

INTRODUCCIÓN A LOS MOVIMIENTOS OCULARES

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, EEUU

PAR REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, EEUU

ESTE CAPITULO INCLUYE UNA REVISIÓN DE:

- Músculos extraoculares
- Revisión de inervación
- Posiciones de mirada y orientación ocular
- Definiciones
- Leyes

MÚSCULOS EXTRAOCULARES (MEO)

Los músculos extraoculares cumplen la función de iniciar y mantener la fijación foveal con el fin de mantener una visión clara. Es un hecho que la estructura de los movimientos oculares es compleja. Algunas personas nacen con una disfunción oculomotora o la adquieren de alguna enfermedad o trauma, lo que puede causar problemas en los movimientos oculares.

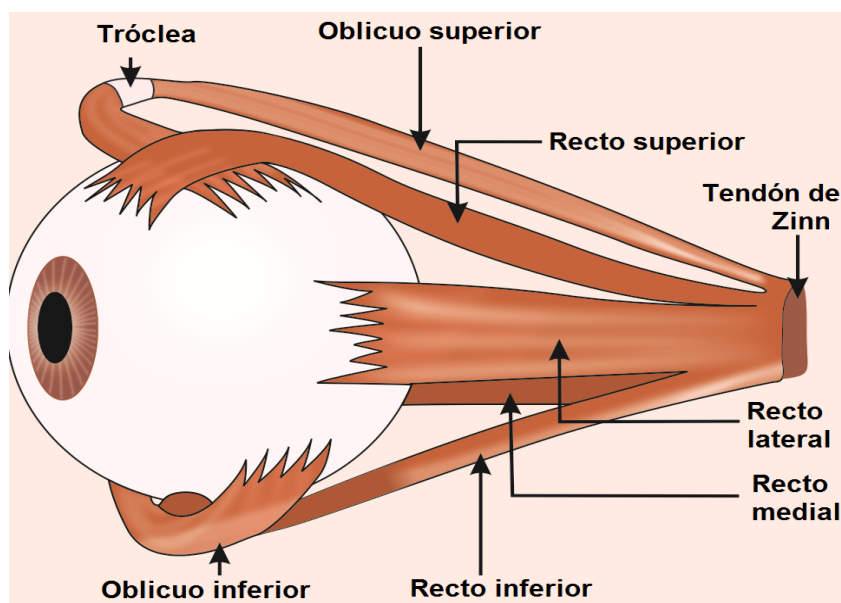


Figura 5.1 Inserción de los músculos extraoculares

MÚSCULOS RECTOS

Recto medio (RM):

- Se origina desde la parte superior del anillo de zinn y la envoltura del nervio óptico.
- Se inserta a 5,5mm del limbo; el tendón mide 3,7mm de largo (Fig5.1)
- Inervado por el nervio oculomotor (NCIII)
- Su contracción conlleva al ojo a un movimiento nasal (Aducción)

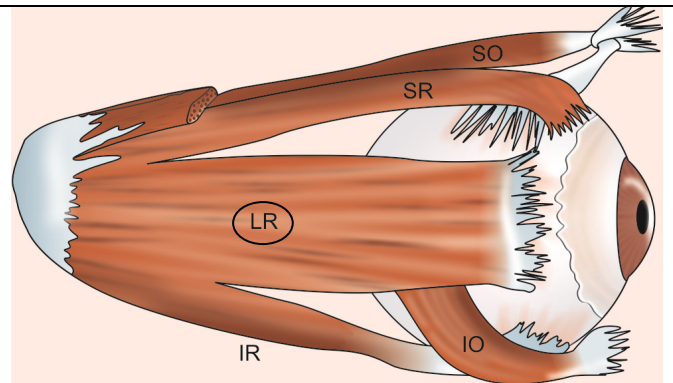


Figura 5.2 Recto lateral

Recto lateral (RL):

- Se origina desde el anillo de zinn y el spina recti lateralis.
- Se inserta a 6,9mm del limbo (Fig.5.2) ; su tendón tiene 8.8 mm de largo.
- Inervado por el nervio Abducens (NC VI)
- Su contracción conlleva a un movimiento temporal del ojo (Abducción)

Recto inferior (RI):

- Se origina desde el anillo de Zinn, su tendón tiene 5,5mm de largo.
- Se inserta a 6,5mm del limbo en un arco cercano al lado nasal del limbo.
- Inervado por El nervio oculomotor (NCIII)
- Forma un ángulo de 23° con respecto al eje sagital (anteroposterior)

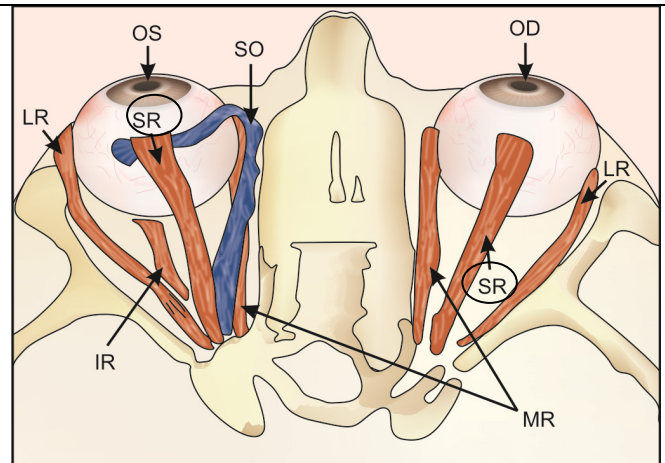


Figura 5.3 Recto Superior

Recto superior (RS):

- Se origina desde el anillo de Zinn y la envoltura del nervio óptico.
- La envoltura del RS está conectada con el músculo elevador del párpado para coordinar el movimiento ocular con la posición del párpado.
- Se inserta a 7.7mm del limbo y toma una ligera disposición curva (FIG.5.3), su tendón tiene 5,8mm de largo.
- Inervado por el nervio oculomotor (NCIII)

**MÚSCULOS
OBLICUOS**

Oblicuo superior (OS) (Fig. 5.4):

- Se origina por encima del anillo de Zinn sobre el ala menor del esfenoides, de forma medial al canal óptico y cerca a la fisura fronto-etmoidal.
- Pasa a través de la tróclea, la cual actúa como una polea.
- Es el músculo más largo y delgado de todos los MEO. Mide 2,5 cm de largo.
- Se inserta por detrás del recto superior y posterior al ecuador.
- Inervado por el nervio troclear (NC IV)
- Forma un ángulo de 53° entre el eje visual y el eje muscular.
- Su inserción se asemeja la hélice de un ventilador.

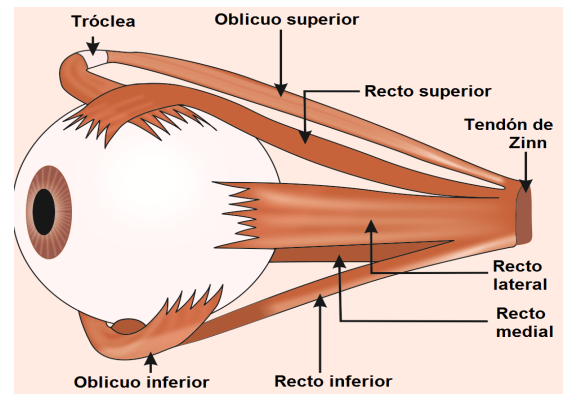


Figura 5.4 Oblicuo superior

Oblicuo inferior (OI) (Fig. 5.5):

- Se origina del hueso maxilar, posterior a la fisura orbitaria medial y lateral a la glándula naso lacrimal.
- Se devuelve a lo largo del cono de músculos rectos por del recto inferior.
- Se inserta por detrás del punto de inserción del recto inferior y posterior al ecuador, cerca a la mácula.
- Inervado por el nervio oculo motor (NCIII)
- El eje muscular también está entre los 51 y 53° como el OS.
- Su inserción asemeja la hélice de un ventilador.

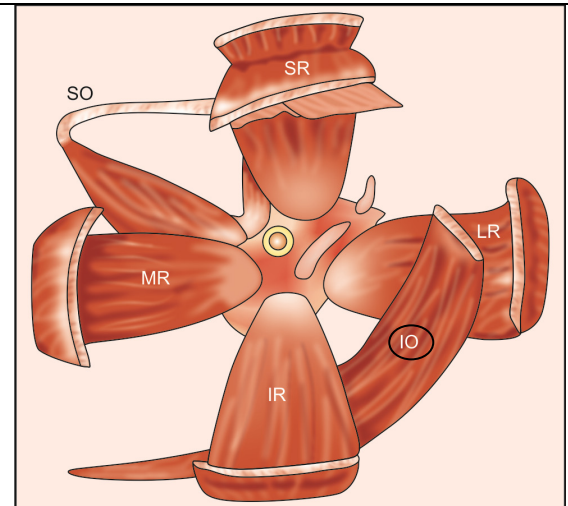


Figura 5.5 Oblicuo Inferior

REPASO DE INERVACIÓN

NERVIO OCULOMOTOR (NCIII)

El nervio oculomotor emerge ventralmente del cerebro medio (Fig.5.6), cerca a la línea media y pasa ipsilateralmente por la parte posterior del cerebelo y posterior a las arterias cerebrales. El tercer nervio avanza anteriormente a lo largo de la arteria comunicante posterior ipsilateral en donde atraviesa la pared del seno cavernoso, situándose cerca al 4, 5 y 6 nervio. El tercer nervio se divide en ramas superior e inferior. Las ramas pasan a lo largo del anillo de Zinn. Las fibras preganglionares parasimpáticas salen de la rama inferior del tercer nervio y hacen sinapsis con el ganglio ciliar. Las fibras postganglionares inervan el esfínter del iris y el músculo ciliar. La rama inferior continúa anteriormente para inervar el recto medial, el recto inferior y el oblicuo inferior. La rama superior inerva el recto superior y el elevador del párpado. Las fibras del NC III provienen del complejo oculomotor localizado cerca a la materia gris central del cerebro medio sobre el colículo superior. Muchas de las fibras no se cruzan, pero algunas si lo hacen.

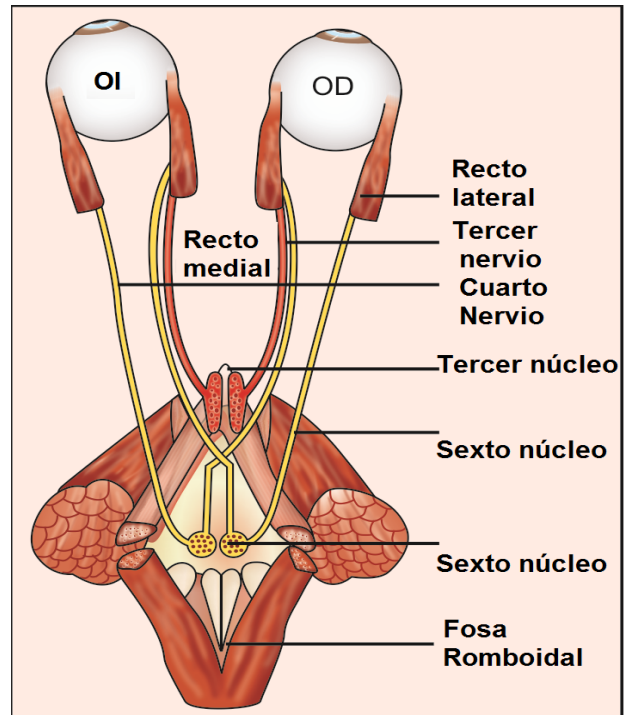


Figura 5.6 Inervación

NERVIO TROCLEAR (NC IV)

Un par de núcleos en el cerebro medio, en el que son los nervios que no se cruzan los que inervan el 4 par. Los dos nervios finos emergen detrás del cerebro medio en dirección inferior y desembocan detrás del tallo cerebral. Luego siguen su recorrido ventralmente. El 4 nervio pasa inferior y lateral al tercer nervio, pero, en el seno cavernoso pasa por debajo del tercer nervio sin pasar por el anillo de Zinn inervando el oblicuo superior. El 4 nervio tiene el recorrido intracraneal más largo y es el único nervio completamente cruzado. Es el único nervio que emerge dorsalmente y el más delgado, sin embargo, es de alguna forma frágil debido a su estructura y recorrido.

NERVIO ABDUCENS (NC IV)

El núcleo Abducens se encuentra en la parte posterior del puente de variolio, por debajo del complejo del IV y III par. Las fibras que no se cruzan son inervadas por la raíz del nervio. Los nervios viajan ventralmente. Los delgados nervios hacen un largo recorrido y entran a la órbita por la fisura orbitaria superior, luego pasan a través del anillo de Zinn para inervar el recto lateral.

POSICIONES DE MIRADA Y ORIENTACIÓN OCULAR

MOVIMIENTOS MONOCULARES: Ducciones

Movimientos que involucran solo un ojo (Fig. 5.7)

1. **Adducción:** Rotación media alrededor del eje Z, los ojos se mueven hacia adentro en dirección de la nariz.
2. **Abducción:** Rotación lateral alrededor del eje Z, los ojos se mueven temporalmente en sentido contrario a la nariz.
3. **Supraducción:** Rotación hacia arriba alrededor del eje X, el ojo se eleva.
4. **Infraducción:** Rotación hacia abajo alrededor del eje X, el ojo se mueve hacia abajo.

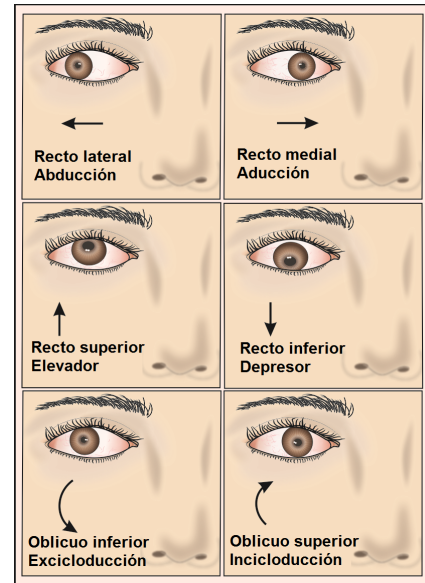


Figura 5.7
Movimientos Monoculares: Ducciones

MOVIMIENTOS TORSIONALES

- Rotaciones alrededor del eje visual, el eje Y.
- El eje visual es la línea imaginaria que se forma desde la fovea, pasando por la pupila hasta el objeto de fijación.
- Se describe relativamente como la posición 12:00 del reloj en la parte superior del limbo.
- Torsión real vs. Torsión falsa: Una torsión falsa es una ciclo-rotación aparente del ojo asociada a un cambio en la dirección de mirada de un punto primario a un punto terciario.
- La restricción del movimiento puede estar relacionada con el alargamiento y engrosamiento de los MEO, lo que puede ocurrir en la Oftalmopatía de Graves. El RI generalmente es el primer afectado.

MOVIMIENTOS BINOCULARES: VERGENCIAS Y VERSIONES.

Las Vergencias y las versiones son movimientos alrededor de los diferentes ejes cuando ambos ojos trabajan simultáneamente.

Vergencias: Las Vergencias son movimientos disyuntivos en los que los ojos se mueven en direcciones opuestas, lo que lleva a los siguientes movimientos:

1. **Convergencia:** Ambos ojos se mueven hacia adentro
2. **Divergencia:** Ambos ojos se mueven hacia afuera

Tipos de movimientos vergenciales: Estos permiten realizar el seguimiento de un objeto y la percepción en tercera dimensión.

1. **Disparidad:** Estimulada por la disparidad del objeto de fijación
2. **Acomodativo:** Estimulado por la borrosidad de un objeto
3. **Proximal:** Estimulado por la cercanía aparente de un objeto o la percepción de la distancia del mismo
4. **Tónico:** Inervación de la base neural estimulada por el cerebro medio, no contribuye ni al seguimiento ni a la percepción de profundidad.

MOVIMIENTO
BINOCULARES:
VERGENCIAS
VERSIONES

Y

Versiones: Las versiones son movimientos conjugados en los que ambos ojos se mueven hacia la misma dirección, lo que lleva a los movimientos de seguimiento (FIG.5.8):

1. **Dextroversión:** Movimiento de ambos ojos hacia la derecha.
2. **Levoversión:** Movimiento de ambos ojos hacia la izquierda
3. **Supraversión:** Movimiento de ambos ojos hacia arriba
4. **Infraversión:** Movimiento de ambos ojos hacia abajo

Tipos de movimiento versional: Estos permiten el seguimiento de un objeto en el espacio

1. **Fijación:** Respuesta para un objeto que está quieto, su función es estabilizar el objeto en la fóvea.
2. **Sacádico:** Respuesta al desplazamiento de un objeto, su función es hacer que un objeto caiga dentro del área foveal.
3. **Seguimiento:** Respuesta a la velocidad del objeto, intenta igualar la velocidad del ojo a la velocidad del objeto con el fin de estabilizar la imagen retiniana.
4. **Optokinético:** Respuesta a la velocidad del objeto o del entorno, intentando mantener la imagen estable durante el movimiento de la cabeza.
5. **Vestibular:** Respuesta a la aceleración de la cabeza, intenta mantener la imagen estable con el objeto en la fóvea durante un movimiento de cabeza transitorio.

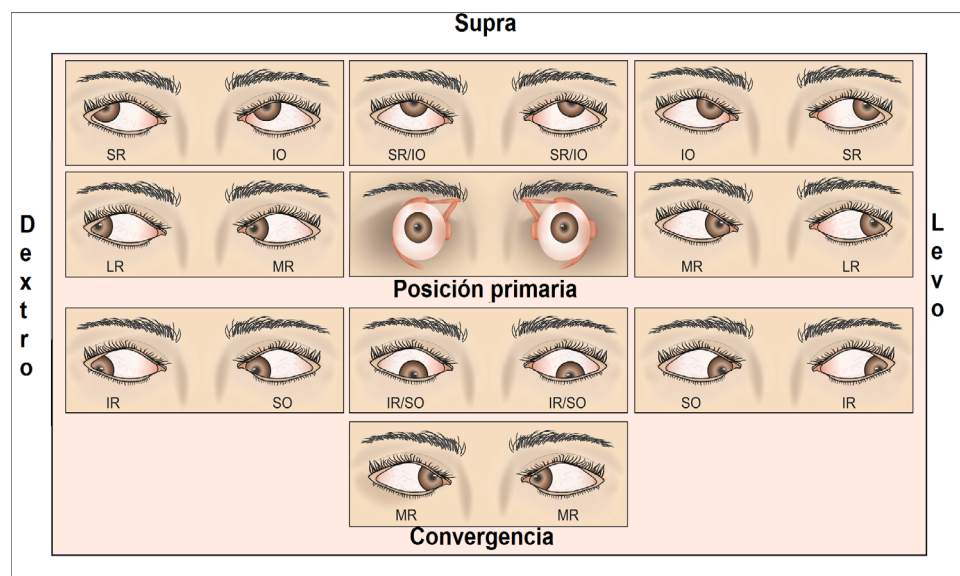


Figura 5.8 Movimientos binoculares Vergencias y Versiones

DEFINICIONES

DEFINICIONES

Objeto de atención: El punto de interés para el observador hacia el cual dirige su mirada, también llamado punto de fijación

Eje visual: Es la línea entre el punto de fijación y el primer punto nodal del ojo y luego al Segundo punto nodal del ojo hasta la fovea. Los dos puntos nodales generalmente se consideran como coincidentes.

Eje pupilar: Es una línea perpendicular a la cornea pasando a través del centro pupilar.

Eje de fijación: Es la línea que conecta el objeto de interés al mejor punto de aproximación al centro de rotación del ojo.

Entrada pupilar: Imagen de la pupila real del ojo, formada por la refracción de la córnea.

Línea de mirada: Es la línea que conecta el objeto de fijación y el centro de la entrada pupilar.

Eje óptico: Es lo más cercano a una línea que atraviesa el polo anterior y posterior del ojo.

Ángulo Alpha: Es el ángulo formado entre el primer punto nodal en la intersección del eje óptico y el eje visual.

Ángulo Gamma: Es el ángulo entre el eje de fijación y el eje óptico.

Ángulo Kappa: Es el ángulo que se forma en el punto nodal de la intersección entre el eje visual y el eje pupilar.

Ángulo lambda: Es el ángulo subtendido desde el centro de la entrada pupilar en la intersección entre el eje pupilar y la línea de mirada.

Globo: Es una esfera que rota sobre su propio eje una vez que tiene un punto de fijación. El centro de rotación es el punto de velocidad-cero aproximadamente en el punto medial. Tiene 3 grados de libertad para rotar en los ejes, vertical, horizontal y anteroposterior.

Objeto vertical: Es un marco de referencia empleado para especificar la posición del ojo en la órbita, una línea colgante que representa la gravedad real.

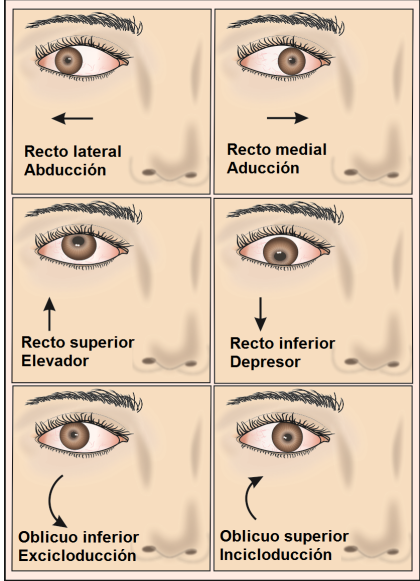
Torsión: Ciclo-rotación verdadera del ojo tanto en el eje antero-posterior como en la línea de mirada.

Torsión falsa: Es la ciclo-rotación aparente del ojo asociada con un cambio en la dirección del punto de fijación de una posición primaria a alguna posición terciaria. Es la diferencia angular entre el objetivo vertical y el meridiano vertical de la córnea, cuando el ojo está en una posición terciaria.

Plano de Listing: Es un plano que pasa a través de la cabeza y el centro de rotación de los ojos perpendicular a la línea de mirada cuando los ojos están en posición primaria.

LEYES

LEY DE LISTING	<p>El movimiento de los ojos de una posición primaria a alguna otra posición es equivalente a una única rotación en el plano de Listing. Cada movimiento del ojo de una posición primaria a una posición terciaria siempre está asociado a una falsa torsión del meridiano vertical de la córnea con respecto al objeto vertical. No existe una torsión real.</p> <p>Sistema coordinado 2D de Listing: El ojo tiene un sistema de movimiento coordinado 2D basado en los ejes de Fick en lugar de la anatomía tridimensional.</p> <p>Sistema de ejes de Fick: El ojo rota inicialmente alrededor de un eje vertical y luego de uno horizontal. El plano formado por estos dos ejes es el plano de Listing. Este es el plano que pasa a través de la cabeza y el centro de rotación de los ojos perpendicular a la línea de mirada cuando los ojos están en posición primaria</p> <p>Con la ley de Listing:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cualquier cosa que esté realmente derecha en el mundo real, no importa hacia donde esté orientada, continuará proporcionando una imagen derecha a medida que el ojo la sigue, aunque el ojo tenga una forma circular y la imagen se vea consecuentemente distorsionada. 2. Esto permite que los movimientos oculares sean descritos en términos de 2D en lugar de 3D. <p>Violaciones de la ley de Listing: La ley de Listing se aplica cuando un paciente mira derecho al frente con su cabeza quieta y el observador de manera monocular observa un objeto en el infinito óptico. Las violaciones de la ley de Listing ocurren con la convergencia, el esfuerzo voluntario extremo, también al dormir, al llevar al ojo a posiciones extremas de mirada, al realizar cambios de postura, al inclinar la cabeza provocando una incicloversión y cuando hay un reflejo óculo-vestibular.</p> <p>Torsión falsa y la ley de Listing: La ley de Listing dice que todos los movimientos desde la posición primaria no tienen una torsión neta. Esto es importante o si no el mundo se torcería e inclinaría con cada movimiento de cabeza. No existe una torsión real que pueda ocurrir con una función muscular específica. Estas leyes son funcionales no anatómicas.</p>
LEY DE DONDERS	<p>El ángulo de inclinación para determinada posición terciaria del ojo es el mismo sin importar como el ojo llegó a esa posición.</p>
LEY DE DESCARTES-SHERRINGTON SOBRE LA INERVACIÓN RECÍPROCA	<p>Cuando un agonista se contrae durante el movimiento de un ojo, se da una relajación simultánea y de igual magnitud del músculo antagonista para ese movimiento. Por ejemplo, cuando el recto lateral derecho se contrae, el recto medial derecho se relaja. Esta ley es para el movimiento ocular monocular únicamente.</p>

<p>LEYES DE HERING DE INERVACIÓN RECÍPROCA</p>	<p>El músculo correspondiente o yunta de cada ojo se inerva igual que el agonista. La ley de Hering se especifica con respecto a los cambios de posición del ojo. Esto aplica para los movimientos conjugados.</p> <p>Posición primaria de mirada: La posición de los ojos con la cabeza recta, localizados en la intersección del plano sagital de la cabeza y el eje horizontal pasando por el centro de rotación de ambos ojos. Los ojos enfocan al infinito.</p> <p>Posiciones secundarias de mirada: Son rotaciones alrededor del eje vertical o el horizontal únicamente. Los movimientos horizontales o verticales puros se hacen desde la posición primaria. No hay inclinación.</p> <p>Posiciones terciarias de Mirada: Son rotaciones alrededor de ambos ejes; horizontal y vertical. Una desviación oblicua de la línea de mirada en donde la línea se conecta con el objeto de fijación y el centro de entrada pupilar</p>
<p>MODELO DEL AGONISTA AISLADO DE DUANE</p>	<p>Este modelo explica los movimientos alrededor de los diferentes ejes, lo que ocurre cada vez que se contrae un músculo. Durante los movimientos oculares todos los músculos se ven involucrados, ya sea en una acción de contracción o de relajación. El movimiento en este modelo parte de la posición primaria. Los músculos agonistas son los que comandan el movimiento, mientras que los antagonistas son los que se oponen al movimiento. Los músculos yunta trabajan para mover los ojos en la misma dirección.</p> <p>Debido al ángulo de inserción de cada músculo, existen diferentes efectos cuando los músculos se contraen y el ojo se encuentra en el campo de acción de dicha inserción. A medida que el ojo aumenta la abducción, la habilidad de depresión de los rectos verticales aumenta. Por otro lado, cuando el ojo se mueve hacia la adducción, las habilidades de elevar y deprimir de los oblicuos aumenta.</p> <p>Campos de acción en los que la acción de cada músculo se ve potencializada (Fig. 5.9):</p> <ul style="list-style-type: none"> • RL: Temporal/Mirada lateral • RM: Nasal/Mirada nasal • RS: Mirada supero-temporal • RI: Mirada infero-temporal • OS: Mirada infero-nasal • OI: Mirada supero-nasal  <p>Figura 5.9 Campo de acción en el que cada músculo ejerce su acción máxima</p>

LECTURAS RECOMENDADAS

Borish's Chapter 10 pgs 315: Eye Movement Basics for the Clinician Chapter 1

Web site: <http://cim.ucdavis.edu/eyes/eyes.sim.htm>; <http://www.Richmondeye.com/apd.asp#examples>

BIBLIOGRAFÍA

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.

Hart W. Adler's **Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.

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

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.

Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heineman, 1995.

Kaufmann, PL. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.

Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.

Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.