

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

“Actualizaciones anatomo-fisiológicas de la musculatura extraocular y su implicancia para el abordaje kinésico en la terapia manual”

Sciancalepore Diego Matias

TUTOR

Lic. Catalano Marisa

|2021



Universidad Abierta
Interamericana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Lic. Viegas Bianca por su confianza y transmitirme su pasión en este largo camino que recién comienza; por abrirme las puertas a una kinesiología profesionalmente linda, diferente y hacer de mi una mejor persona.

A mi familia y amigos por acompañarme en cada pequeño logro, como un gran logro, sea cual sea el origen o la magnitud de este.

A mi tutora la lic. Marisa Catalano por motivarme y guiarme en la confección del trabajo, por brindarme la posibilidad de ser parte de su grupo de estudio y acompañar mi crecimiento desde los primeros años junto con el lic. Daniel Clavel.

A Beatriz Crespo por su tiempo y dedicación en el acompañamiento de esta obra, en el aprendizaje del mundo de la investigación científica que tanta falta le hace a nuestra profesión.

A Alexandra Elbakyan, la científica y desarrolladora que creó el sitio web Sci-Hub, el cual acelera y facilita el libre acceso a toda persona en la investigación científica.

INDICE

1 RESUMEN	1
2 INTRODUCCIÓN	2
3 OBJETIVO GENERAL.....	3
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4 MARCO TEÓRICO	4
4.1 SISTEMA VISUAL	4
4.2 INTEGRACIÓN DE LA VISIÓN BINOCULAR.....	9
4.3 CONTROL DEL MOVIMIENTO OCULAR	12
4.4 BIOMECÁNICA DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES.....	14
4.5 NEUROFISIOLOGÍA DEL SISTEMA NEUROVEGETATIVO	19
4.6 LEY DE HERING, CORRESPONDENCIA MOTORA BINOCULAR.....	21
4.7 SISTEMA FASCIAL ORBITARIO	23
4.8 FISIOPATOLOGÍA DEL SISTEMA OCULOMOTOR	26
5 DISEÑO METODOLÓGICO.....	32
6 RESULTADOS	33
6.1 ACTUALIZACIONES ANATÓMICAS DE LOS MEO	33
6.2 RELACIÓN NEUROMUSCULAR DEL VOR Y EL COR.....	38
6.3 TÉCNICAS MANUALES EN EL SISTEMA OCULOMOTOR.....	40
7 DISCUSIÓN.....	59
8 CONCLUSIÓN.....	60
9 BIBLIOGRAFÍA	62

1| RESUMEN

El siguiente trabajo es una revisión narrativa sobre actualizaciones anatómico-fisiológicas de los músculos extraoculares y la implicancia que tiene la terapia manual sobre los mismos. Tomando como punto de partida los trabajos de investigación científica sobre los MEO y libros de autores con renombre en el ámbito de la terapia manual, que han sido publicados mundialmente en las dos últimas décadas.

El objetivo de esta revisión es lograr relacionar la aplicación de la terapia manual sobre el complejo miofascial ocular, con las actualizaciones anatómico-fisiológicas de los MEO y sus diferentes tipos de conexiones a través de la fascia y el sistema nervioso central.

El estudio reveló que las poleas anatómicas, las láminas global y orbital, junto con las fibras de múltiple inervación, así como las íntimas conexiones fasciales entre el sistema nervioso central en continuidad con el complejo ocular de los MEO, representaron en esta investigación disparadores específicos para las diferentes técnicas manuales propuestas por los autores y su importancia en la clínica de sus tratamientos.

Palabras clave: connective tissue (tejido conectivo); extraocular muscles (músculos extraoculares); eye movements (movimiento ocular); pulleys (poleas); vestibulo-ocular reflex (reflejo vestíbulo-ocular).

2| INTRODUCCIÓN

Somos seres visuales y el ojo es mucho más que visión; es comportamiento, concentración, coordinación, aprendizaje, postura y equilibrio.

En la práctica kinésica uno de los desafíos más grandes es poder lograr un abordaje desde la evaluación y tratamiento que incluya a los diferentes sistemas que componen al cuerpo humano.

La alteración del sistema oculomotor representa uno de los desafíos kinésicos más grandes a resolver y se transforma en una alteración difícil de recuperar, ya que la falta de conocimiento en el área lleva a que no se cumpla con los objetivos, esto genera una gran frustración y negación del paciente frente al abordaje kinésico.

El trabajo de revisión tiene como objetivo explicar los diferentes abordajes posibles sobre el sistema visual mediante la terapia manual. Utilizando las bases anatómicas y neurofisiológicas actuales que justifican la aplicación de estas técnicas y sus efectos, como herramientas terapéuticas.

La finalidad es lograr por medio de la terapia manual, basada en la neurofisiología muscular como método terapéutico, motivar a cambios de interpretación, incorporando nuevas herramientas a la hora de rehabilitar a un paciente con disfunciones de la musculatura extraocular; ya sean adaptaciones posturales, visuales u otras sintomatologías con origen en los músculos extraoculares.

El trabajo tiene como finalidad describir los tipos de abordaje kinésico sobre el sistema visual. Para ello, es importante explicar los procesos neurofisiológicos y musculares que permite la función visual y su consiguiente disfunción.

Lo que facilitara, cambiar el paradigma sobre el abordaje del sistema visual y generar cambios de la concepción en la manera de rehabilitar un paciente con una disfunción de estas características.

3| OBJETIVO GENERAL

- Relevar actualizaciones anatómo-fisiológicas de la musculatura extraocular y su implicancia para el abordaje kinésico con terapia manual.

3.1| OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las actualizaciones anatómo-fisiológicas en torno a la musculatura extraocular.
- Justificar la relación entre la musculatura extraocular y la suboccipital.
- Identificar las diferentes terapias kinésicas utilizadas para el tratamiento de la musculatura extraocular.

4| MARCO TEÓRICO

4.1| SISTEMA VISUAL

El proceso de la percepción visual

Los objetos emiten o reflejan radiaciones luminosas de distinta frecuencia e intensidad que penetran en el interior del globo ocular a través de la pupila. La pupila se dilata o contrae en función de las condiciones lumínicas por la acción del iris. Después, la señal luminosa pasa por la córnea, el cristalino y la cámara interior acuosa hasta llegar a la retina, la parte fotosensible del ojo, donde se encuentran las células ganglionares, bipolares y fotorreceptoras (los conos y los bastoncillos, las únicas células sensibles a la luz). Hay, también, otros dos tipos de células: las células horizontales, que conectan entre sí a los conos y los bastoncillos, y las células amacrinas, que conectan las células bipolares con las ganglionares. La retina es un tejido fotorreceptor que cubre la mayor parte de la superficie interior del ojo y constituye el plano sobre el que se proyectan las imágenes de forma invertida. En la retina, los fotorreceptores (conos y bastones) transforman la luz en energía electroquímica que se transmite al cerebro a través del nervio óptico.

La energía electromagnética que incide sobre los conos y los bastoncillos se transforma en impulsos nerviosos que llegan hasta las células ganglionares, cuyos axones se unen para formar el nervio óptico en el disco óptico, llamado punto ciego porque carece de células fotorreceptoras y no es sensible a la luz. Los impulsos nerviosos, que proceden de la retina, llegan a través del núcleo geniculado lateral (NGL) del tálamo hasta la corteza visual del cerebro, situada en el lóbulo occipital, donde se produce la propia percepción.

Los haces nerviosos de cada ojo se encuentran en el quiasma óptico, donde parte de ellos se cruzan para ir a parar al hemisferio cerebral opuesto. Las fibras que salen del lado izquierdo de ambas retinas (y que corresponden al lado derecho del campo visual) se proyectan hacia el hemisferio izquierdo, y las que salen del lado derecho de ambas retinas (y que corresponden al lado izquierdo del campo visual) se proyectan hacia el hemisferio derecho.

La luz penetra en el interior del glóbulo ocular y se convierte en impulsos nerviosos. Los haces nerviosos de cada ojo se encuentran en el quiasma óptico, donde parte de ellos se cruzan para ir al hemisferio cerebral opuesto (en rojo, en la parte superior del cerebro). Los impulsos nerviosos llegan al tálamo y finalmente hasta la corteza visual (en rojo, en la parte inferior del cerebro).(1)

Mecanismos básicos de la visión

Hay tres mecanismos que intentan explicar el proceso básico de la visión. Estos son: los campos receptivos, la inhibición lateral y la magnificación cortical.

Las células ganglionares se conectan con las células fotorreceptoras (los conos y los bastones) y funcionan de acuerdo con la estimulación recibida en el llamado campo receptivo. Se distinguen dos tipos de respuesta de los campos receptivos: de centro encendido y de centro apagado.

Las células ganglionares se activan al máximo cuando las células receptoras del centro se activan y las de la periferia se mantienen inactivadas (centro encendido). En sentido contrario, las células ganglionares de los campos receptivos de centro apagado se activan cuando son activados los receptores de la periferia y los receptores del centro del campo quedan inactivados (centro apagado). Es un mecanismo antagónico que permite una percepción óptima del contraste.

Es importante distinguir que los conos son muy eficaces en la percepción de contornos, contrastes y colores en condiciones de mucha luminosidad, mientras que los bastones funcionan mejor en condiciones de baja luminosidad. Este fenómeno explica las diferencias entre las conexiones de las células ganglionares con los conos y los bastones. Es decir, un cono se conecta con una célula ganglionar y varios bastones son conectados con una misma célula ganglionar.

Otro mecanismo básico de la visión es la inhibición lateral. Este fenómeno se produce cuando un estímulo induce efectos opuestos en el centro y la periferia de un campo receptivo. Estas regiones antagonistas compiten entre sí y la célula ganglionar a la que están conectadas se mantiene prácticamente inactivada. De este modo se explica la percepción del contraste.

El tercer proceso es el que se conoce como magnificación cortical. La organización del sistema visual en el córtex del cerebro mantiene una «cierta» fidelidad con los objetos externos. Es decir, en el córtex visual se proyecta en cada momento un mapa topológicamente equivalente a la imagen externa. Sin embargo, la zona de enfoque principal de la imagen externa requiere una proyección mayor en la zona cortical que las zonas periféricas de la imagen.(1)

El proceso cognitivo y la corteza visual

Toda la información que se recibe a través de los ojos llega al cerebro, dónde se procesa. Se conocen unas 30 áreas visuales localizadas en los lóbulos occipitales, parietal, temporal y frontal de la corteza cerebral. Cada área extrae diferentes tipos de información de la señal de entrada visual; desde los rasgos más elementales como la frecuencia espacial, orientación y contraste (áreas del lóbulo occipital), hasta los rasgos más complejos tales como el movimiento, el color o la forma de los objetos (propio de las regiones parietal temporal y frontal de la corteza cerebral).

Hay una organización jerárquica entre las áreas visuales. Todas las áreas están altamente interconectadas, pero cada una de ellas está especializada en una parte del análisis funcional de la información. La cognición visual es el resultado de interacciones recurrentes entre las distintas áreas visuales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que generalmente no miramos una escena de forma estática, los ojos se mueven buscando las partes «interesantes» de una escena para construir un mapa mental de la realidad observada.

El ojo humano hace movimientos oculares rápidos (conocidos como movimientos sacádicos) debido a que únicamente la parte central de la retina, la fovea, tiene una alta concentración de conos. La fovea es la parte de la retina encargada de la visión en alta resolución. El resto de la retina está tapizada básicamente por bastones, células fotosensibles monocromáticas, especialmente buenas en la detección del movimiento. Es decir, el ojo capta pequeñas partes de una misma escena para optimizar sus recursos. Si toda la escena fuera vista como lo que entendemos por alta resolución, el diámetro del nervio óptico debería ser incluso mayor que el del propio globo ocular. Además, un procesamiento de toda la escena requeriría también un cerebro varias veces superior al que tenemos.

En el proceso de percepción visual primero tiene lugar la detección de los bordes del objeto que miramos, después se inicia el proceso de estereoscopia, el fusión de las dos imágenes procedentes de los dos ojos. Este proceso tiende a construir la superficie de la imagen, añadiéndole textura, profundidad y orientación, captando movimiento y color. Luego se lleva a cabo el relleno cognitivo del fondo, es decir, el cerebro construye la totalidad de la escena a partir de las pequeñas partes que visualiza mediante rápidos movimientos oculares prácticamente imperceptibles.

En el tramo final de todo el estímulo visual se ha descrito la existencia de señales neuronales de tipo retroalimentación en el córtex visual. Estas señales de modulación tardía se asocian con varias zonas cognitivas como la conciencia visual, la atención y la memoria visual.

Algunos estudios recientes han demostrado que la interpretación que hacemos de los estímulos generados en nuestros ojos está condicionada por las presunciones que hacemos previamente sobre el entorno. Por lo que, en el proceso de la percepción visual, el cerebro parece que construye, en parte, lo que vemos. (Figura 1)

Como se ha comentado en párrafos anteriores, vemos mejor aquellas cosas a las que dirigimos la mirada directamente, puesto que el cerebro construye parte

de la realidad, las suposiciones que hacemos acerca del entorno condicionarán la percepción final. Por ejemplo, cuando confiamos en las sombras para juzgar la forma de un objeto, lo que estamos haciendo en realidad es suponer la reflectancia de la superficie del objeto, así como su iluminación.

Algunos estudios sugieren que, sin este tipo de presunciones, las posibilidades de interpretar los estímulos visuales serían muy limitadas. Así, si parte de la percepción depende de nuestras propias presunciones, está claro que lo que nos muestra el mundo real no tiene por qué ser lo que percibimos. Los ojos sólo son responsables de una parte de la percepción visual, el cerebro hace el resto. En definitiva, podríamos decir que se trata de un acto de reconstrucción interpretativa.(1)

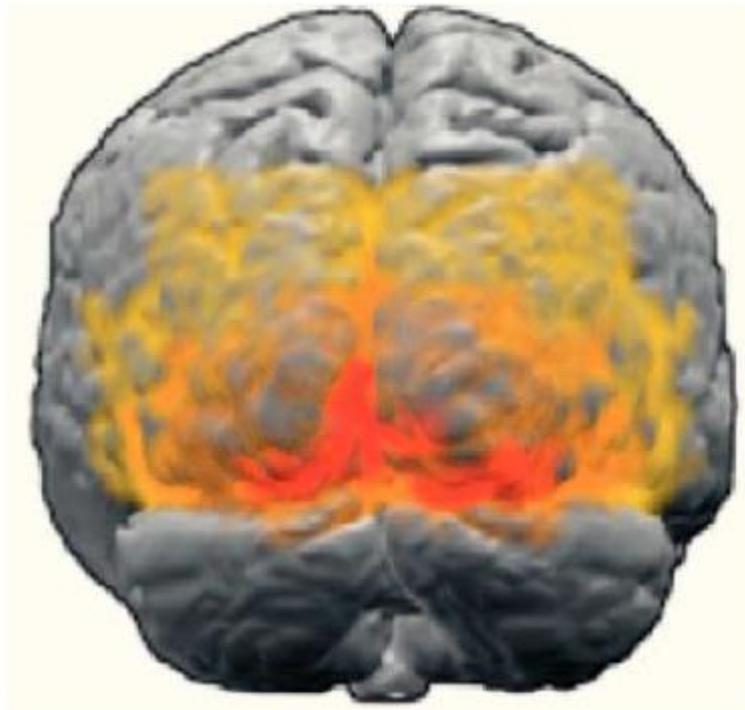


Figura 1. Representación de la corteza visual. La activación sincrónica de diferentes neuronas de distintas áreas cerebrales podría explicar, en parte, el proceso visual cognitivo. (Torrales S. 2008)

4.2| INTEGRACIÓN DE LA VISIÓN BINOCULAR

Ante el peligro de una diplopía (visión doble), algo inaceptable para el SNC, es necesaria una estrategia de percepción que permita no solo evitar la diplopía, sino también potenciar la capacidad visual. La estrategia que ha elegido el sistema visual ha sido declarar las dos foveas como “puntos de correspondencia retino corticales”, de tal forma que, si las foveas están dirigidas al mismo objeto, es que solo existe un objeto. El hecho es que las dos foveas mandan la información a regiones del cerebro casi idénticas; de esta forma para el cerebro es posible fusionar las informaciones en una sola imagen. El factor que posibilita esta fusión es que la imagen en la fovea es una zona muy pequeña, casi un punto.(2)

Para que sea posible la estimulación de las dos foveas, por tanto, la fusión de imágenes es imprescindible el movimiento de vergencia. Con este movimiento no conjugado ya que los dos ojos se mueven en direcciones opuestas, es posible dirigir las dos foveas al mismo punto a cualquier distancia.

Cada retina tiene una zona “foveal” y una zona periférica, de una forma más simplificada, en un plano horizontal, tomando como referencia la fovea podemos distinguir la hemirretina nasal y una hemirretina temporal en cada ojo.

Podemos distinguir un hemicampo visual derecho y un hemicampo visual izquierdo. Si las foveas están dirigidas hacia un punto en la mitad del campo visual, el hemicampo izquierdo es visto por la hemirretina nasal del ojo izquierdo y la hemirretina temporal del ojo derecho. Y el hemicampo derecho es visto por la hemirretina temporal del ojo izquierdo y la hemirretina nasal del ojo derecho.

A nivel del quiasma óptico existe una decusación de axones del nervio óptico. Aproximadamente el 40% del nervio óptico permanece del mismo lado, esta parte corresponde a la hemirretina temporal.

La información de la hemirretina nasal dentro del 60% restante para al otro lado del cerebro. Así, al cerebro izquierdo llega información de la hemirretina

temporal izquierda y de la hemirretina nasal derecha. O, lo que es lo mismo, al cerebro izquierdo llega información del hemicampo visual derecho.

A una misma distancia dada, representada en el esquema por una línea curva llamada “horóptero” (Figura 2), los puntos correspondientes están a la misma distancia angular de las dos retinas, y la fijación binocular de cualquier punto en este círculo necesita el mismo ángulo de convergencia.(3)

La estereopsis es la forma más especializada que tenemos para mirar, esta nos permite ver en tres dimensiones; es el resultado de un proceso muy complejo y frágil, y será lo primero que se pierda ante una alteración de la binocularidad.

Una visión de calidad requiere un equilibrio muscular muy preciso, cada globo ocular es dirigido y posicionado por seis MEO gracias a un trabajo tónico en tensión recíproca, ya que para ver con claridad es necesaria una fijación, ósea un posicionamiento estable del ojo el tiempo suficiente como para que la imagen pueda ser definida. Lo cual supone una precisión neuro muscular extraordinaria, además de la capacidad del sistema de inhibir movimientos oculares que desvíen el eje visual.(3)

El sistema binocular está conformado por:

- El sistema motor y sistema sensorial.

Función del sistema sensorial:

- Fusión de imágenes.

Funciones del sistema motor:

- Aumentar el campo visual efectivo monocular y binocular.
- Trasladar y mantener la imagen en la fóvea.
- Mantener la alineación de los dos ojos para evitar la diplopía.
- El sistema motor está al servicio del sistema sensorial.

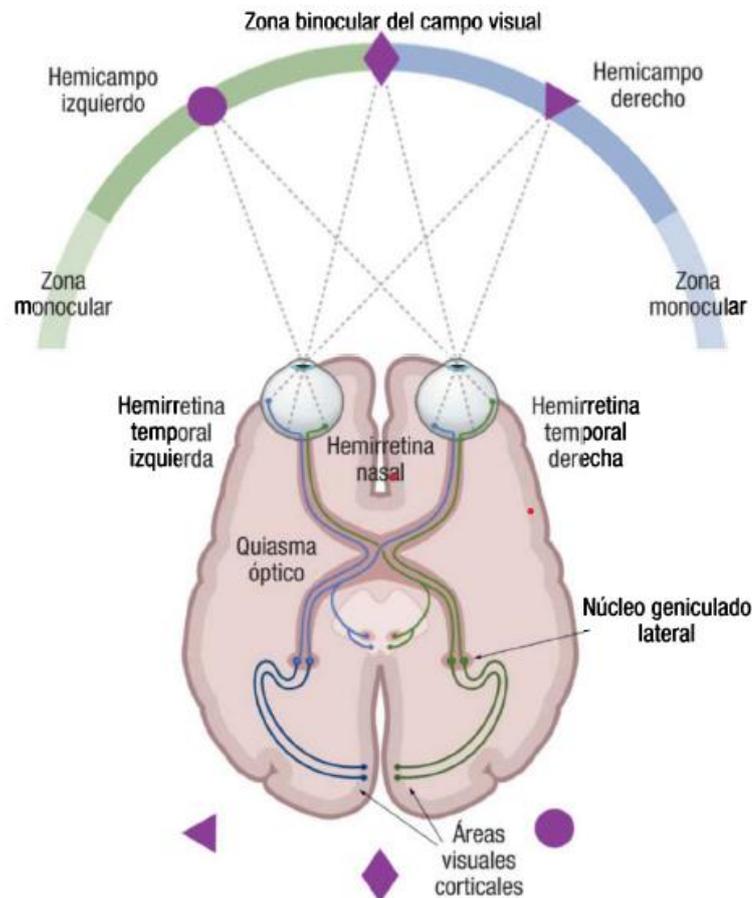


Figura 2. Esquema del campo visual. Se pueden apreciar las divisiones didácticas entre la hemirretina nasal y la hemirretina temporal. También se aprecia el cruce de fibras que provienen de la hemirretina para formar la cintilla óptica de cada lado, que tras un relevo en el núcleo geniculado lateral, llegará al córtex visual para su procesamiento. Por tanto, la parte izquierda del campo visual es percibida por el córtex derecho, y viceversa. (Pastor Pons I. 2019)

Relación entre acomodación y convergencia

La acomodación y la convergencia son dos mecanismos bien diferenciados por las estructuras que los gestionan, pero que, por otro lado, van siempre juntos. Cuando se aumenta la convergencia, la acomodación también aumenta para adaptarse a una visión próxima.

En realidad, la señal de convergencia es una señal de anticipación (*feed-forward*) para la acomodación. Este tipo de anticipación es mucho más rápida que cualquier *feedback*. El mecanismo de enfoque está hecho para cambios de

distancia si tener primero una visión borrosa en la imagen, sino que funciona gracias a la información propioceptiva d la vergencia.(3)

4.3| CONTROL DEL MOVIMIENTO OCULAR

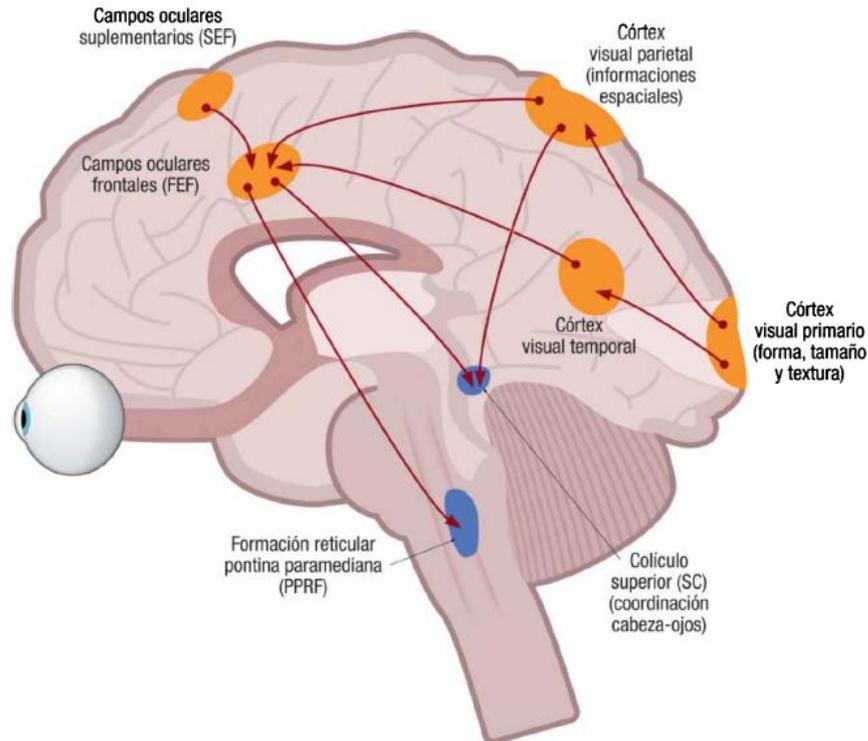


Figura 3. Esquema de las áreas corticales que participan en el control motor de los ojos. Principalmente hay cinco zonas corticales que gestionan una oculomotricidad coordinada y ajustada a los estímulos externos. (Pastor Pons I. 2019)

La musculatura extraocular (MEO) esta inervada por tres nervios craneales. El III nervio craneal u oculomotor común, el IV nervio craneal u troclear y el VI nervio craneal u abducens. De los tres, es el II nervio el que inerva la mayor cantidad de músculos: recto interno, recto inferior, recto superior, oblicuo inferior y elevador del párpado. El IV nervio inerva el musculo recto externo.

El control motor central de la oculomotricidad es prioritariamente subcortical, destacando el papel de la formación reticular mesencefálica (MRF) y de la formación reticular pontina paramediana (PPRF) en el control de la alineación de

los ojos (Figura 3). Estas dos estructuras sirven de relevo de las informaciones propioceptivas procedentes de los MEO.(3)

Hay distintas clases funcionales de funcionales de movimiento ocular. Existen movimientos para estabilizar la imagen en la retina en los movimientos de la cabeza y movimientos que mantiene la fóvea sobre un objetivo.

Los movimientos que estabilizan la imagen en la retina en los movimientos de cabeza son “reflejos”. Están automatizados para que respondan con gran velocidad y precisión. El reflejo vestibuloocular (VOR) estabiliza la imagen en movimientos de la cabeza que estimulan el sistema vestibular, ya sea por aceleración lineales o angulares (Figura 4). El reflejo cérico ocular (COR) estabiliza la imagen en movimientos de la cabeza, pero por mediación propioceptiva de los mecanos receptores en la región cervical superior. Por su parte, el reflejo optocinético (OKR) estabiliza la imagen en movimientos de la cabeza a velocidad constante y por estímulos visuales, como cuando vemos el flujo del paisaje por la ventanilla de un tren.

Los movimientos que mantienen la fóvea sobre un objeto pueden ser de alta velocidad, como los sacádicos; pueden seguir un objeto que se desplaza suavemente, como los movimientos de seguimiento suave, o pueden seguir un objeto que se aproxima o que está cerca, como los movimientos de convergencia. Este último es filogenéticamente más reciente y, por lo tanto, el más frágil. Las vergencias serán las primeras en sufrir una alteración oculomotora ante diferentes estados patológicos o sobrecargas del sistema.(2)

La calidad de los movimientos de vergencias permite el máximo grado de percepción visual, llamada estereopsis o visión tridimensional. La función visual está íntimamente ligada a la atención y a la capacidad de inhibirse ante estímulos visuales o somatosensoriales, una habilidad comprometida en los niños con trastornos de la atención.(3)

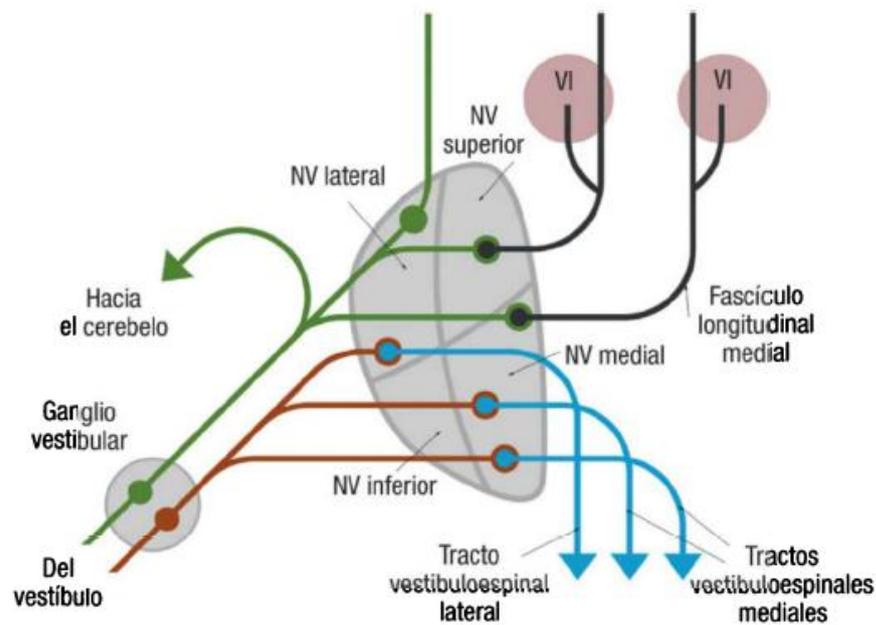


Figura 4. Relaciones neurofisiológicas de los núcleos vestibulares. (Pastor Pons I. 2019)

4.4| BIOMECÁNICA DE LOS MOVIMIENTOS OCULARES

El ojo realiza movimientos dentro de la órbita debido a la acción de los músculos extraoculares (MEO). Sus fibras poseen pocas características con respecto a los actuales mamíferos y se cree que tienen mayor concordancia con los anfibios, sus inserciones varían mucho de los citados convencionales de anatomía, y actualmente se conocen que poseen varias capas bien diferenciadas.

Cada MEO puede mover al globo ocular en una acción determinada, pero también es capaz de detener el globo ocular en un movimiento contrario a su acción. Esta capacidad se considera la acción estática o “estabilizadora”, la cual es de gran importancia para la fijación de la visión sobre el objeto deseado dándole a este claridad y definición a lo que estamos viendo.

El ojo tiene la capacidad de rotar en los tres planos del espacio, alrededor de tres ejes primarios. El rango de movimiento se encuentra limitado a los 55° en sentido horizontal y 45° en vertical, los movimientos pueden ser monoculares o binoculares.

Ducciones: Se denomina así a los movimientos que pueden realizarse alrededor de los tres ejes, la rotación del ojo hacia arriba se denomina “supraducción” y la rotación hacia abajo se denomina “infraducción”. Estos movimientos se realizan alrededor del eje horizontal “X”.

La rotación hacia adentro se denomina “aducción” y la rotación hacia afuera “abducción”, estos dos últimos sobre un eje vertical “Y”.

Cicloducción: Estos movimientos se realizan alrededor del eje anteroposterior “Z” que pasa por el centro de la pupila, es un movimiento esencial para tener referencias espaciales correctas (ver imagen 5).

Este movimiento también llamado torsión, es de muy difícil apreciación ya que el espacio blanco del ojo, la esclerótica, no permite apreciar ni muestra cambios durante el mismo.

Cuando la parte superior del ojo gira hacia medial, se denomina “incicloducción” o “intorsión” según diferentes autores. Cuando la parte superior del ojo gira hacia lateral, el movimiento se denomina “excicloducción” o “extorsión”.

Diferentes autores atribuyen a los músculos oblicuos un rol principal de torsión-cicloducción, pero la posición previa del globo ocular y la acción del resto de los MEO pueden determinar una acción principal diferente; podríamos decir que los músculos oblicuos superior e inferior aumentan su eficacia sobre los movimientos verticales (infraducción y supraducción) cuando el ojo se sitúa en la zona nasal (aducción), en esta zona el eje óptico se alinea con el cuerpo del musculo. Y cuando el ojo se mueve en la zona temporal (abducción), su acción pierde eficacia sobre los movimientos verticales. Y aumentara su eficacia sobre las acciones secundarias de cicloducción y abducción.(2)

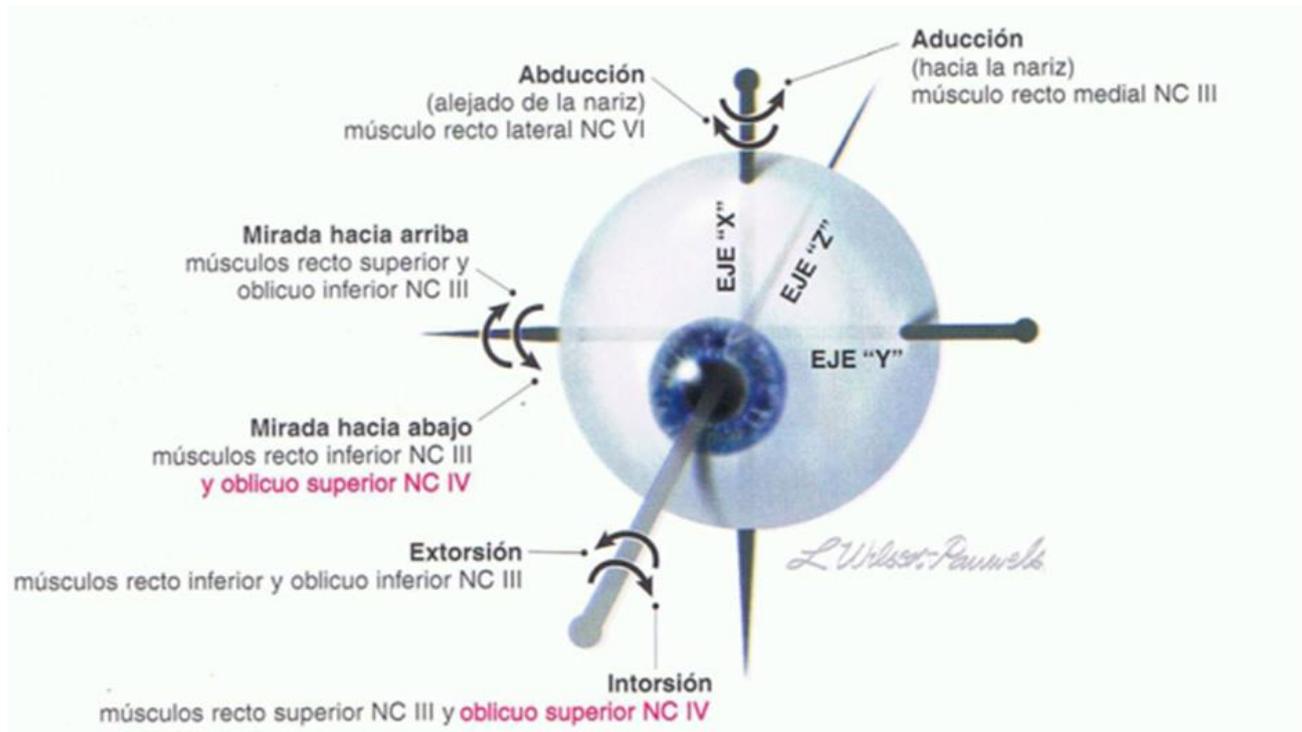


Figura 5. Esquema de los ejes de movimiento del globo ocular. Los ejes se disponen de la siguiente manera: horizontal "X", un eje vertical "Y" y un eje anteroposterior "Z". (Perea J. Estrabismo, 2008)

Autores como Souchard utilizaron los términos de antagonismo-complementariedad para describir y comprender la relación biomecánica entre rectos verticales y oblicuos. Describiendo que una acción muscular se facilita o dificulta por la posición del globo ocular con respecto al musculo, ósea entre la relación entre el eje óptico y el eje muscular.(3)

La acción vertical del globo ocular se puede resumir en que los músculos rectos superior e inferior son más eficaces para subir o bajar la mirada cuando el movimiento tiene un componente de abducción (hacia temporal), esto permite que el eje óptico y su vector de fuerza muscular se alineen y de esta manera hacer su acción vertical más eficaz.

Los músculos oblicuos serán más eficaces para subir o bajar la mirada cuando el movimiento tenga un componente de aducción (nasal). El oblicuo superior baja el ojo hacia dentro, y el oblicuo inferior sube el ojo hacia dentro. Al situarse en aducción, la alineación del eje óptico con el vector de fuerza muscular, hacen su acción vertical más eficaz (Figura 6).

El musculo recto superior y el musculo oblicuo inferior supraducen el ojo, pero al mismo tiempo, ambos son antagonistas en la aducción-abducción y en la cicloducción. Por tanto, son antagonistas en dos fisiologías y complementarios en otra. El musculo recto superior se responsabilizará de la acción vertical cuando el ojo vaya hacia arriba y a la zona temporal, y el oblicuo inferior cuando el ojo vaya hacia arriba y a la zona nasal. Por tanto, el musculo recto superior llevara el ojo hacia arriba y hacia afuera mientras el oblicuo inferior llevara hacia arriba y hacia dentro (Figura 7).

Por su parte, el musculo recto inferior y el musculo oblicuo superior infraducen el ojo en posición centrada, pero al mismo tiempo son antagonistas en la aducción-abducción y en la cicloducción. Ambos son antagonistas y complementarios a la vez, según el movimiento del que estemos nombrando.

No hay antagonismos puros, ya que no se puede oponer un musculo a otro en los tres planos del espacio, en sus tres fisiologías. Siempre habrá antagonismo en una fisiología y complementariedad en otra.(2)

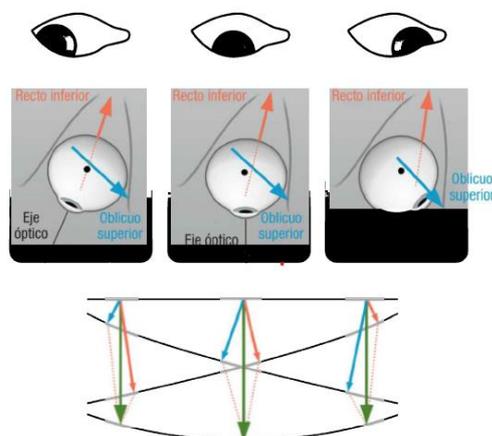


Figura 6. Esquemas de la distribución de la acción vertical entre los rectos inferiores y los oblicuos superiores. Podemos observar que, en la acción de bajar el ojo en una posición de abducción, el vector del recto inferior se alinea con el eje óptico, lo que incrementa su acción vertical. Ocurre al contrario con el oblicuo superior, que aumenta su acción de bajar la mirada si el ojo se encuentra en aducción. En una posición primaria, ambos músculos comparten la responsabilidad de la aducción, pero el recto inferior es el principal, ya que actúa en una mayor amplitud de grados.

(Pastor Pons I. 2019)

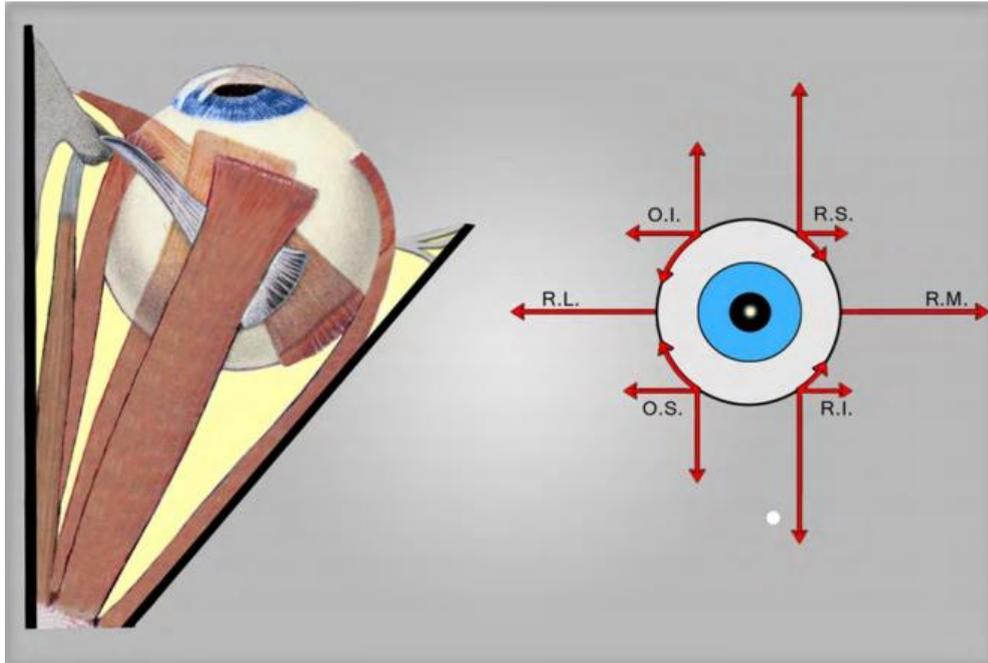


Figura 7. El dibujo de la derecha representa el ojo derecho de un individuo visto de frente por su explorador, con las acciones de los diferentes músculos. (Perea J. Estrabismo,2008).

En un movimiento oblicuo, el ojo elige la ruta de Listing. La ley de Listing define que, para ir de una posición primaria a una terciaria, el ojo usa la ruta más corta siguiendo el principio de mínimo esfuerzo, girando alrededor de un eje perpendicular al plano que contiene el punto inicial y final.

Esta ley establece que, cuando la cabeza está fijada, hay una posición llamada posición primaria, en la cual el ojo asume solo orientaciones que pueden alcanzar desde la posición primaria mediante una rotación simple sobre un eje en un plano llamado plano de Listing.

La ley de Listing está presente durante la fijación, los movimientos sacádicos, el seguimiento suave y los movimientos de vergencia, pero no durante el sueño o durante el reflejo vestibuloocular.

4.5| NEUROFISIOLOGÍA DEL SISTEMA NEUROVEGETATIVO

El nervio craneal u oculomotor común tiene su componente somático al inervar a cuatro de los seis MEO, pero su componente motor visceral inerva a nivel parasimpático varios de los músculos intrínsecos del ojo, como el constrictor de la pupila, y el músculo ciliar. El músculo elevador del párpado se activa junto con el músculo recto superior y también es inervado por el III nervio craneal.

El núcleo oculomotor se encuentra en el mesencéfalo a nivel de los colículos superior, y como los otros núcleos oculomotores, se encuentra cerca de la línea media junto a una gran vía de comunicación del tronco cerebral que es el fascículo longitudinal medial.

La inervación parasimpática del ojo que viaja por este nervio tiene su origen en el núcleo de Edinger-Westphal, que se encuentra en el mesencéfalo, posterior a la porción anterior del núcleo oculomotor (Figura 8). Los axones parasimpáticos llegan hasta el ganglio ciliar, que es un pequeño cuerpo aplanado que está ubicado lateralmente al nervio óptico dentro de la órbita.

Estas estructuras participan de forma coordinada, ya que tanto la función parasimpática de la acomodación, así como la musculatura necesaria para el seguimiento y enfoque de un objeto que se aproxima viajan a través del mismo par craneal. La acomodación ira acompañada de la contracción de los músculos rectos internos.(3)

Así como la inervación parasimpática que proviene del núcleo de Edinger-Westphal utilizando al III nervio craneal para llegar al ojo, la inervación simpática tiene su propio y particular camino.

El centro medular de la vía simpática es el centro cilioespinal de Budge, o centro vegetativo craneofacial. Este centro se sitúa entre el sexto nivel cervical y el segundo nivel dorsal. Las raíces anteriores de los nervios raquídeos C7-C8 y C8-D1 permiten las salidas de las primeras neuronas para llegar al ganglio

cervical inferior o estrellado. Este se encuentra por delante de la apófisis transversa de la séptima vértebra cervical y la primera costilla.

Desde ahí, las neuronas tienen relevos en el ganglio cervical superior (C2). Desde este último ganglio salen las neuronas que forman el plexo carotideo que rodea la carótida primitiva como una malla. También rodea las arterias carótidas interna y externa.

Las fibras simpáticas alcanzan al músculo dilatador de la pupila y provocan la midriasis cuando hay poca luz o frente a ciertos estímulos. Las fibras simpáticas también inervan músculos lisos en los párpados, por lo que una parálisis provocaría una ligera ptosis.

La influencia del tratamiento sobre el raquis cervical inferior resulta fundamental para modular la influencia del sistema ortosimpático en el cráneo.(4)

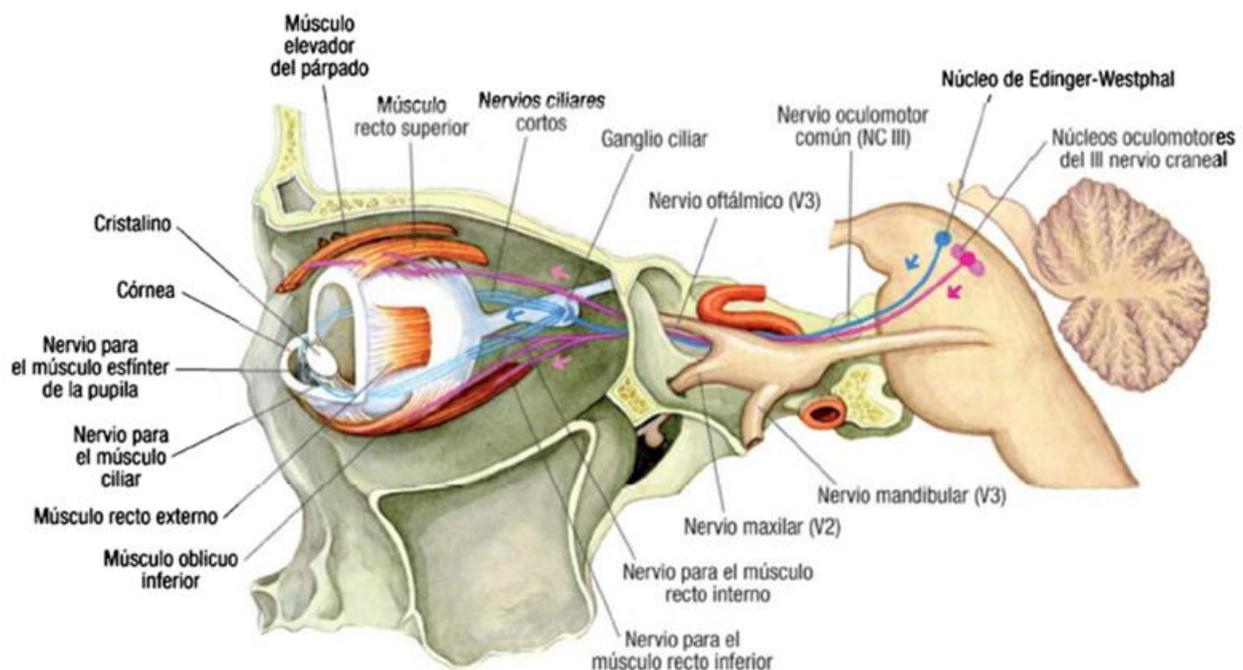


Figura 8. Núcleos de los nervios oculomotores. (Pastor Pons I. 2019)

4.6| LEY DE HERING, CORRESPONDENCIA MOTORA BINOCULAR

La ley de Hering de igual inervación se utiliza para explicar la conjugación del movimiento ocular sacádico en animales estereópticos. La ley propone que la conjugación de movimientos sacádicos se debe a conexiones innatas en las que los músculos oculares responsables de los movimientos de cada ojo están inervados por igual. La ley también establece que los movimientos oculares monoculares aparentes son en realidad la suma de la versión conjugada y los movimientos oculares disyuntivos (o vergencia). La ley fue propuesta por Ewald Hering en el siglo XIX, aunque los principios subyacentes de la ley se remontan considerablemente. Aristóteles había comentado este fenómeno y Ptolomeo propuso una teoría de por qué tal ley fisiológica podría ser útil.

Se indicó claramente por primera vez por Alhacen en su libro de Óptica (1921). Representación de predicciones para reformar el estímulo de Muller con ojos que se mueven de forma independiente o que siguen la ley de Hering de igual inervación. La ley de Hering de igual inervación se comprende mejor con el estímulo de Müller, en el que un observador vuelve a surcar un punto que se movió en un solo ojo. La forma de reajustar con el menor esfuerzo es mover solo el ojo desalineado. En cambio, la ley de Hering predice que debido a que ambos ojos deben moverse en cantidades iguales, se requiere una combinación de movimientos oculares conjuntivos y disyuntivos para volver a surcar el punto objetivo. Yarbus demostró experimentalmente que los movimientos de los ojos binoculares están compuestos principalmente por combinaciones de movimientos sacádicos y vergencia. Sin embargo, ahora se sabe que también ocurren claras desviaciones de la ley de Hering.

Esta teoría contrasta con la propuesta por Von Helmholtz, que afirma que la conjugación es una respuesta aprendida y coordinada y que los movimientos de los ojos se controlan individualmente. Hoy en día, el punto de vista de Helmholtz a menudo se caricaturiza como un control de los ojos independiente, parecido a un camaleón, aunque Helmholtz nunca defendió esa teoría. Su desacuerdo se refería al aspecto innato versus aprendido de los movimientos oculares

coordinados binocularmente. Los argumentos de Helmholtz estaban relacionados principalmente con la ley de Listing y pueden simplificarse como el hecho de que existen posiciones de los ojos donde los músculos tendrán diferentes efectos en los dos ojos.

Por lo tanto, la ley de Hering, en su formulación original, simplemente no puede ser correcta, ya que conduciría a situaciones en las que los ojos se moverían en diferentes cantidades, algo en lo que ambos estuvieron de acuerdo nunca sucede. Hering modificó posteriormente su ley para establecer que los ojos se comportan como si recibieran la misma inervación.

Simplificando literariamente su escrito la Ley de Hering, puede enunciarse así: “Cuando un músculo realiza un movimiento en determinada dirección, el impulso nervioso que el cerebro manda a este músculo es igual al que envía al músculo sinergista del otro ojo”. Se cree que más que de inervación igual, debe hablarse de “igualdad de acción”. Algunos autores la citan diciendo: “Los elementos musculares sinérgicos reciben una cantidad de impulso nervioso adaptado, permitiendo a los dos ojos tener una rotación igual.

Los dos ojos se comportan en lo que atañe a su movimiento al servicio del sentido visual como un órgano simple. Frente a la voluntad motora, es indiferente que este órgano consista en realidad en dos miembros separados; esta voluntad no tiene necesidad alguna de mover y dirigir esos dos miembros por separado pues el mismo impulso de voluntad domina simultáneamente ambos ojos, exactamente como si se tratara de manejar una yunta de caballos con rienda simple”.

Simplificando literariamente su escrito la Ley de Hering, puede enunciarse así: Cuando un músculo realiza un movimiento en determinada dirección, el impulso nervioso que el cerebro manda a este músculo es igual al que envía al músculo sinergista del otro ojo.

Aunque se cree que más que de inervación igual, debe hablarse de “igualdad de acción”. En fisiología motora, hay que diferenciar dos hechos: una cosa es realizar rotación similar en ambos ojos, y otra que los acoples sinérgicos reciban

la misma inervación. Todo el edificio se desmonta por sí solo desde el momento en el que se conoce que el recto medio, debido a la posición anatómica de reposo absoluto en ligera divergencia, tiene que hacer mayor esfuerzo para vencer la resistencia viscoelástica y, por ello, recibir más impulso nervioso para conseguir el mismo resultado que el recto lateral. Este hecho contradice la Ley de Hering. Sería más razonable decir “Los elementos musculares sinérgicos reciben una cantidad de impulso nervioso adaptado, permitiendo a los dos ojos tener una rotación igual”.(2)

4.7| SISTEMA FASCIAL ORBITARIO

El sistema fascial orbitario es de origen mesenquimatoso, de gran densidad y rico en tejido conjuntivo, es una continuación del sistema membranoso fascial intracraneal llamado duramadre.

Dentro de la órbita se compone de tres estructuras bien definidas, la capsula de Tenon, las envolturas que posee cada uno de los músculos extraoculares e intra orbitarios y las prolongaciones hacia las paredes de la órbita.

Y se prolonga fuera de la cavidad orbitaria continuando como sistema fascial extracraneal, lo cual permite a las tensiones mecánicas fasciales exteriores llegar alcanzar al ojo. Así mismo entre las fascias de la órbita y el sistema fascial del sistema nervioso.

La cápsula de Tenon es una membrana conjuntiva esclerótica del ojo, es llamada también aponeurosis orbitaria. Separa al globo ocular de la parte posterior de la órbita y es atravesada por todos los paquetes vasculonerviosos y músculos extraoculares (MEO) que se dirigen al ojo.

Esta aponeurosis tiene prolongaciones a los MEO y a las paredes de la órbita con funciones mecánicas de las mismas.(5)

El recubrimiento fascial de la órbita o periostio orbitario es una membrana fibroelástica que tapiza las paredes internas óseas, es fina y muy resistente.

Esta membrana, llamada periórbita, aunque puede separarse fácilmente de las paredes, se adhiere, no obstante, con fuerza a las diferentes suturas de la cavidad orbitaria. La periórbita prolonga, sin solución de continuidad, la hoja parietal (o externa) de la duramadre craneal a partir de sus emergencias del agujero óptico y de la hendidura esfenoidal.

Está reforzada por un pequeñísimo músculo liso, el músculo orbitario de Müller, que se inserta cerca de la hendidura esfenomaxilar y se pierde en ésta. El músculo de Müller parece funcionar como un tensor de la periórbita, y es innervado por algunas fibras parasimpáticas procedentes del ganglio esfenopalatino. El periostio periorbitario se prolonga por el periostio del conducto lagrimal, por el periostio de los huesos de la cara, después de haber dado inserción al septo palpebral, elemento fibroso que participa en la constitución de los párpados. En el fondo de la órbita se engrosa y forma el tendón de Zinn, en el que se insertan la mayoría de los músculos oculomotores. El tendón de Zinn es un engrosamiento del periostio orbitario. Se fija sobre el tubérculo subóptico, situado en la cara lateral del cuerpo del esfenoides, por debajo y ligeramente hacia delante del agujero óptico, dicho tendón se extiende y se divide en cuatro lengüetas, dispuestas en ángulo recto, de las que nacen los cuatro músculos rectos.

Por otro lado, dicha periórbita envía prolongaciones fibrosas a los otros orificios de la órbita, ya que: no sólo se invagina en los agujeros etmoidofrontales, acompañando al paquete vasculonervioso que pasa por ahí, y se hunde en la duramadre adyacente de la hoja cribosa del etmoides, sino que también envía, al nivel de la hendidura esfenomaxilar, una expansión hacia la fosa pterigopalatina, que va a envolver el nervio maxilar superior (ramo medio del trigémino) en su trayecto, y mezclar sus fibras con el tejido celulo-graso que rodea el ganglio esfenopalatino.

La periórbita forma parte de la capa profunda de las fascias, puesto que no es más que la prolongación de la hoja parietal de la duramadre de la fosa cerebral media, y que se prolonga por el periostio de los huesos de la cara (formando parte ella misma de las fascias profundas). Esta membrana sufrirá por lo tanto las tensiones procedentes de las fascias externas del cráneo o de las

membranas intracraneales, por medio de sus sólidas inserciones a las suturas. Por consiguiente, en caso de lesión de la órbita, su movilidad MRP podrá ser alterada. La tensión del periostio periorbital está bajo control del músculo de Müller, a su vez dependiente de la innervación parasimpática procedente del ganglio esfenopalatino. En esas condiciones, es posible considerar las repercusiones sobre el sistema membranoso periorcular de una lesión de la fosa pterigopalatina con sus incidencias sobre el ganglio que contiene.

La periórbita, que da inserción a los músculos oculomotores, a las vainas aponeuróticas de esos músculos y a los septos orbitales (ligamentos anchos de los párpados), podrá pues determinar disfunciones de esos diferentes elementos.

La hoja parietal de la duramadre, una vez ha pasado por el agujero óptico y la hendidura esfenoidal, se extiende sobre la órbita, se adhiere a las suturas y constituye la periórbita. Ésta se engrosa en determinados niveles para dar nacimiento a las vainas de los músculos motores del ojo.

La hoja visceral constituye, a partir del conducto óptico, la vaina del nervio óptico, que se continúa sin demarcación con la esclerótica del ojo, después de haber dado nacimiento a la cápsula de Tenon al nivel de la cisura escleroóptica. Las prolongaciones de esas dos hojas van a fusionarse en la parte anterior de la cápsula de Tenon y a participar en la constitución de los alerones musculares, que a su vez se insertarán en el reborde óseo y se continuarán por el periostio de la cara. A continuación, el periostio dará nacimiento a las aponeurosis maseterinas, temporales, buccinadoras, etc.; Por delante de la órbita, este sistema fascial está unido a la conjuntiva ocular, mucosa blanda perteneciente también a las fascias (Figura 9).

Así pues, la cavidad orbitaria es un lugar privilegiado debido a que en su seno se organiza: una emergencia de la duramadre; una gran reunión de fascias de diferentes tipos y niveles, una importante relación fluídica entre la sangre, la linfa, el humor acuoso y el líquido cefalorraquídeo. Así pues, el mecanismo de respiración primaria será especialmente importante al nivel de la órbita y de su contenido, donde las tensiones membranosas se reflejarán de inmediato y podrán afectar más o menos la visión.(4)



Figura 9. Esquema de la capsula de Tenon y del sistema fascial orbitario. (Pastor Pons I. 2019)

4.8| FISIOPATOLOGÍA DEL SISTEMA OCULOMOTOR

La fisiopatología del sistema oculomotor es básicamente la descripción de los mecanismos que alteran el equilibrio de tensión reciproca entre los músculos extraoculares y de sus inconvenientes en la funcionabilidad de este equilibrio, todo lo cual dificulta una visión estable, única, clara comfortable y eficaz. El origen del problema puede ser estructural sensorial o motor, pero tal como ocurre en el resto del cuerpo los desequilibrios musculares entre antagonistas y agonistas se encuentran detrás de la mayor parte de las patologías musculoesqueléticas. En este sentido la propiocepción y el equilibrio tónico-muscular son los agentes que determinan en ultimo termino la posición de los ojos, sus movimientos coordinados y un comportamiento visomotor preciso. (2)

Los ojos pueden coordinarse erróneamente debido a una lesión neurológica central, como en un traumatismo cráneo cefálico, pero también pueden alterar su posición reciproca por otros motivos, como una lesión periférica que produzca paresia o una parálisis de alguno de los MEO. De otra manera más sutil,

variaciones tónicas de los MEO a partir de disfunciones cervicales o bucales también pueden producir alteraciones en el sistema oculomotor y en la función visual.

El equilibrio tónico de la musculatura extraocular determina el primer factor de la fisiopatología. Cada globo ocular es sostenido en el espacio por seis músculos extraoculares. El adecuado equilibrio funcional de este grupo de músculos depende de las capacidades dinámicas y estáticas de estos: capacidades dinámicas para mirar en una dirección concreta o seguir un objetivo y capacidades estáticas para mantener la mirada fija en un objetivo; dinámicas para permitir que los músculos se contraigan con la fuerza y la velocidad adecuada, y bien coordinados entre ellos, y estáticas para que ningún estado de hipertonía o de retracción en un músculo impida a su músculo antagonista contraerse con la fuerza y la velocidad adecuadas. La coordinación intermuscular no depende solo de la contracción en armonía de los músculos sinérgicos, sino también de que los músculos antagonistas permitan el movimiento. Por ejemplo, para que un ojo se mueva hacia arriba y hacia afuera es necesaria la coordinación sinérgica del recto externo y del recto superior, pero al mismo tiempo la acción no será posible si el recto interno o el recto inferior se encuentran en un estado de retracción o de hipertonía por el que ofrecerían un freno mayor del normal a sus antagonistas.(2)

La fisiología estática depende del tono muscular, y el tono muscular es una actividad vital de baja intensidad, tensión pasiva y resistencia al estiramiento que contribuye de forma importante a mantener la posición recíproca de los ojos.

Esta actividad es una característica de los músculos estriados, todos los músculos tienen tono, pero este se encuentra más desarrollado en los músculos con una función anti gravitatoria de extensión o de suspensión y en los músculos de sistema de tensión recíproca. El tono es evaluable por la resistencia que ofrecen los músculos a un estiramiento continuo pasivo. Está formado por dos componentes: un componente activo consecuencia de una contracción muscular de “base” comandada por el sistema nervioso central (SNC), y un componente

pasivo que persiste tras la sección del nervio muscular y que representa las propiedades fibroelásticas de tejido muscular.

La hipertonia muscular puede aumentar la resistencia de un MEO a ser estirado y frente a al aumento de la resistencia, el musculo agonista aumentaría el pulso de inervación, y según la ley de Hering el pulso también aumentaría en el ojo sano desviándolo y desalineando los ejes visuales; la desregulación tónica puede estar en relación con la alteración de los reflejos vestibulos oculares , lo que justificaría las notables alteraciones visuales y oculomotoras en situaciones de dolor de cuello de origen traumático. Cambio en la oclusión dental ha demostrado modificar tanto los movimientos oculares como la estabilidad postural. El mecanismo por el cual el sistema estonogmatico se influencia recíprocamente con el sistema oculomotor, recae posiblemente en la influencia del sistema trigéminial sobre el tono de los MEO y a través de conexiones en el tronco cerebral. Probablemente factores de desregulación tónica o neuro-mecánicos sean responsables de disfunción de la visión binocular, como forias descompensadas o sintomáticas, así como dificultades en la movilidad de los ojos.(3)

Heteroforias y Estrabismo

La posición de reposo fisiológico es la posición de los ojos cuando todos los estímulos exógenos de vergencia, disparidad retiniana, convergencia proximal y acomodativa son minimizados. Si se elimina el aspecto fusional, esto es si los dos ojos no tienen que estar dirigidos al mismo punto para tener una imagen única (disociación), como por ejemplo al cerrar los ojos, la posición de estos estará determinada por el equilibrio tónico de la musculatura ocular o vergencia tónica. Esta inervación tónica viene de distintas fuentes: el sistema vestibular, los impulsos propioceptivos que llegan desde los músculos del cuerpo, especialmente desde el cuello, la retina tras la iluminación de parte del campo visual, y de centros superiores como la formación reticular mesencefálica.

Cuando conseguimos disociar los ojos, procurando una situación en la que no tenga la obligación de mirar al mismo punto para ofrecer al cerebro una imagen única, como por ejemplo al ocluir (tapar) un ojo, entonces será el nivel

de tensión tónica de la musculatura lo que determinara la posición del ojo en el espacio. Dicho de otra manera, entre los seis MEO el más fuerte se llevará el globo ocular en su dirección de acción mecánica. Esta posición “disociada” será diferente a la posición “activa”, en la que la finalidad es conciliar las imágenes, ya que la prioridad sensorial es prioridad.(3)

La desviación de la posición activa cuando los ojos están disociados se llama “heteroforia” o simplemente “foria”, y está presente en casi toda la población. Unos pocos no muestran diferencia entre la posición activa y la posición disociada, y se los denominan “ortofóricos”. Por lo que podríamos decir que la heteroforia es una desviación latente, salvada por las necesidades sensoriales. Esto significa que, frente a una necesidad funcional, el sistema realiza un esfuerzo para evitar esa tendencia a la desviación. La tendencia a la desviación puede ser en cualquier dirección y está en función de los MEO con más tono.

Los ojos también pueden estar desviados incluso cuando no hay elemento disociador; esta desviación más permanente se llama “heterotropia” o “estrabismo”. En este caso y por diferentes causas las necesidades sensoriales no son suficientes para que los ejes visuales puedan alinearse hacia un mismo punto. La hegemonía de la visión única parece haberse roto. El sistema presenta una alteración suficientemente grande para no poder cumplir su primera prioridad: la función sensorial.(2)

El estrabismo es claramente una disfunción, y los síntomas principales derivados de la alineación incorrecta de los ejes visuales son la diplopía, la confusión y la supresión según el momento de aparición. En cambio, la foria no implica siempre una situación disfuncional. De hecho, es comprensible que, si los ojos tienen una posición de reposo fisiológico en ligera divergencia, de forma coherente con la forma de la órbita, estemos ante una foria o heteroforia divergente, también llamada “exoforia”. Esta exoforia puede ser fisiológica si su valor no supera aproximadamente las seis dioptrías prismáticas (Dp) en visión cercana y las dos Dp en visión lejana, según diferentes autores. Las forias verticales supondrán siempre un hallazgo patológico incluso por debajo de las 5DP, afectando claramente a la estabilidad del sujeto o a la sintomatología

craneal, como la cefalea; y es necesario tratarlas si esta descompensada, es decir si da síntomas de astenopia, afecta la lectura, afecta a la postura o el equilibrio, incluso una heteroforia puede en ciertos casos preceder al estrabismo, que puede llegar en algún periodo de estrés o al acabar el día, por cansancio.(2)

Tanto las heteroforias como las heterotropias pueden clasificarse según diferentes parámetros, como la dirección de la desviación o por su relación con la acomodación.

La Carta Maddox, o tablas de Thorington que junto a la varilla de Maddox es el material necesario para evaluar las desviaciones oculares latentes tanto de cerca como de lejos. A este procedimiento se le llama Método de Thorington. Consiste en una carta diseñada para evaluar las forias en visión lejana (3 m) y otra para visión cercana (40 cm), con un pequeño agujero en el centro de coordenadas donde situaremos la linterna (Figura 10).

Cuenta con una escala impresa que expresa la cantidad de desviación prismática que tiene el sujeto. En el ojo derecho del paciente compensado se coloca una varilla de Maddox en horizontal (da igual el color, aunque con el rojo es más fácil identificar el reflejo), de tal forma que la línea vertical que aprecia, la percibe sobre uno de los puntos impresos en la tarjeta, lo que nos indicará la magnitud y la dirección de la desviación. Con la varilla de Maddox en vertical evaluaremos las forias verticales.

Hay varios estudios que determinan que este método tiene una muy buena repetitividad para evaluar las forias. Es muy sencillo de hacer y evaluar en menos de un minuto la desviación que presenta el sujeto y las complicaciones que pueda darnos en la adaptación a la nueva refracción.(6)

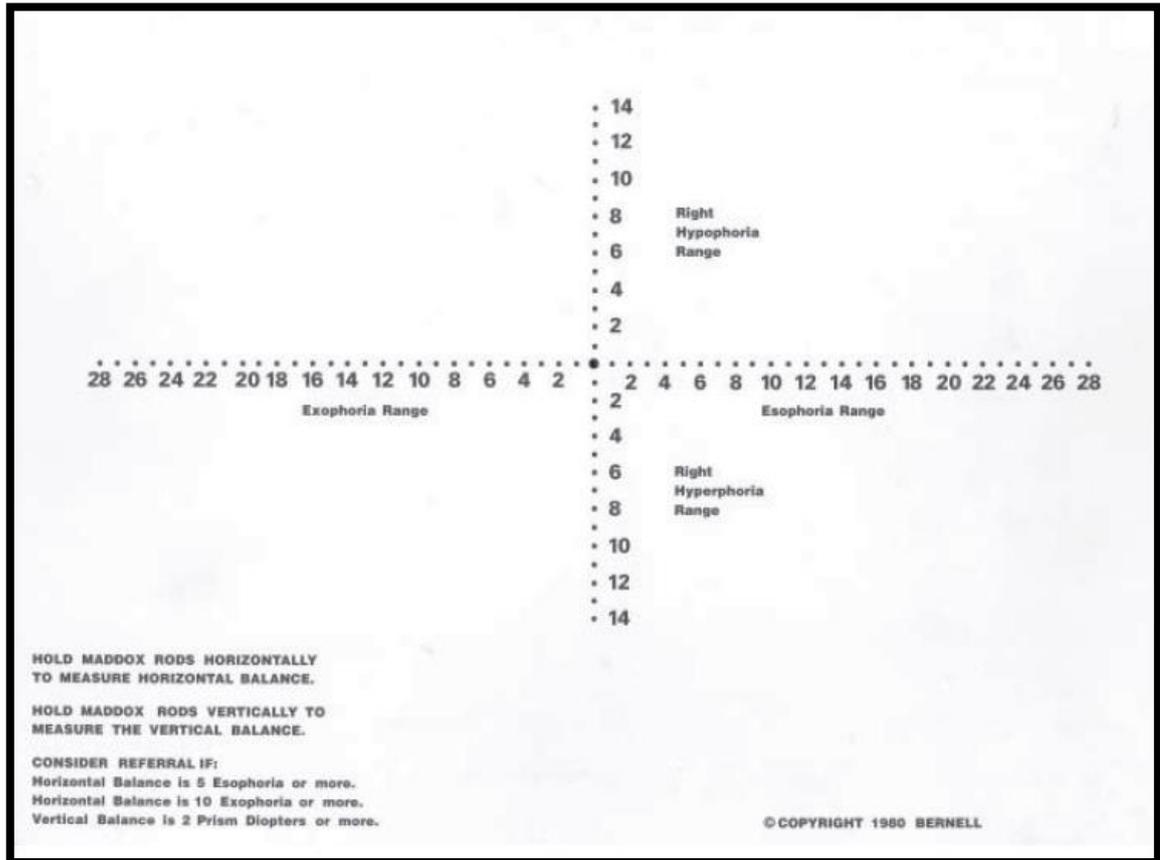


Figura 10. Tarjeta de desequilibrio muscular de Bernell, y ocluser con los que se realizó la prueba d Thorington modificada. (Goss D. 2010)

5| DISEÑO METODOLÓGICO

Para lograr la siguiente revisión se han seleccionado diversos parámetros de búsqueda que permitan dar con artículos de valor clínico y aplicación kinésica.

Se realizó una búsqueda bibliográfica en Pubmed, con la finalidad de encontrar trabajos de investigación referidos a la musculatura extraocular y sus características neuro fisiológicas. Se obtuvieron 33 trabajos como resultado de la primera búsqueda. Se utilizaron los siguientes términos mesh: “connective tissue”; “extraocular muscles”; “eye movements”; “pulleys”.

Por último, del análisis de los diferentes artículos, se realizó una selección de los autores más citados en las referencias bibliográficas, como referentes en el tema y por el valor científico que sus investigaciones les brindaron a nuevos trabajos, lo cual arrojó un total de 15 artículos adicionales.

Como criterios de inclusión, se tuvo en cuenta todo tipo de artículos en inglés o español publicados en los últimos 20 años. Se priorizó la relevancia del artículo y los aportes realizados por sobre la antigüedad de este.

Sobre Terapia manual se consultaron los libros: Osteopatía y Oftalmología, Busquet Léopold, Gabarel Bernard, Editorial Paidotribo, 2008; Las cadenas fisiológicas Tomo V: Tratamiento del cráneo, Busquet L., Editorial Paidotribo, 2010; Terapia manual en el sistema oculomotor, Pastor Pons Iñaki 2ºed. Elsevier, España 2019; Terapias Miofasciales: Inducción Miofascial, Pilat Andrzej, McGraw-Hill Interamericana de España, 2003. Teniendo en cuenta el prestigio y renombre de los autores a nivel mundial.

Como criterio de exclusión, Se desestimaron 26 artículos por aportar resultados ambiguos o incompletos, “abstract” o en los cuales se haya tenido acceso parcial a su texto; irrelevantes acerca del tema, así como también aquellos que no cumplieren con los objetivos o se delimitaran a patologías con lesión de origen en el SNC. Como resultado final, la muestra quedó conformada por 22 artículos finales.

6| RESULTADOS

6.1| ACTUALIZACIONES ANATÓMICAS DE LOS MEO

Los MEO poseen dos laminas, una lámina global que discurre junto al globo ocular y una lámina orbital, que va por encima al globo la cual tiene posteriormente una inserción en la órbita, cuya estructura ha sido denominada “polea”.(7)

Estas conexiones fueron denominadas “faisseaux tendineux” por Tenon en 1816 y en la actualidad se las nombra como “bandas de poleas” o “poleas activas” por Demer.(8)

La posición relativamente fija de los MEO ante una trasposición de sus inserciones quirúrgicamente, brindó un primer llamado de atención ante una continua postura mantenida, debido a sus inserciones aponeuróticas en las paredes de la órbita.(9)

Estudios con resonancia magnética, han permitido distinguir fundas fibroelásticas que envuelven los MEO, llamadas “poleas”, estos estudios aportaron gracias a su alta resolución en la actualidad, la posibilidad de conocer detalles de las diferentes estructuras dentro de la órbita y el comportamiento activo de los MEO. (10)

Las poleas actúan como orígenes mecánicos para los MEO en la parte anterior de la órbita, compuestos por denso colágeno que los envuelven y fijan a la órbita, las cuales podrían ser especializaciones de la capsula de Tenon, se localizan aproximadamente en el ecuador del globo ocular y se encuentran suspendidas del periostio de la órbita por extensiones musculares y tejido conjuntivo (2) y a su vez se encuentran conectada en las zonas donde son más próximas entre sí. (11)

El musculo liso se encuentra muy presente en estas aponeurosis (5), si bien su papel es objeto de estudio aun, lleva a los investigadores a creer que las poleas tienen un rol activo con inervación especializada. La capacidad de contracción celular activa que puede aumentar la rigidez de los tejidos fasciales, la cual podría contribuir a la dinámica musculoesquelética, tales contracciones celulares podrían afectar la coordinación moto-neuronal. Además, en un período

de tiempo de días a meses, esta actividad celular puede inducir contracturas tisulares graves y a largo plazo.(12)

Si los músculos recorrieran directamente desde el tendón de Zinn hasta la esclera, sufrirían modificaciones en la posición, según su acción en las diferentes posiciones del globo ocular. La disposición de 23 grados de las orbitas y la alineación paralela de los ejes visuales, podrían generar que cualquier movimiento del globo ocular cambiaría la acción mecánica de los MEO de no ser por la presencia de estas poleas anatómicas.(3)

Estas poleas aparentan tener dos funciones principales (ver imagen 11), la primera mantener estable los ejes de acción de movimiento de los MEO cuando los ojos realizan los diferentes movimientos, y segundo impedir que el globo ocular genere un retroceso ante la contracción múltiple de los diferentes MEO. (13)

En los MEO podemos describir dos tipos de función estática. Una la ligada al carácter individual de cada musculo y otra función estática conjunta que requiere coordinación sinérgica del grupo muscular; cuando todo el grupo de los rectos tira en forma conjunta el globo ocular hacia fondo de la órbita, en una acción constante, independiente de la coordinación intermuscular. Esta acción de retrusión del globo es frenada o compensada por las inserciones fasciales que fijan al globo ocular a los márgenes de la órbita.(14)

La contracción de los músculos rectos en su acción más pura busca acercar los dos puntos de inserción, en el caso del ojo cada contracción le aplicaría una fuerza que lo haría retroceder ya que no hay ninguna estructura firme que lo frene ante esa fuerza de retroceso. Frente a esta situación mecánica es clara la función de dichas poleas para limitar la amplitud del movimiento ocular. (14)

Las poleas ofrecen puntos de inflexión al recorrido de los MEO y por tanto sirven como punto de inserción funcional para cada musculo (8), y a la vez, sirven como freno o ligamento de contención del mismo lado del movimiento.

De todos los MEO, los rectos superior e inferior son los que tienen sus poleas menos fijadas a la órbita, mientras que los rectos internos y externos son en los que se observó sus poleas más fijadas y en cuales este tejido conectivo podría presentar mayor alteración o generar algún tipo de disfunción.(5)

En los ojos, los tipos de fibras y de unidades motoras son diferentes a las

del resto de los músculos esqueléticos, pero es indudable que la función por excelencia de la musculatura extraocular es la capacidad de mantener la mirada fija o estabilizada en un punto. Para este fin, el sistema propioceptivo resulta determinante para que sea posible estabilizar la mirada de forma económica.

Mientras que los MEO se encuentran entre los músculos más rápidos de los mamíferos, también poseen fibras lentas, non-twitch fiber, características filogenéticamente de los anfibios, además de otros rasgos más típicamente asociados al músculo cardíaco o al músculo esquelético embrionario. Estos datos nos demuestran una estructura muscular tan compleja, que requiere un exhaustivo análisis de la función de los MEO, tanto en un sistema sano como en uno alterado.

Las fibras musculares extraoculares de los vertebrados se pueden clasificar en dos categorías: fibras de innervación única (SIF) y fibras de innervación múltiple (MIF). Las motoneuronas de los SIF se encuentran dentro del núcleo oculomotor, troclear y abducens, mientras que las motoneuronas de los MIF aparecen en subgrupos separados en la periferia de los límites de los núcleos clásicos. Se identificaron las motoneuronas SIF y MIF de los músculos extraoculares mediante inyecciones de trazadores en el abdomen o en la unión miotendinosa distal del músculo recto medial o lateral.(15)

Aunque los MEO se encuentran entre los músculos más complejos en términos de estructura y composición, sus propiedades funcionales a nivel celular siguen siendo una de las áreas menos estudiadas de la fisiología muscular. El conocimiento de las propiedades estructurales y funcionales de las MEO es vital para el desarrollo de tratamientos para los trastornos del movimiento ocular (16).

En otros estudios se demostró que las características contráctiles de las fibras individuales son diferentes para los músculos esqueléticos extraoculares, faciales y de las extremidades en humanos. Esto indica que existen diferencias específicas en la composición de las fibras y la función contráctil de estos distintos grupos de músculos, que reflejan requisitos funcionales específicos.(17)

Hay ciertas características que diferencian a las fibras de los MEO de las fibras presentes en el resto del cuerpo. Unas de innervación simple (SIF) similar a los tipos típicos de fibras encontradas en mamíferos, y otras de innervación

múltiple (MIF) con características morfológicas parecidas a las fibras tónicas de los anfibios. Pero incluso las (SIF) poseen características de activación contráctil diferentes a las del resto del cuerpo. (17)

En el cerebro del hombre las señales propioceptivas de los músculos oculares proporcionan información aparentemente utilizada en las funciones sensitivo-motoras; estas incluyen varios aspectos de la percepción y del control del movimiento ocular(18), a estos receptores que se encuentran en la capa más externa de los MEO, se les ha atribuido papeles importantes en el control del movimiento ocular y la construcción del espacio extra personal.

Los efectos fueron corroborados con la desaferenciación unilateral de la propiocepción extraocular, sobre el comportamiento de orientación de los gatos. Mediante la interrupción de la rama oftálmica del V par craneal, en la que se conoce que discurren la mayoría de las fibras propioceptivas extraoculares, se cortó unilateralmente en gatos adultos. Fue comprobada la alteración tanto en condiciones de visión binocular como monocular y aproximadamente de la misma magnitud saltos guiados para cualquiera de los ojos. Estos hallazgos indican que la propiocepción extraocular juega un papel en el comportamiento de orientación.(19)

Los músculos extraoculares humanos están ricos en receptores sensoriales. Las conclusiones extraídas de los estudios sobre el ojo también han influido en las creencias sobre los mecanismos de la cinestesia y, posiblemente, esta influencia ha sido incluso mayor que en la dirección inversa. Se cree que las anomalías de los propioceptores de los músculos oculares y sus señales desempeñen un papel en la génesis de algunos tipos de estrabismo humano.(20)

El papel preciso de las señales aferentes derivadas de estos propioceptores en el control motor ocular y la localización espacial ha sido objeto de un debate considerable durante más de un siglo. Los estudios clínicos y de laboratorio han sugerido cada vez más que las señales propioceptivas de los músculos extraoculares influyen en el comportamiento visomotor.(21)

El movimiento coordinado de los ojos es esencial para una visión eficaz y un comportamiento guiado visualmente. Para que esto ocurra con precisión, el cerebro debe "conocer" la dirección de la mirada. Si los ojos estuvieran fijos en las órbitas, la información retiniana (visual), por sí sola, sería suficiente para

decirnos hacia dónde estamos mirando. Sin embargo, los ojos y el mundo visual se mueven y, en estas circunstancias, se requiere información extra retiniana (no visual) para determinar la dirección de la mirada (21).

Las terminaciones en empalizada, una clase de receptor muscular que se encuentra exclusivamente dentro de los músculos extraoculares, incluidos los de los seres humanos, se encuentran en la unión mio-tendinosa distal de las fibras de inervación múltiple de la capa global. Pueden ser la principal fuente de retroalimentación propioceptiva de los músculos extraoculares. Los estudios en monos sugieren que las señales propioceptivas ascienden desde los músculos extraoculares a las estructuras centrales de procesamiento a través del núcleo del trigémino.(21)

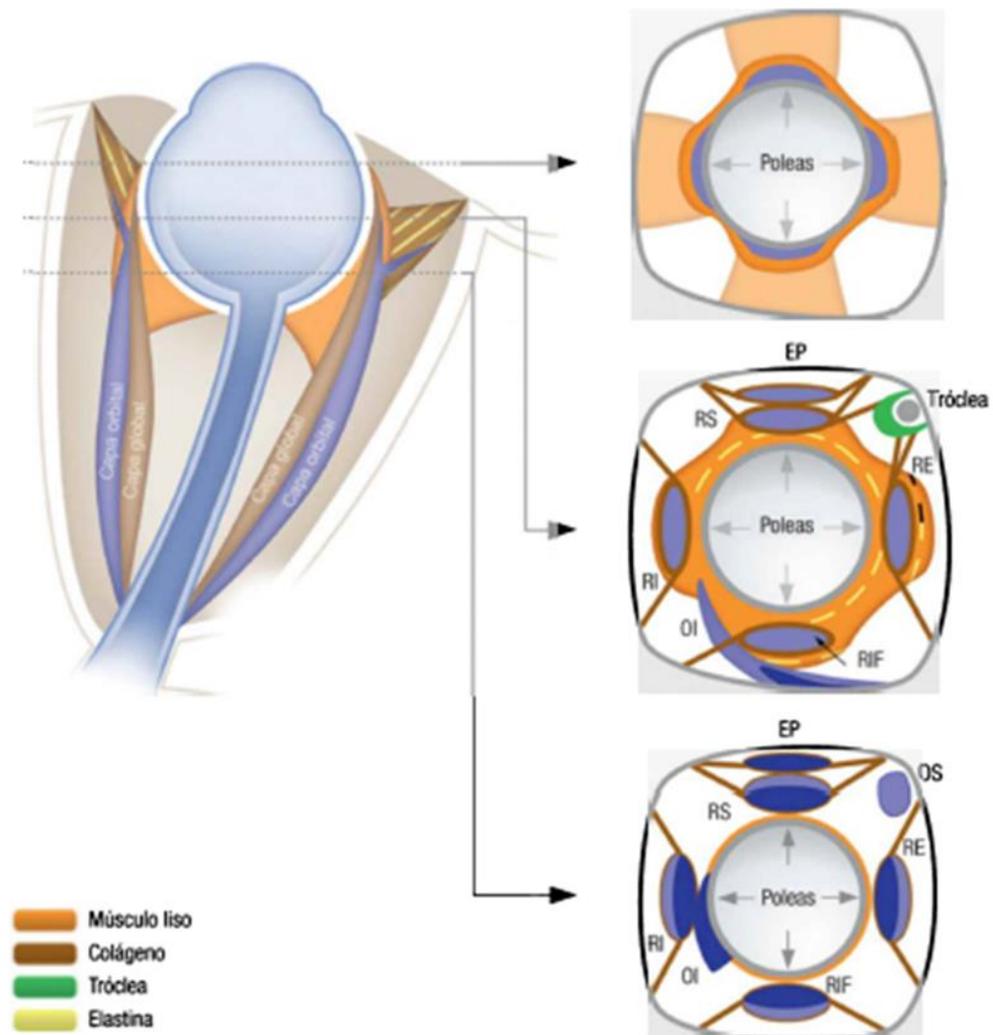


Figura 11. Diagrama de la órbita. Las vistas coronales se representan en los niveles indicados en la vista axial. Las poleas funcionales están al nivel que se muestra en la parte inferior derecha. LG = glándula lagrimal; LPS = músculo elevador palpebral superior; SOT = tendón oblicuo superior. (Demer J. 2006)

6.2| RELACIÓN NEUROMUSCULAR DEL VOR Y EL COR

Reflejos como el vestíbulo-ocular (VOR), cérvico-ocular (COR) y cérvico-cólico tienen un papel importante con respecto al equilibrio y ajustes posturales, principalmente estabilizando la cabeza y los ojos en relación con el cuello y el cuerpo. Esta relación refleja ocurre a través del fascículo longitudinal medial, que integra los núcleos vestibulares, laberínticos y oculares; generando información mesencefálica, cerebelosa y propioceptiva. En la columna cervical La relación entre los movimientos oculares y El aumento de la tensión en la región suboccipital es evidente a través de las fibras que descienden a través del tracto espinal. (22)

Teniendo en cuenta la importancia de la interacción adecuada de COR y VOR en relación con la visión, también se propuso medir la respuesta del VOR en respuesta a la hipocinesia. Se observó que después de 1 hora de hipocinesia se incrementó el VOR (mientras que el COR no se alteró). Sin embargo, después de 2 horas de inmovilidad del cuello, el VOR ya no se vio afectado (mientras que en este momento sí observamos un COR aumentado). Los diferentes cursos de tiempo podrían explicarse por una reacción no lineal del VOR. Cuando el COR aún no está adaptado a la inmovilización del cuello, el VOR se adapta para mejorar el control oculomotor.(23)

Este hallazgo sugiere que el COR se adapta bastante gradualmente a las circunstancias cambiantes. En general, el curso temporal exacto de la adaptación sensorial después de un cambio de estímulo depende de la disponibilidad de información sensorial vestibular, visual y propioceptiva; de la amplitud del estímulo y la respuesta. Por ejemplo, los sistemas propioceptivos se adaptan más lentamente a los estímulos sensoriales disminuidos y más rápido a los estímulos sensoriales aumentados. (24)

Si un paciente disminuye el movimiento del cuello debido, por ejemplo, a una alteración del control motor, dolor, percepción de la enfermedad o miedo al movimiento, el sistema oculomotor tiene que lidiar con la información sensorial aferente reducida de la columna cervical. En controles sanos, el aumento temporal del COR es reversible. Desde una perspectiva terapéutica, sería

emocionante si una mejor calidad y un mayor movimiento del cuello ayudaran a normalizar la ganancia de COR y reducir los problemas visuales de los pacientes con dolor de cuello.(25)(23)

En personas con trastornos asociados al latigazo cervical (WAD) se constató que no solo sufren de dolor de cuello / cabeza, sino que comúnmente informan deficiencias en el control del movimiento de los ojos. Trabajos recientes que registraron la actividad electromiográfica, han puesto de relevancia una fuerte relación entre la activación de los músculos del ojo y el cuello en sujetos sin dolor. Es posible que WAD interrumpa la coordinación entre el movimiento del ojo y el cuello. Las rotaciones cervicales se realizaron con cinco condiciones de mirada que implicaron diferentes direcciones de la mirada en relación con la rotación cervical. La relación entre la posición / movimiento de los ojos y la actividad de los músculos del cuello se contrastó con las observaciones anteriores de los controles sin dolor. Estas observaciones proporcionaron evidencia de la redistribución de la actividad entre los músculos del cuello durante la rotación cervical y una mayor interacción entre la actividad de los músculos del ojo y el cuello en personas con WAD.(26)

El cerebelo es vital para optimizar el rendimiento de todas las clases de reflejos de cambio y estabilización de la mirada. El flocculus-paraflocculus son cruciales para la ganancia y dirección del VOR, la coincidencia de pulso-paso para movimientos sacádicos, la ganancia de persecución y la sujeción de la mirada. El vermis motor ocular y los núcleos fastigiales caudal son esenciales en la adaptación sacádica y la precisión y la ganancia de persecución. El nódulo y la úvula ventral participan en el procesamiento de señales otolíticas y respuestas de VOR, incluido el almacenamiento de velocidad. El cerebelo garantiza la precisión de los movimientos oculares para optimizar el rendimiento visual y ocupa un papel central en todas las clases de movimientos oculares tanto en el control en tiempo real como en la calibración y el aprendizaje a largo plazo (es decir, la adaptación).(27)

Recientemente se ha descrito el papel de la musculatura cervical posterior en el control sensoriomotor, el dolor cervicefálico y la estabilización de la médula espinal. Las conexiones anatómicas de tejido blando que cruzan el espacio epidural cervical unen la fascia del músculo suboccipital y la duramadre.

Estos puentes midurales proporcionan un anclaje pasivo y activo de la médula espinal. También pueden participar en un sistema de monitorización de la tensión dural, para prevenir el pliegue dural y mantener la permeabilidad de la médula espinal. La modulación de la tensión dural puede iniciarse a través de un reflejo sensorial a la contracción muscular. (28)

Los músculos suboccipitales cervicales están ricamente inervados y contienen un nivel relativamente alto de husos neuromusculares por gramo de musculo al igual que los MEO. Las fibras del huso muscular que se encuentran en los músculos suboccipitales son una fuente de aferentes primarios, que representan los principales contribuyentes al control neuromuscular de la columna cervical. De acuerdo con su función de coordinación y organización complejas, las concentraciones elevadas de huso muscular se encuentran típicamente en grupos de músculos más pequeños responsables de las habilidades motoras finas. (28)

6.3| TÉCNICAS MANUALES EN EL SISTEMA OCULOMOTOR

La terapia manual sobre el sistema oculomotor va a ser aplicada en todos los pacientes que acudan a consulta por patología postural, deportiva o del aprendizaje, si no existe algún tipo de contraindicación al tratamiento.

Las contraindicaciones absolutas incluyen las siguientes patologías y precisan ser derivadas al oftalmólogo o al optometrista, ya que no son competencia de la kinesiología: Glaucoma (hipertensión ocular), Cataratas, Desprendimiento de retina, Degeneración macular, retinopatía diabética, Queratocono, Retinosis pigmentaria, Retinopatía del prematuro, Infarto oftálmico, Neuritis oftálmica, conjuntivitis, Blefaritis.

El objetivo principal de las técnicas manuales va a ser normalizar la vascularización arteriovenosa oftálmica y facilitar el drenaje intraocular, normalizar el tono de la musculatura oculomotora, disminuir las tensiones neuro dinámicas sobre los nervios craneales implicados, regular el sistema nervioso autónomo oftálmico y mejorar la movilidad de la órbita en la cavidad orbitaria.

Para cada necesidad hay diferentes modos de intervención según:

- técnicas directas.
- técnicas fluídicas.
- técnicas miotensivas.

Técnicas manuales articulatorias cérvico torácicas neuro vegetativas:

- C1-C2
- C7-D1
- Bombeo ganglionar cervical superior y estrellado.

Manipulación occipucio-atlas OAA

Objetivo:

Es importante normalizar las tensiones que relacionan el occipucio con la columna cervical. Muchas lesiones C1-C2 pueden generar desequilibrios de la base del cráneo y de la movilidad craneal. Estas lesiones de la relación occipucio-atlas-axis serán la base de múltiples alteraciones: estáticas, hemodinámicas, neurológicas, musculares, etcétera.

Posición del paciente: en decúbito dorsal, la cabeza libre del apoyo subyacente.

Posición del terapeuta: se coloca a un lado, a la cabeza del paciente, en el lado opuesto de la maniobra.

Maniobra:

El terapeuta pide al sujeto que incline la cabeza un poco a la derecha. Sitúa los cuatro últimos dedos de la mano izquierda bajo el occipucio, para tocar, con el dedo medio, la parte mediana de la línea curva occipital inferior. La palma de la mano izquierda cubre la oreja del paciente, el antebrazo izquierdo sirve de apoyo a la cabeza.

- la mano derecha toma el ángulo mandibular. El meñique se coloca bajo el borde inferior de la mandíbula. Su extremo alcanza la sínfisis mentoniana.
- El pulpejo del pulgar derecho se coloca detrás de la apófisis mastoides. Los otros dedos se extienden sobre la cara del sujeto sin ejercer presión sobre el ojo.
- El terapeuta se halla bien arraigado en el suelo, pies separados. Procura que los dos antebrazos estén en la prolongación del eje mediano del cuerpo del paciente y horizontales.
- En esta posición la maniobra consistirá en imprimir con la mano izquierda una tracción en el eje del cuerpo, con la mano derecha una tracción en el eje asociado a una rotación de la cabeza del sujeto, con una componente de 45° por encima del plano de rotación (Figura 12). La técnica se efectuará en ambos lados.

Observaciones: Tras el examen, el osteópata puede verse obligado a tratar otras lesiones de la relación occipucio-atlas-axis: lesiones en lateralidad, en rotación, en anterioridad y en posterioridad.(4)



Figura 12. Manipulación OAA (Busquet L. Gabarel B. 2008)

Manipulación de la charnela cervicodorsal

Objetivos:

- La normalización de C6 a D2 influye en el centro cilioespinal de Budge.
- La normalización de C7-D1 actuará sobre el ganglio estelar.

Posición del paciente: En decúbito ventral, la cabeza descansa sobre la frente, los brazos cuelgan a ambos lados de la mesa.

Posición del terapeuta: De pie, a la altura de los hombros del sujeto, en el lado de la posterioridad.

Maniobra:

Con el pulgar derecho el terapeuta toca la cara lateral derecha de la apófisis espinosa de D1. Los cuatro últimos dedos están perpendiculares a la clavícula (Figura 13). Con la mano izquierda toca la bóveda del cráneo para imprimirle una rotación izquierda. La rotación de la cabeza y la extensión de la columna cervical deben aliviar las tensiones en la zona de contacto del pulgar derecho.

Una vez obtenido el punto de equilibrio, la mano izquierda entra en contacto tenar con la cara inferior de la tuberosidad maxilar del paciente. Mientras mantiene ese punto de equilibrio, lleva el tórax muy cerca de la espalda del paciente y coloca los antebrazos paralelos entre sí.

– La mano izquierda, que sirve de punto fijo, imprime con el pulgar derecho un empuje de descompresión hacia la izquierda, según un plano paralelo a la mesa.

– Las vértebras D1, D2, D3 también pueden tratarse mediante técnicas específicas dorsales.(4)

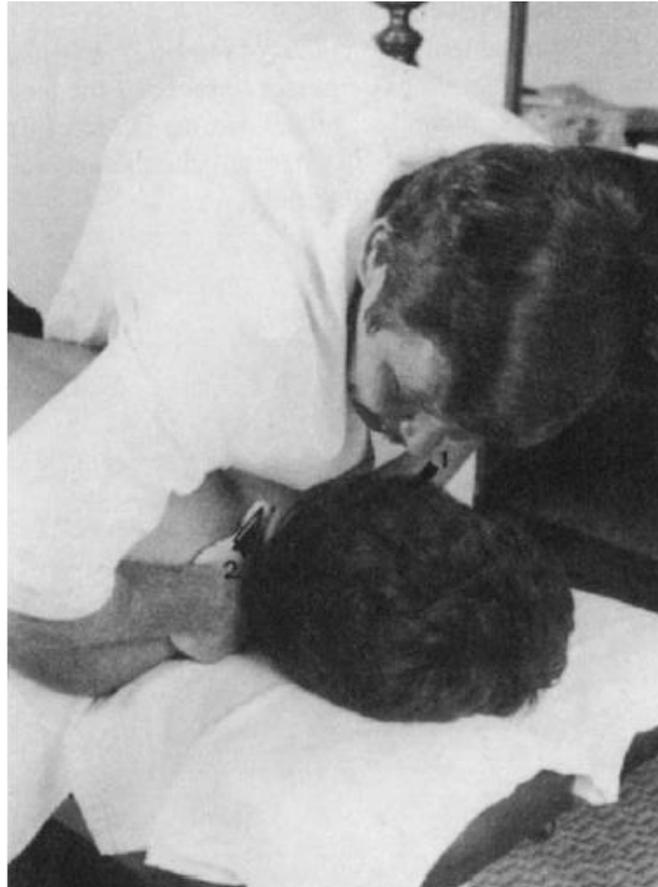


Figura 13. Manipulación charnela cervicodorsal. Ejemplo: D1 posterior a la izquierda. (Busquet L. Gabarel B. 2008)

Manipulación de la primera costilla

Objetivos:

Liberar el estrecho superior del tórax, mejorar la circulación linfática y liberar las presiones de las aponeurosis cervicales.

Primera costilla en inspiración

Posición del paciente: en decúbito dorsal.

Posición del terapeuta: A la cabeza del paciente, girado hacia los pies del sujeto. Coloca el pulpejo del pulgar sobre la parte superior de la primera costilla. Eleva la cabeza del paciente hasta 45° y le imprime una rotación e inclinación lateral en el lado del hombro opuesto (Figura 14).

Maniobra

El terapeuta lleva la cabeza del sujeto hacia el lado de la lesión y empuja con el pulgar sobre la costilla en dirección al esternón.

Primera costilla en espiración

Posición del paciente: en decúbito dorsal

Posición del terapeuta: En el lado opuesto a la lesión, delante del paciente. Con la mano superior el terapeuta lleva al paciente ligeramente hacia él y coloca su otra mano a unos 4 centímetros, a un lado de la apófisis espinosa de D1, a fin de asir el trapecio. Mientras alarga al paciente sobre la espalda, estira el trapecio hacia atrás y hacia abajo del sujeto.(4)

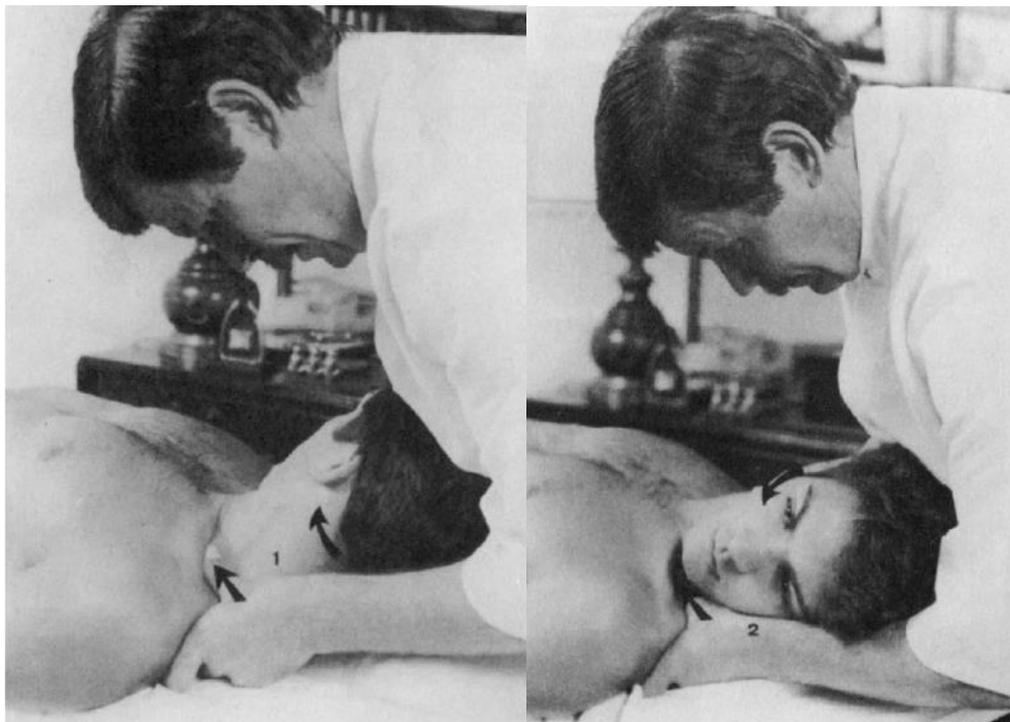


Figura 14. Manipulación de la 1° costilla. (Busquet L. Gabarel B. 2008)

Técnicas miofasciales cráneo cervicales:

- Fascia cervical anterior.
- Fascia cráneo cervical.
- Inhibición de la musculatura cervical superior.

Inducción miofascial en la región ocular

Objetivo:

Liberar las restricciones miofasciales de la región ocular.

Posición del paciente: Decúbito supino, en la camilla sin la almohada.

Posición del terapeuta: Sentado a la cabecera de la camilla.

Técnica I

El fisioterapeuta coloca los dedos índice y medio de la mano craneal por encima de la ceja, y los mismos dedos de la mano caudal por debajo del ojo, sobre el área cigomática. Posteriormente, ejerce una suave tracción en sentidos opuestos (craneal-caudal) con ambas manos. Se debe esperar unos 3 a 5 minutos para obtener la liberación (Figura 15).

Técnica II

El fisioterapeuta coloca los pulpejos de los dedos índice y medio de ambas manos por debajo del ojo sobre el área cigomática. Posteriormente ejerce una suave tracción en dirección lateral en sentido opuesto con ambas manos. Se debe esperar unos 3 a 5 minutos para obtener la liberación (Figura 16).(29)



Figura 15. Inducción longitudinal de la región ocular. (Pilat A. 2003)



Figura 16. Inducción transversa de la región ocular. (Pilat A. 2003)

Técnica de postura de la órbita membranosa

Paciente: decúbito dorsal, con los párpados cerrados.

Terapeuta: Sentado a la cabecera del paciente.

Maniobra: Tome cada uno de los párpados superiores con la pinza pulgar-índice y forme un pliegue longitudinal. De este modo los párpados se utilizan para transmitir la postura a las partes inferiores, superiores y posteriores de la órbita. (Figura17)

Se puede variar la orientación para enfocar las partes posteriores, postero internas y postero externas. La maniobra se debe repetir en los párpados inferiores. (Figura 18)

Objetivo:

Posturar, descomprimir la órbita membranosa que está estrechamente unida a las suturas óseas, los músculos (músculo de Muller, músculo de Horner y tendones de Zinn para la inserción de los músculos motores oculares externos), los vasos sanguíneos, los nervios y las meninges (hendiduras esfenoidales y agujeros ópticos).



Figura 17. descompresión de la órbita membranosa del párpado superior. (Busquet L. 2010)



Figura 18. descompresión de la órbita membranosa del párpado inferior. (Busquet L. 2010)

Inducción suboccipital

Objetivo:

Liberar la restricción miofascial de la región suboccipital.

Posición del paciente: Decúbito supino.

Posición del terapeuta: Sentado a la cabecera de la camilla con los codos apoyados firmemente sobre su superficie.

Técnica:

El terapeuta coloca sus manos debajo de la cabeza del paciente de tal manera que pueda palpar con los dedos las apófisis espinosas de las vértebras cervicales. A continuación, lleva los dedos lentamente hacia arriba, hasta contactar con los cóndilos occipitales. En este momento debe mover suavemente los dedos hacia abajo, encontrando así el espacio entre los cóndilos y la apófisis espinosa del axis. Hay que recordar que el atlas no tiene apófisis espinosa. Seguidamente, flexionando las articulaciones metacarpofalángicas a 90°, eleva lentamente el cráneo (Figura 19).

Las manos del terapeuta deben permanecer juntas y la base del cráneo debe reposar sobre sus palmas. El terapeuta debe realizar la presión con los dedos índice, medio y anular de cada mano (Figura 20). Para liberar las restricciones que crean la posición protruida de la cabeza hay que liberar las restricciones de

los músculos recto posterior menor de la cabeza y oblicuo superior de la cabeza. Para lograrlo se debe realizar presión con los dedos

índice y anular de ambas manos. Sin embargo, para reducir una hiperextensión crónica del cuello se debe realizar presión sobre el recto posterior mayor de la cabeza con el dedo medio. Esta presión debe mantenerse durante unos minutos hasta que se note una liberación de la fascia. No se debe disminuir la presión; ésta debe ser sostenida, pero nunca debe producir dolor al paciente.

En la última fase de la técnica, el terapeuta, sin relajar la presión, abre las manos y lleva la cabeza lentamente hacia atrás. Esto permite relajar la duramadre hasta el sacro, en su recorrido por el canal medular.(29)



Figura 19. Inducción suboccipital: Fase preparatoria. (Pilat A. 2003)

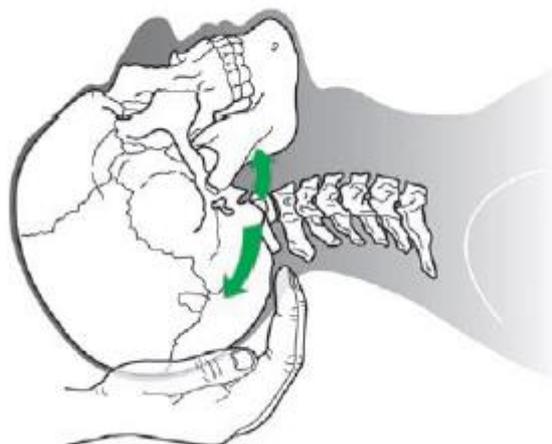


Figura 20. Inducción suboccipital: Ejecución de la técnica. (Pilat A. 2003)

Técnicas para el III, IV y VI par craneal:

- Técnica de energía muscular en la musculatura extraocular.
- Técnicas funcionales de la periórbita.

movilización de los globos oculares

Objetivo:

Liberar la restricción miofascial de los globos oculares.

Posición del paciente: Decúbito dorsal, ojos cerrados.

Posición del terapeuta: Sentado a la cabecera de la camilla.

Técnica:

Movilizar muy suavemente los globos oculares. La movilización es lenta y cuidadosa en las seis direcciones del movimiento ocular, puede ser uni o bilateral. Se deben llevar los globos oculares en el sentido de mayor libertad de movimiento, manteniendo durante una inspiración profunda del paciente. Debe efectuarse la maniobra en las cuatro direcciones principales. (Figura 21)

Objetivo:

En el movimiento se percibe la tensión o las asimetrías, se mantiene la posición (del mas tenso) y esperamos a que las tensiones se vayan eliminando, produciendo movimientos no fisiológicos, a los que seguirá la aparición del punto tranquilo, después aparecerá la fisiología normal del ojo.(4)



Figura 21. Movilización del globo ocular. (Calvente R. método RIO 2020)

Corrección local del sistema oculomotor en RPG

Objetivo:

El objetivo del tratamiento en oculomotor en RPG es realinear los ejes visuales a través de la manipulación de los globos oculares, estirando y activando en contracción excéntrica el sistema miofascial más hipertónico con la corrección simultánea del complejo craneocervical y en una globalidad integrada con las cadenas miofasciales globales (Figura 22). El paradigma que subyace este trabajo es que la disfunción es una tendencia neuromuscular de los ejes visuales a situarse de una manera determinada junto con un balance tónico de los sistemas miofasciales extraoculares no óptimo; ambos aspectos ponen en riesgo las hegemonías de una visión estable, única, clara y confortable.

En los ojos también ocurre este mecanismo de cadena. Cuando un músculo es estirado en un ojo, otro músculo en el otro ojo trata de acortarse, modificando la posición del globo ocular y manteniendo la posición recíproca y anómala de los ejes. Esta vez no solo para mantener la misma longitud de la cadena miofascial estática, sino también para mantener el posicionamiento recíproco de los ejes visuales. Se podría definir este hecho como una nueva constatación fisiopatológica de la ley de Hering (Figura 24)

En resumen, no existe ninguna maniobra manual eficaz si solo se realiza sobre un ojo. El otro ojo entrará en compensación, y no habrá resultado positivo.

Posición del paciente: Decúbito dorsal, ojos cerrados.

Posición del terapeuta: Sentado a la cabecera del paciente.

Técnica:

Toda maniobra manual que pretenda ser eficaz deberá actuar en los dos ojos en una toma y contra toma, la toma se realizara sobre el ojo del musculo mas tónico, y la contra toma estará allí para evitar compensaciones del otro ojo. (fig.25)

Cuando se consigue la rotación del globo ocular, la alineación de los ejes y la inhibición del sistema tónico mediante el estiramiento, se le solicita al paciente una contracción de este sistema miofascial para obtener una contracción en su posición más excéntrica. Esa contracción es clave para la reducción del tono del musculo, después de lo cual podremos avanzar en su estiramiento, la aplicación de tomas y contra tomas se ira repitiendo.

Una vez realizada la corrección en alineación de los globos oculares, se entra en una fase de puesta en tensión. La puesta en tensión es la aplicación de una tensión mecánica de estiramiento dosificada al sistema miofascial del paciente con fines terapéuticos. El estiramiento tiene un efecto sobre la disminución de la excitabilidad de las motoneuronas y sobre la relajación muscular. Esta disminución del tono se acentúa con trabajo excéntrico de baja intensidad. (Figura 26)

Se le solicitara al paciente que mire (con los ojos cerrados) en dirección de la activación del musculo hipertónico, mientras se mantienen las tomas.(3)



Figura 22. En la imagen se aprecia la colocación de las articulaciones interfalángicas para “abrazar el ojo en toda su circunferencia. Esta toma resulta muy aceptable por el paciente. En la imagen A esta representada la fase previa. En la imagen B, la toma real para evaluar el tono de un músculo recto interno. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 23. En la imagen se observa la toma que invita al ojo a separarse de la pared interna. Esta maniobra pone en tensión la capsula de Tenon. De esta forma se evalúan la tensión fascial y las inserciones orbitales de las poleas de los MEO. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 24. imagen de la toma para el recto interno del ojo derecho. Si pretendemos llevar el ojo hacia la derecha, el otro ojo irá en aducción para seguir al desplazado por el dedo. Así se mantendrá la alineación, en este caso errónea, de los ejes visuales. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 25. imagen de la toma bimanual para los rectos internos. Una mano es la toma y la otra, es la contra toma, impidiendo así la compensación. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 26. imagen de la toma bimanual para los rectos externos. Una mano, la izquierda es la toma para tratar de rotar el ojo izquierdo hacia dentro. La otra mano, la contra toma, impide la compensación en abducción del otro ojo. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 27. imagen de la toma sobre una alteración vertical. La corrección vertical es la más compleja, ya que los dedos no pueden “abrazar” bien al ojo. Pero, al mismo tiempo, es la más necesaria, porque los mayores síntomas y los más incapacitantes aparecen en las alteraciones verticales. (Pastor Pons I. 2019)

Corrección del sistema oculomotor añadiendo la corrección cervical

Objetivos:

El tratamiento cervical en RPG comienza con una decoaptación articular en los niveles que se perciben con limitación de movilidad. Esta decoaptación articular contribuye al estiramiento del conjunto miofascial más retraído y más rígido. Una vez que se percibe que los espacios articulares se abren y la musculatura comienza a recuperar la extensibilidad perdida, se añade la corrección estructural de las micro restricciones de movilidad articular.

Las razones de la elección del tratamiento simultáneo del cuello y los ojos son la reeducación propioceptiva del sistema oculocefalógiro, un sistema difícilmente divisible, y la mayor eficacia en el tratamiento de las cadenas miofasciales.

Posición del paciente: Decúbito dorsal, ojos cerrados.

Posición del terapeuta: Sentado a la cabecera del paciente.

Técnica:

Esta técnica se realiza en los comienzos de una sesión, mientras una mano fija una corrección ocular realizada previamente, la otra mano comienza una corrección cervical de una lesión del raquis cervical superior (Figura 28).

Esta corrección va dirigida en este caso a la decoaptación de C0-C1, mientras realizamos una puesta en tensión sobre la musculatura cervical, y más concretamente sobre el esternocleidomastoideo y los escalenos. Al corregir el cuello lenta y progresivamente, sentimos aumentar la tensión en el ojo. Al relajar el cuello, se reduce la tensión oculomotora. Esto se considera el principio de una corrección global del sistema oculocefalógiro. (3)



Figura 28. Imagen del tratamiento simultáneo de cuello y ojos con RPG. (Pastor Pons I. 2019)



Figura 29. Imagen del tratamiento simultáneo de cuello y ojos con RPG con insistencia en el mediastino, una estructura clave para tratar el cuello con éxito. (Pastor Pons I. 2019)

Técnicas para el drenaje venoso y líquido.

- Bombeo ocular.

Bombeo del globo ocular

Paciente: Decúbito dorsal, con los párpados cerrados.

Terapeuta: sentado a la cabecera del paciente. Las palmas de las manos están planas a ambos lados del rostro. Los pulgares descansan de través sobre la parte anterior de los globos oculares.

Maniobra: con la yema de los pulgares, el terapeuta hunde suavemente el globo ocular en la órbita a un ritmo de tres segundos por presión y tres segundos de relajación. La presión es suave. (Figura 30)

Objetivo: Con esta técnica de bombeo se obtiene la distensión del globo ocular y de los músculos ciliares, así como la inhibición de los músculos oculomotores y un efecto trófico de la retina.(4)

Observación: esta maniobra no se indica en caso de hipertensión ocular, glaucoma o desprendimiento de retina.



Figura 30. Bombeo del globo ocular. (Busquet L. 2010)

7| DISCUSIÓN

La revisión nos proporciona evidencia científica que refleja la relación existente entre las conexiones fasciales del cráneo y los diferentes sistemas que lo componen, lo que nos permitirá justificar el abordaje kinésico desde las terapias manuales. Sin intención alguna de promulgar que todas las disfunciones o afecciones oculomotoras deban ser tratadas únicamente mediante estas técnicas, ni buscando competir con las actualmente utilizadas, nos aportan una nueva perspectiva de abordaje e interpretación del cuerpo.

El análisis del trabajo de revisión permite determinar una nueva manera de entender y utilizar las herramientas terapéuticas para el sistema oculomotor desde el ámbito kinésico. Lo que nos lleva a entender, que el enfoque del tratamiento debe ser practicado desde una perspectiva respaldada en bases de conocimientos actualizados y con fundamento científico. Se busca lograr que el terapeuta conozca y utilice estas nuevas herramientas, para abordar de una manera más específica y completa al paciente.

Varios autores también coinciden en la interrelación que existe entre los reflejos que comandan la postura y el equilibrio, con la musculatura extraocular. A su vez, nos hemos encontrado con que no existen herramientas evaluativas claras y repetibles sobre la identificación de las diferentes alteraciones que serían de incumbencia kinésica. Por lo que se propone que, en investigaciones posteriores, se intenten aclarar estos puntos que hoy en día son grises en el ámbito kinésico.

Por último, esta interpretación del sistema visual permitiría relacionarlo con otros sistemas por sus íntimas y múltiples conexiones a través del sistema nervioso central.

8| CONCLUSIÓN

En este trabajo se relevaron las actualizaciones anatómico-fisiológicas de la musculatura extraocular buscando relacionar su implicancia para el abordaje kinésico con terapia manual. Los resultados que se han obtenido a lo largo de esta revisión son de gran importancia para fundamentar la práctica y aplicación de las técnicas manuales con las que tratamos a nuestros pacientes, tanto a la hora de realizar una evaluación o en un tratamiento sobre el sistema oculomotor.

Las constantes actualizaciones que se vienen realizando a lo largo de las últimas décadas reflejan la necesidad de un cambio de paradigma en la atención kinésica, los hallazgos presentados en esta revisión pretenden acercar al profesional al conocimiento actualizado y, por tanto, brindarle herramientas que aporten claridad tanto al evaluar como en el tratamiento propuesto.

Las poleas anatómicas de los MEO parecen ser hasta hoy, un descubrimiento que nos sigue aportando conocimientos en cada nueva investigación. Desde la búsqueda por analizar, tanto sus funciones mecánicas y fisiológicas, como su composición anatómica, cada hallazgo logrado seguirá esclareciendo cada vez más la importancia que estas tienen para el tratamiento kinésico.

El sistema fascial oculomotor parece ser la conexión clave para generar estímulos mecánicos mediante la terapia manual, dando como resultado cambios químicos que se traduzcan en fisiológicos y que influyan al sistema nervioso central, a través de sus múltiples aferencias propioceptivas. Entendiendo que la visión sin el sistema propioceptivo carece de valor para la representación del espacio y del propio esquema corporal.

El aporte realizado por los trabajos de investigación en laboratorios deberá ser en un futuro respaldados por trabajos específicos de campo, que demuestren en la práctica clínica resultados que logren afirmar lo que los diferentes autores proponen sobre terapia manual y sistema oculomotor.

Las múltiples relaciones que presenta el sistema visual requieren que el profesional kinesiólogo logre manejar conocimientos de los diferentes sistemas que componen y su fisiología en condiciones de normal funcionamiento, para así detectar aquellas alteraciones o disfunciones, determinando su origen mediante un exhaustivo análisis de estos.

En cuanto a los factores que pudieron causar las disfunciones o alteraciones en el sistema oculomotor no se describen ni especifican, siendo un campo de investigación que deberá ser abordado en un futuro, para lograr un mejor control y seguimiento de las diferentes patologías que pudieran presentarse

Nos encontramos con espacios que no han sido abordados, y otros que se creían ya explorados, pero la revisión actualizada de trabajos científicos, que complementan a los ya existentes, nos otorgó la posibilidad de conocer sus aspectos descuidados. Y se ha incorporado el conocimiento de la existencia de otras variables que en esta ocasión han sido descartadas, pero, que no dejan de ser un aporte importante para profundizar en futuras investigaciones.

Sería oportuno a futuro, evaluar la posibilidad de realizar estudios del abordaje kinésico en patologías como dislexia, estrabismo y problemas en el aprendizaje escolar, en los cuales una terapia específica del sistema oculomotor sería capaz de propiciar una evolución favorable al ser tratadas desde edades tempranas, en un marco interdisciplinario, con nuestro aporte desde las incumbencias kinésicas.

9| BIBLIOGRAFÍA

1. Torrades S. Sistema Visual Central. 2012;27:98–102.
2. Perea J. Estrabismo. 2ªed. Toledo, España: Artes Graficas; 2008.
3. Pastor Pons I. Terapia manual en el sistema oculomotor. 2ªed. España: Elsevier; 2019.
4. Busquet L, Gabarel B. Ophtalmologie et Ostéopathie. 1ªed. Barcelona, España: Paidotribo; 2008.
5. McClung JR, Allman BL, Dimitrova DM, Goldberg SJ. Extraocular connective tissues: A role in human eye movements? *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(1):202–5.
6. Goss DA, Reynolds JL, Todd RE. Comparison of four dissociated phoria tests: reliability & correlation with symptom survey scores. *J Behav Optom* [Internet]. 2010;21(4):99–104. Available from: <http://www.oepf.org/sites/default/files/journals/jbo-volume-21-issue-4/21-4-Goss.pdf>
7. Demer JL, Miller JM, Poukens V, Vinters H V., Glasgow BJ. Evidence for fibromuscular pulleys of the recti extraocular muscles. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 1995;36(6):1125–36.
8. Kono R, Poukens V, Demer JL. Quantitative analysis of the extraocular muscle pulley structure in human specimen. *Ophthalmol China.* 2002;43(9).
9. Miller JM, Demer JL, Rosenbaum AL. Effect of Transposition Surgery on Rectus Muscle Paths by Magnetic Resonance Imaging. *Ophthalmology.* 1993;100(4):475–87.
10. Demer J I., Gong Q, Janowski M, Tang H, Yang Q, Wei H, et al. Magnetic resonance imaging of the functional anatomy of the superior oblique muscle in patients with primary superior oblique overaction. *Eye.* 1994;31(4):588–92.

11. Demer JL, Poukens V, Miller JM, Micevych P. Innervation of extraocular pulley smooth muscle in monkeys and humans. *Investig Ophthalmol Vis Sci.* 1997;38(9):1774–85.
12. Schleip R, Klingler W. Active contractile properties of fascia. *Clin Anat.* 2019;32(7):891–5.
13. Demer JL. Current concepts of mechanical and neural factors in ocular motility. *Curr Opin Neurol.* 2006;19(1):4–13.
14. Dimitrova DM, Shall MS, Goldberg SJ. Stimulation-Evoked Eye Movements with and without the Lateral Rectus Muscle Pulley. *J Neurophysiol.* 2003;90(6):3809–15.
15. Eberhorn AC, Ardeleanu P, Büttner-Ennever JA, Horn AKE. Histochemical differences between motoneurons supplying multiply and singly innervated extraocular muscle fibers. *J Comp Neurol.* 2005;491(4):352–66.
16. Porter JD, Baker RS, Ragusa RJ, Brueckner JK. Extraocular muscles: Basic and clinical aspects of structure and function. *Surv Ophthalmol.* 1995;39(6):451–84.
17. Campbell SP, Williams DA, Frueh BR, Lynch GS. Contractile activation characteristics of single permeabilized fibres from levator palpebrae superioris, orbicularis oculi and vastus lateralis muscles from humans. *J Physiol.* 1999;519(2):615–22.
18. Büttner-Ennever JA, Konakci KZ, Blumer R. Sensory control of extraocular muscles. *Prog Brain Res.* 2006;151:81–93.
19. Fiorentini A, Berardi N, Maffei L. Role of extraocular proprioception in the orienting behaviour of cats. *Exp Brain Res.* 1982;48(1):113–20.
20. Donaldson IML. The functions of the proprioceptors of the eye muscles. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2000;355(1404):1685–754.
21. Weir CR. Proprioception in Extraocular Muscle. *J Neuro-Ophthalmol* 2006;26(123–127). 2006;26(2):123–7.

22. Barreiros CAM, Thurm BE. Artigo original Relação reflexa entre o sistema oculomotor e a cervical superior The reflex relationship between the oculomotor system and the upper cervical. 2002;3:306–10.
23. Ischebeck BK, de Vries J, van Wingerden JP, Kleinrensink GJ, Frens MA, van der Geest JN. The influence of cervical movement on eye stabilization reflexes: a randomized trial. *Exp Brain Res* [Internet]. 2018;236(1):297–304. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-017-5127-9>
24. Jeka JJ, Allison LK, Kiemel T. The dynamics of visual reweighting in healthy and fall-prone older adults. *J Mot Behav*. 2010;42(4):197–208.
25. Ischebeck BK, De Vries J, Van Der Geest JN, Janssen M, Van Wingerden JP, Kleinrensink GJ, et al. Eye movements in patients with Whiplash Associated Disorders: A systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2016;17(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12891-016-1284-4>
26. Bexander CSM, Hodges PW. Cervico-ocular coordination during neck rotation is distorted in people with whiplash-associated disorders. *Exp Brain Res*. 2012;217(1):67–77.
27. Beh SC, Frohman TC, Frohman EM. Cerebellar control of eye movements. *J Neuro-Ophthalmology*. 2017;37(1):87–98.
28. E. Dennis, Scali F, Pontell ME. The cervical myodural bridge, a review of literature and clinical implications. *J Can Chiropr Assoc*. 2014;58(2):184–92.
29. Pilat A. *Terapias miofasciales: Inducción miofascial*. 1ªra. Madrid, España: McGrawHill, Interamericana; 2003.