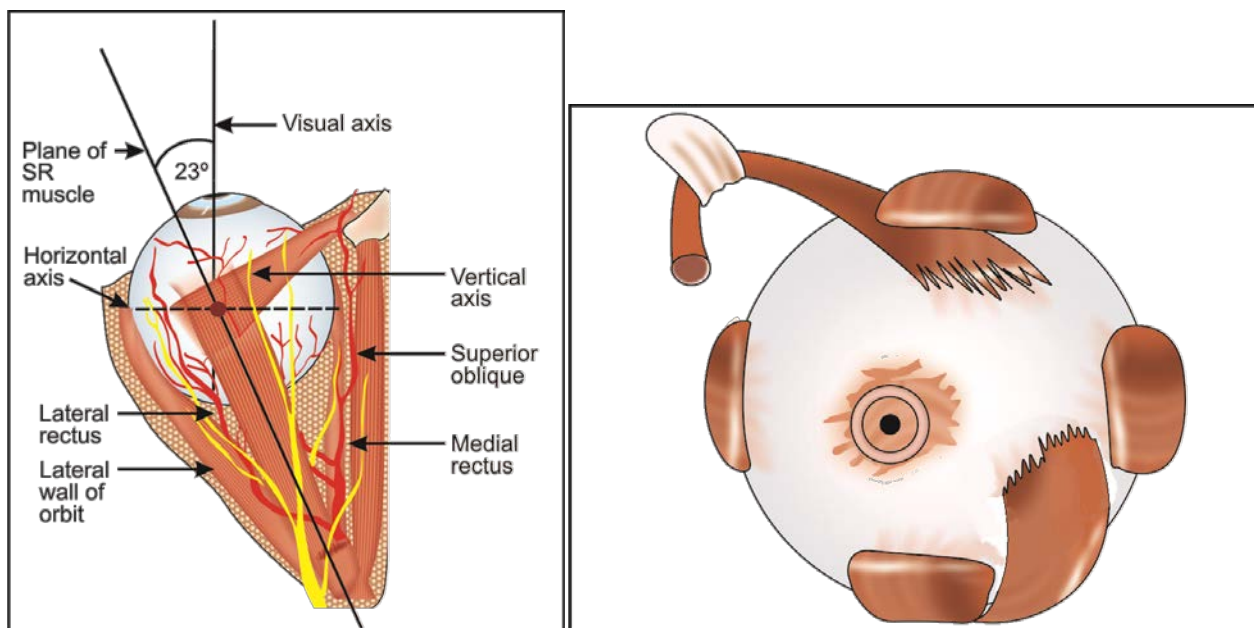


Figure 8.5: Músculos extra-oculares, incluindo a inserção do oblíquo superior (R)

ESTRUTURA HISTOLÓGICA DOS MÚSCULOS EXTRA-OCULARES

Os músculos extra-oculares têm uma estrutura microscópica qualitativamente semelhante ao outro músculo estriado (Figura 8.6), que contém fibras longitudinais, ovais em secção transversal com núcleos periféricos.

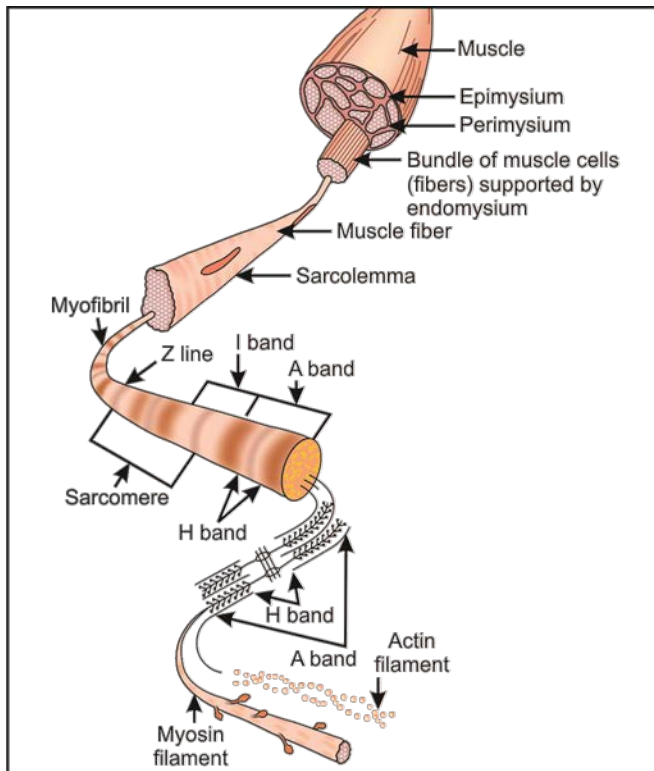


Figura 8.6: Estrutura do músculo extra-ocular (inspirado por Snell e Lemp)

As fibras estão unidas por uma mistura de fibras de colagénio, elásticas que compõem o endomísio. Contínuo com isto é o perimísio que envolve feixes de fibras individuais dentro do músculo. Uma bainha epimísio rodeia o músculo exterior.

Fibras musculares extra-oculares (MEO) tendem a ser maiores no centro do músculo e menores na periferia. Em contraste com outros músculos esqueléticos, os músculos extra-oculares contêm tecido conjuntivo delicado com muitas fibras nervosas e de tecido elástico. São também mais vasculares do que outro músculo esquelético. Cada fibra tem uma membrana plasmática externa conhecida como o sarcolema onde numerosos núcleos podem ser observados, e o interior do citoplasma (especificamente conhecido como o sarcoplasma) contém as miofibrilas de secção transversal cilíndrica. As miofibrilas possuem secções repetidas de sarcómeros que por sua vez contêm actina e miosina.

A inervação motora é feita através de fusos neuromusculares de ligação para cada extremidade das placas motoras (grandes e mielinizadas) ou terminações 'tipo-uva' (menor e muitas vezes não-mielinizados). A chegada de um nervo com potencial de acção provoca a libertação de acetilcolina a partir do terminal do axónio, que por sua vez provoca uma despolarização do potencial de repouso nas fibras do músculo através de uma fuga de potássio e de cálcio. Este potencial de acção muscular resultante propaga-se ao longo das fibras nervosas e estimula a libertação de cálcio do retículo sarcoplasmático. Após a ligação do cálcio, é causada pela contracção do deslizamento dos filamentos de actina e miosina em frente uns dos outros.

Os tendões musculares são formados por feixes paralelos de colagénio e fibras elásticas. As fibras de colagénio entram na esclera e fundem-se com o colagénio no seu interior, formando assim uma ligação muito apertada. As fibras elásticas terminam abruptamente na entrada para a esclera.

CONTROLO NEURAL DOS MOVIMENTOS OCULARES

A retina humana tem uma região muito pequena, a fóvea, onde a acuidade visual está no seu máximo. O objectivo, quando se olha para qualquer objecto, é imaginar aquela coisa no centro da fóvea. O sistema visual tem um vasto número de maneiras de alcançar este objectivo combinando vários requisitos.

i) Mecanismos de Reflexos

Movimentos vestibulo-oculares: Estes movimentos oculares compensatórios estabilizam a imagem visual em resposta a pequenos movimentos da cabeça. Considere o que aconteceria se os seus olhos estivessem fixos no lugar e a sua cabeça se movesse. Qualquer imagem visualizada seria varrida pela retina de uma forma igual ao movimento da cabeça - é o mesmo problema que a vibração da câmara. Para evitar isso, temos uma espécie de "câmara estável": cada movimento da cabeça é acompanhado por um movimento de olho na direcção oposta (e com a mesma velocidade) para que a imagem da retina permaneça efectivamente parada.

Este reflexo vestibulo-ocular (RVO) é iniciado pelo sistema vestibular no ouvido interno (parte cinética do aparelho vestibular). Acontece quase todas as vezes que nos movemos, pois há inúmeros movimentos menores da cabeça, dos quais não estamos cientes. Se girar a cabeça um pouco para a direita o VOR irá mover seus olhos a mesma quantidade para a esquerda. Se você inclinar a cabeça alguns graus em direcção ao seu ombro direito, isso vai ser contrabalançado por movimentos oculares de torção. O conjunto de circuitos para isso também envolve o cerebelo e núcleos dos nervos cranianos. No entanto, este nível reflexo é bastante primitivo, pois usando sinais do ouvido interno para minimizar o movimento de imagens da retina, torna-se indirecto e, por isso, não muito preciso. Uma estratégia melhor é usar estímulos visuais para dirigir os movimentos dos olhos correcionais.

Reflexo optocinético: Estes movimentos oculares ocorrem em resposta a uma grande região da imagem em movimento da retina. Um exemplo desse reflexo que ocorre repetitivamente, é quando se senta num comboio e olha pela janela para nada em particular. Como o cenário passa, os olhos seguem-no brevemente (se fixar) uma cena e depois saltam rapidamente para a próxima.

ii) Movimentos Dirigidos por Atenção

Sacádicos: São movimentos balísticos rápidos que mudam abruptamente a direcção do olhar. São importantes para a colocação de um objecto diferente de interesse para a fóvea. Numa sacádica a velocidade de rotação dos olhos pode ser de até 700 ° por segundo, por exemplo, para mudar repentinamente de olhar para a esquerda para a direita. A velocidade é tão alta, que os movimentos são muito breves, raramente levando mais de 50ms do início ao fim.

Sacádicos são movimentos oculares voluntários no sentido em que podemos escolher olhar para alguma coisa ou não e propositadamente desviar a atenção visual. Uma vez iniciada, no entanto, a execução do movimento é automático e pré-determinada. A percepção visual é transitoriamente reprimida durante os movimentos oculares sacádicos, de modo que nós não vemos uma varredura rápida durante o movimento. Depois de um movimento sacádico ter "apanhado" o alvo, outros ajustes menores do olho seguram-no.

Aqui estão dois exemplos de tarefas visuais típicas com trajectórias sobrepostas de movimento do olho. Não há dúvida que têm vindo a fazer essas coisas o tempo todo sem perceber como frequente e precisos os seus movimentos oculares foram.

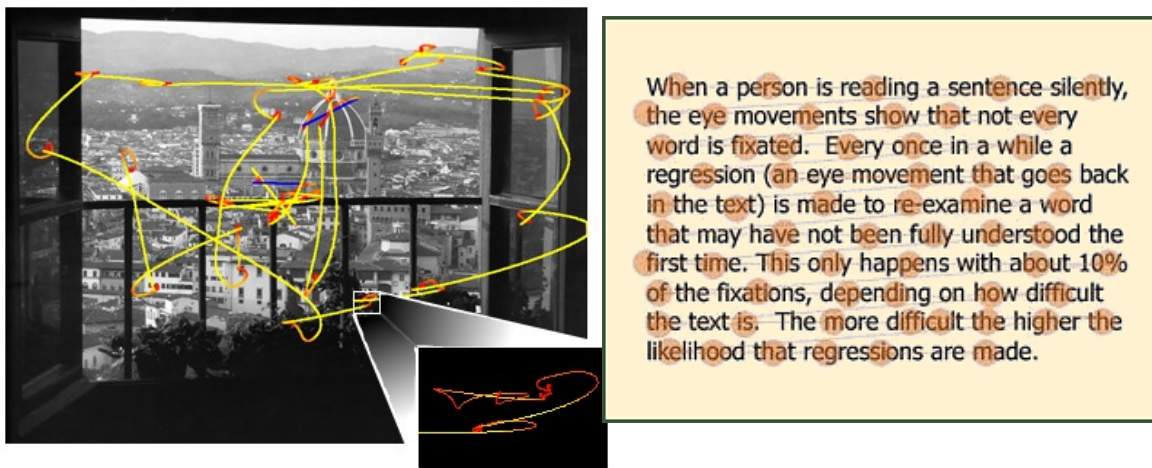


Figure 8.7: Dois exemplos de tarefas visuais com trajectórias sobrepostas de movimento olho.

Movimentos de seguimento: Esses movimentos são muito mais lentos e são importantes para manter um alvo em movimento dentro da visão central, por outras palavras, trata-se de um rastreamento visual. Não estão sob controle voluntário.

Movimentos de vergência: mantêm a fixação num objecto quando ele se move para mais perto ou mais longe de si. Por exemplo, uma bola é lançada para si a partir de 25 metros de distância e vê-a, com o objetivo de apanha-la.

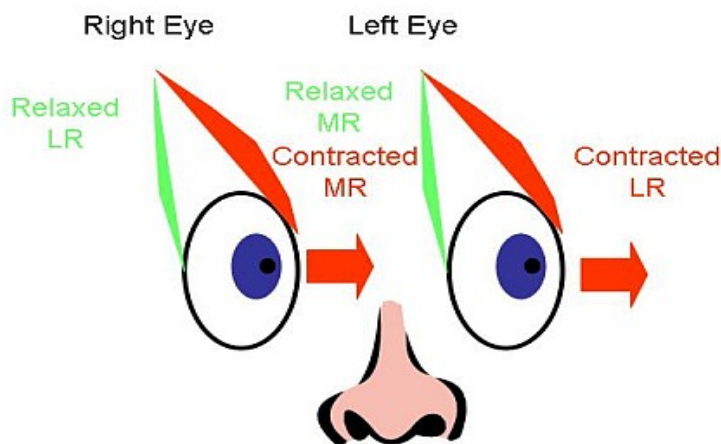
CAMINHOS DE CONTROLO NEURAL

A contração de outros músculos esqueléticos do corpo envolve a actividade coordenada de neurónios motores superiores e inferiores. Da mesma forma, existe uma hierarquia de mecanismos de controlo importantes para regular os movimentos dos olhos. Para que os dois olhos se movam juntos de uma forma coordenada, é demasiado simplista pensar sobre os movimentos dos olhos como apenas o que acontece a nível do músculo extra-ocular. Na verdade, várias regiões do cérebro agem para controlar os movimentos dos olhos, incluindo o córtex cerebral, o tronco cerebral, o colículo superior, e cerebelo.

Vamos primeiro considerar como podemos mover ambos os olhos lateralmente de forma coordenada. Como explicado anteriormente, para mover os nossos olhos horizontalmente requerem-se acções coordenadas dos músculos retos lateral e medial. Considere o diagrama abaixo: movendo os olhos para a esquerda requer contração do músculo reto lateral esquerdo, ao mesmo tempo que há relaxamento do músculo reto medial esquerdo. O reto medial direito deve contrair em unísono, e o reto lateral direito deve relaxar.

Figure 8.8: Coordenação dos movimentos oculares

A coordenação de contração e relaxamento dos músculos opostos é mediada por circuitos dentro do tronco cerebral. Envolve os núcleos dos nervos cranianos, dispostos verticalmente e serve como extensão de ligação entre



os núcleos dos nervos cranianos, e a formação reticular. O circuito neural, importante para o controlo dos movimentos oculares horizontais, envolve o fluxo de informações entre os núcleos abducentes (VI) e oculomotor (III). O fascículo longitudinal medial (FLM) é a extensão que une o núcleo abducente de um lado, com o núcleo oculomotor por outro lado. Em particular, o FLM coordena a contração do músculo reto lateral esquerdo com a contração do músculo reto medial direito (ou vice-versa). A fim de alcançar o relaxamento dos músculos opostos, a formação reticular pontina paramediana (FRPP) é importante. Esta região de formação reticular fornece uma entrada inibidora para o núcleo abducente no lado oposto.

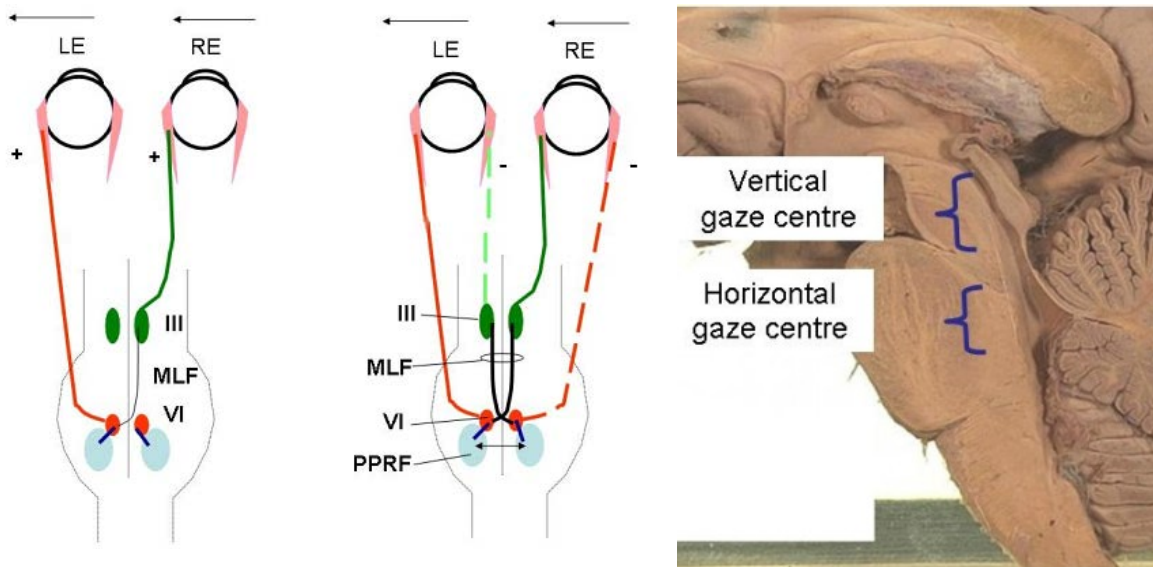


Figure 8.9: Inervações musculares extraocular e centros de gaze

Como observado anteriormente, movimentos oculares verticais envolvem dois músculos retos e dois músculos oblíquos. Os circuitos do tronco cerebral neural que regulam estes quatro músculos de uma forma coordenada estão todos localizados dentro do mesencéfalo e são menos bem compreendidos. Os centros do tronco cerebral que controlam os movimentos oculares verticais estão localizados dentro da formação reticular do mesencéfalo.

Síndromes clínicas particulares estão associadas a lesões focais no tronco cerebral. Por exemplo, lesões que afectam o olhar central vão levar a defeitos no olhar horizontal para o lado ipsilateral, mas deixa movimentos oculares verticais intactos. Por outro lado, danos no mesencéfalo podem provocar anomalias no olhar vertical, deixando intacto o olhar horizontal. Se uma lesão focal (por exemplo, esclerose múltipla) afecta a MLF de um lado, existe tipicamente a falha de adução ipsilateral quando o outro olho abduz, resultando em diplopia. Este síndrome é chamado internuclear oftalmoplegia (há várias variantes).

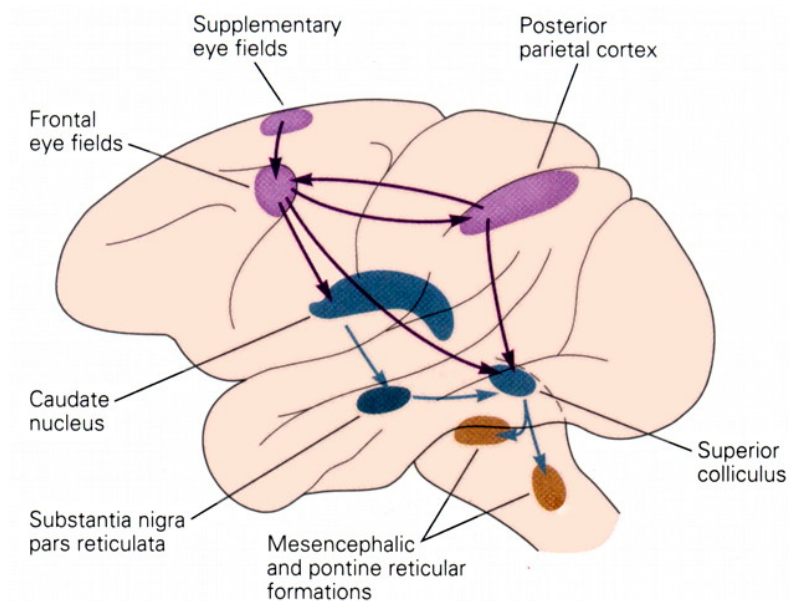
O controlo dos sacádicos também envolve um complexo circuito neural que liga um número de centros cerebrais superiores, incluindo partes do gânglio basal. A expressão desta transformação faz-se através do tronco cerebral, que é, por conseguinte, um centro chave. Os pacientes com lesões na região do tronco cerebral relevante não podem fazer movimentos horizontais sacádicos com o olho para o lado da lesão. Como observado acima, a coordenação dos movimentos oculares horizontais envolve a formação reticular paramediana e são os neurónios dentro desta zona que orquestram a saída de impulso para os músculos extra-oculares.

Dois tipos de células são particularmente importantes. Neurónios de ruptura no FRPP disparam em alta frequência pouco antes e durante os sacádicos ipsilaterais (semelhantes ao componente pulso do neurónio motor inferior). Neurónios Omnipausa disparam de forma constante em todos os momentos, excepto durante uma sacada. Esses neurónios são GABAérgicos e inibem os neurónios explosão. Há também um número de diferentes tipos de neurónios explosão - como a explosão de longo chumbo, explosão de médio chumbo, explosão inibitório, e neurónios tónicos - que têm vários papéis na modulação da saída do tronco cerebral.

As decisões sobre onde e quando fazer movimentos oculares propositados são especificadas em certas regiões do córtex cerebral. Os campos oculares frontais, campos de olho suplementares e córtex parietal posterior contêm os neurónios que dirigem os movimentos dos olhos. Essas regiões do cérebro comunicam com os colículos superiores, os quais integram as informações e enviam sinais para os neurónios no centro de olhar.

Ao contrário dos sacádicos, os movimentos de perseguição e vergência envolvem o cerebelo. Este é provavelmente necessário porque estes movimentos oculares são mais susceptíveis de serem incorporados nos ajustes activos da cabeça e/ou a posição do corpo, e muitas vezes estão relacionadas com os movimentos dos membros hábeis.

Figure 8.10: Centros envolvidos na determinação dos movimentos oculares adaptativos, descrito numa visão lateral do cérebro de macaco.



EXAMINANDO MOVIMENTOS OCULARES

Se os olhos não se moverem de forma conjugada, um paciente vai experimentar muito provavelmente visão dupla (diplopia). Isto pode ser causado por um trauma na órbita, um problema num músculo ocular, um defeito do nervo, ou uma lesão no tronco cerebral.

Assim, o principal objectivo de testar os movimentos dos olhos, é verificar se existe diplopia e ver se a acção de cada um dos seis músculos é normal. Isto, por sua vez, fornece informações sobre os nervos cranianos relevantes e regiões do mesencéfalo e ponte.

Para mais informações sobre como testar os movimentos dos olhos, por favor consulte as motilidades capítulo no módulo Procedimentos Optometria Clínica 1.