

## CAPÍTULO

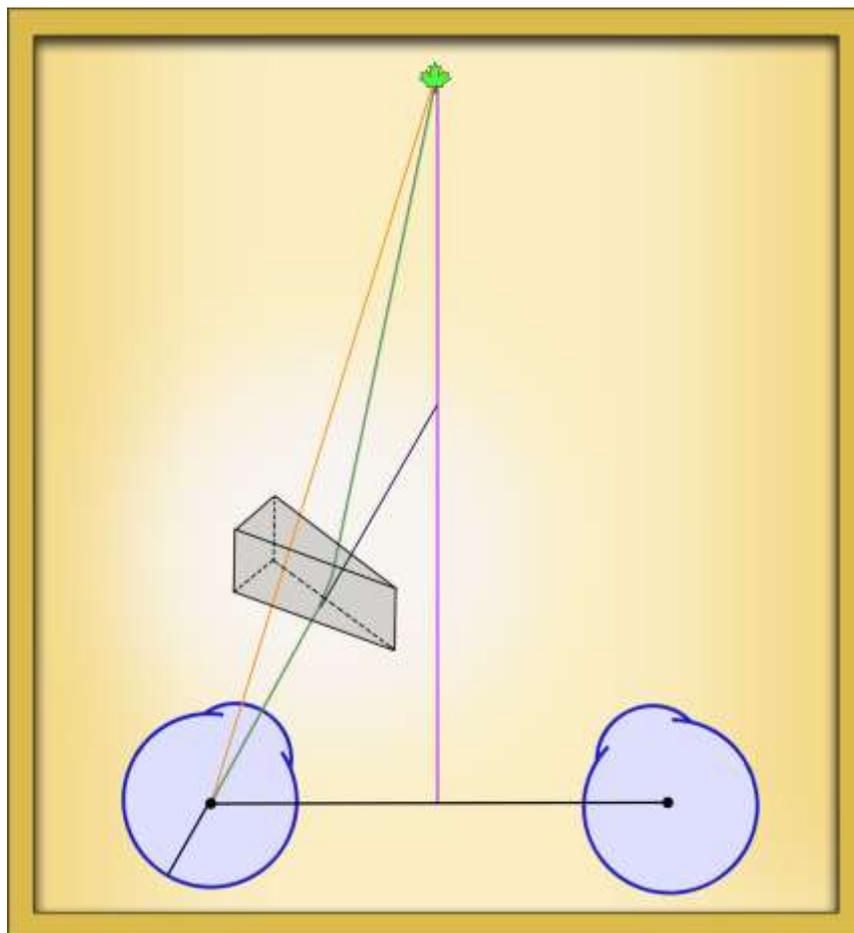
# 4

## PATOGENIA

Harley Edison Amaral Bicas

Es trágico querer ser.  
Es cómico creer que se es.  
José ORTEGA Y GASSET

Pierde una hora por la mañana  
y la estarás buscando todo el día.  
Richard WHATELY



# SUMARIO

## CAPÍTULO 4.

### Patogenia

	Página
<b>4. 1. La binocularidad humana .....</b>	<b>3</b>
<b>4. 2. Causas y mecanismos de los movimientos y del equilibrio óculo-motor .....</b>	<b>7</b>
Fuerzas originadas de la inervación .....	7
Disfunciones de fuerzas activas .....	8
Disfunciones de fuerzas pasivas .....	9
Condiciones sensoriales visuales .....	10
<b>4. 3. Componentes de desviaciones de los ejes visuales .....</b>	<b>13</b>
En fijaciones "para lejos" .....	13
En fijaciones "para cerca" .....	14
* La demanda convergencial .....	14
* La convergencia acomodativa .....	15
* La convergencia proximal .....	15
* Factores ópticos .....	15
<b>4. 4. Consideraciones finales .....</b>	<b>17</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>18</b>

# 4.1.

## LA BINOCULARIDAD HUMANA

El estudio de la patogenia de los estrabismos, es decir, de cómo ellos se originan o evolucionan, y de las variadas condiciones que, directa o indirectamente, les pueden provocar, remite al entendimiento sobre las peculiaridades de la binocularidad humana.

En efecto, se podría empezar reflexionando sobre la razón natural de tener dos ojos. La mayoría de nuestros órganos vitales son únicos y la existencia de un ojo único sufre gran parte de nuestras necesidades visuales. Por supuesto, tener dos ojos es mejor que uno, por la posibilidad de sustitución en caso de pérdidas; y tres es todavía mejor, aunque la naturaleza no parece que trabaje con estos principios estocásticos.

En verdad, los animales filogenéticamente superiores tienen dos ojos, más que por una cuestión de simetría corporal, por la conveniencia de tener mayor amplitud para la discriminación visual del espacio (la finalidad de los ojos). Conejos, caballos y otros animales mantienen un escrutinio visual campimétrico de 360°.

Quizá sea incorrecto decir que con la evolución filogenética hubo progresiva frontalización de los ojos, porque entonces se clasificarían a los animales como más, o menos, desarrollados evolutivamente, en base a la medición del ángulo existente entre sus ejes visuales. El hecho es, que en los seres humanos la frontalización se completa y así, para la mirada «de frente» los ejes visuales, normalmente, deben estar paralelos.

Esta binocularidad propia de superposición casi total de los campos visuales uniuclares y, por lo tanto, con pérdida de percepción espacial de unos 180°, requiere, todavía, dos condiciones más para mejor provecho de tal posicionamiento: buena **movilidad de los ojos**, para que puedan actuar como «pinza», fijando el objeto de atención visual, además de poder escrutar mejor el espacio (compensando parte de las pérdidas campimétricas); y una consecuente integración de sus funciones sensoriales, **de modo que actúen como fusionados** en un único, ciclópico.

Lo que resulta –la binocularidad humana– no dispensa reflexiones, pues el principal producto de la duplicidad de fijación visual de un mismo punto del espacio, para verlo único, y con relieve en relación a otros (la estereopsis) crea la simultánea duplicidad de percepción para otros puntos, más cercanos que él

(diplopía cruzada) o más alejados (diplopía homónima), con la necesidad de un consecuente mecanismo adaptativo de negación cognitiva de tal duplicación (mecanismo de la supresión).

Tal modelo de binocularidad requiere una coordinación muy delicada para el movimiento de los ojos (tres pares de músculos en cada uno, accionados por tres de los doce pares de nervios intracraneales, más otras diferentes estructuras de asociación y comando, voluntario y reflejo), suplementada por mecanismos de ajuste fino para el posicionamiento ocular deseado, garantizando la integración binocular («fusión»). Estos condicionamientos, de alta complejidad, son entonces muy vulnerables, explicando la prevalencia relativamente alta de los desequilibrios oculomotores, alrededor del 4%.

Por otro lado, de los defectos de tal sistema oculomotor redundan trastornos sensoriales adaptativos, que suelen agravarlos y dificultar sus recuperaciones. De ahí viene que una de las ideas más genéricas que se

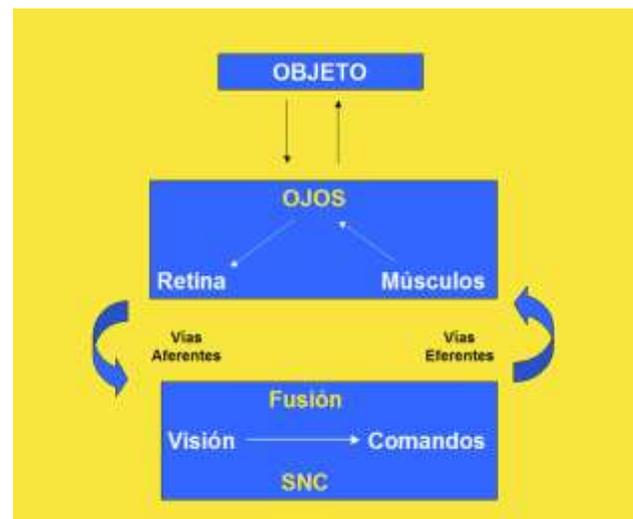


Figura 1. Esquema de interacciones del equilibrio oculomotor.

Un objeto de atención visual tiene sus imágenes formadas en las retinas. El estímulo sigue por vías aferentes (nervios, tractos y radiaciones ópticas) a los centros de integración. Las visiones requieren una fusión, para la cual comandos inervacionales eferentes parten para áreas de asociación y núcleos oculomotores y de ahí, por los nervios oculomotores, a los músculos oculares externos, que mueven los ojos para garantizar (y/o mantener) la fusión de las imágenes.

intenta transmitir para la enseñanza de como ocurre el equilibrio del aparato oculomotor es de que él dependa de un circuito relacionando los ojos y el sistema nervioso central, por vías aferentes que, partiendo de las retinas, envían informaciones posicionales al cerebro; y de vuelta, por vías eferentes, comandos a los músculos oculares externos, para eventual acondicionamiento de las direcciones de los ejes visuales (figura 1).

Tomando por base este esquema sencillo, se puede explicar el origen del estrabismo por falta de informaciones de las direcciones de los ejes visuales en el espacio, es decir, por «falta de visión» (por ejemplo, por lesiones de retina o del nervio óptico, por pérdidas de transparencia de los medios oculares para transmisión de la luz), y, también, por falta de comando al reposicionamiento de los ojos para la fijación deseada de un objeto (por ejemplo, en parálisis oculomotoras).

En efecto, la Tabla I explicita más ampliamente las posibilidades de combinación de un desequilibrio oculomotor: inexistente (situación de normalidad), moderado o grande, y de una capacidad sensorial visual (mono y binocular) normal, moderada o afectada. Estrabismos ocurren siempre que haya un desequilibrio oculomotor «grande». Y, quizá, con afecciones no tan pronunciadas (moderadas), en la dependencia del estado de ajuste fino de la binocularidad. Pero en la ausencia de un desequilibrio oculomotor no hay manifestación

de anormalidad, aunque falten buenas condiciones visuales (por ejemplo, ciegos suelen mantener un buen equilibrio oculomotor, posicional y dinámico)<sup>1</sup>. Entonces, el desequilibrio oculomotor es necesario para que un estrabismo aparezca, aunque no sea suficiente (puede ser compensado por un buen ajuste sensorial). En cuanto el ajuste fino de la binocularidad (mecanismos fusionales) suelen no ser suficientes para evitar el estrabismo, ni su falta es necesaria para que aparezca.

En resumen, se puede decir, teleológicamente, que la adecuada «fusión» de las visiones de cada ojo es el propósito (o la finalidad) de la binocularidad humana, y que el movimiento ocular es un medio (o causa) para lograrla. Que la propia necesidad de obtención de la binocularidad «fusional» es, también, un estímulo (causa) para tal (por un mecanismo de retroalimentación).

## ELEMENTOS Y CONDICIONES

Los condicionamientos de la binocularidad humana son, por lo tanto, basados en tres tipos de funciones demandadas: la direccionalidad espacial del eje visual, o de fijación, de cada ojo<sup>2</sup>, alineando el objeto y la fovea; el ajuste focal de la imagen del objeto fijado (en dependencia de su distancia al ojo); y la triangulación entre las foveas y el objeto visado.

<b>Ajuste Sensorial</b>	<b>Desequilibrio motor</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Moderado</b>	<b>Grande</b>
<b>Normal</b>	<b>Normal</b>	<b>Normal</b>	<b>Heteroforia</b>	<b>Estrabismo</b>
<b>Moderado</b>	<b>Normal</b>	<b>Normal</b>	<b>Heteroforia Estrabismo</b>	<b>Estrabismo</b>
<b>Afectado</b>	<b>Normal</b>	<b>Normal</b>	<b>Estrabismo</b>	<b>Estrabismo</b>

*Tabla I. Estados de la binocularidad en función del equilibrio oculomotor y de la capacidad sensorial fusional.*

1 Estrictamente considerando, no se puede hablar de ejes visuales, o de fijaciones, en ciegos, sólo de ejes geométricos, o pupilares. Como no hay fusión, sólo el paralelismo de ejes puede ser evaluado.

2 Eje visual y eje de fijación ni siempre son considerados como sinónimos, conceptuados el primer como la línea entre la fovea y el objeto, pasando por los puntos nodales; y el segundo, cuando ella pasa por el centro de rotación ocular. Rigurosamente hablando, todavía, hay dos líneas visuales, ni siempre coaxiales: la línea entre el objeto y el punto nodal objeto; y la línea del punto nodal imagen a la foveola.

1. La **direccionalidad del eje visual** a un punto del espacio es, básicamente, una función monocular, que requiere movimientos (ducciones) accionados por los músculos oculares externos, trabajando asociadamente (por la ley de Sherrington) y limitados en sus amplitudes por estructuras de contención. Para la direccionalidad a puntos de un plano frontal a los ojos (espacio bidimensional), son requeridos desplazamientos horizontales y verticales. Pero ajustes de tal línea de dirección, de modo que una vertical (u horizontal) objetiva que pase por el punto fijado quede paralela al eje vertical (u horizontal) del ojo (es decir, de la retina) es igualmente necesaria. Así, tres pares de músculos oculares externos son necesarios en cada ojo, un par más apropiado a movimientos oculares horizontales (los rectos horizontales), uno para movimientos oculares verticales (los rectos verticales), y otro para los torsionales (los músculos oblicuos).

Aunque estas diferentes acciones pudieran ser independientemente compartidas por los tres pares de músculos, una regulación para asociación entre ellas sería necesaria, por la simple geometría tridimensional del espacio. Pero de acuerdo a las diferentes acciones de cada par de los músculos oculares externos, distribuidas por los tres planos del espacio, en la dependencia de sus posiciones relativas a los planos del ojo, resultan complejas combinaciones. De tal modo que para la fijación de cada punto del espacio un comando específico para el alineamiento propio es requerido.

2. La **triangulación** es el mecanismo por el que se llega al conocimiento de la distancia egocéntrica. Es decir, la distancia existente del objeto visto al observador. La triangulación (o bifoveación) es un sistema de evaluación angular sencillo, en que el punto visado es el ápice de un triángulo imaginario cuyos otros dos vértices son las fóveas de cada ojo. La fijación

simultánea del objeto por los ejes visuales de cada ojo requiere otro tipo de coordinación oculomotora, la de movimientos binocularmente articulados: versiones y vergencias. Para las versiones (rotaciones binoculares conjugadas), las actividades musculares son condicionadas por la ley de Hering que, en principio, garantizarían el paralelismo de los ejes visuales en las variadas direcciones del espacio. Sin embargo, para distancias finitas, es decir, para la ocurrencia de la triangulación oculomotora, no puede haber paralelismo entre los ejes visuales.

Así, un mecanismo de **ajuste** para las **diferentes** direcciones de adecuación de los ejes visuales al objeto de fijación es necesario<sup>3</sup>. Ese mecanismo, que también puede corregir eventuales disparidades de los posicionamientos oculares debidos a la diversidad de acciones requeridas a los músculos oculares externos y a la complejidad de sus regulaciones, es el de la  **fusión**.

Las condiciones de distribución de actividades entre los músculos oculares externos, explican posibles diferencias de la angulación de un estrabismo y motivan tests diagnósticos. Así, por ejemplo, cuando la fijación de un punto en el espacio es dada por un ojo cuyos elementos tienen condiciones normales, se puede observar una desviación del otro (supuestamente afectado), la desviación **primaria**. Pero cuando el ojo de elementos oculomotores afectados pasa a fijador, la desviación obtenida, entonces llamada **secundaria**, es mayor, debido a los mayores requerimientos inervacionales demandados por un músculo hipofuncionante (o por normales, contraponiéndose a restricciones rotacionales).

3. Finalmente, otra necesidad de la buena fijación es la de que en las diferentes distancias en que esté el objeto fijado con relación al observador (distancias

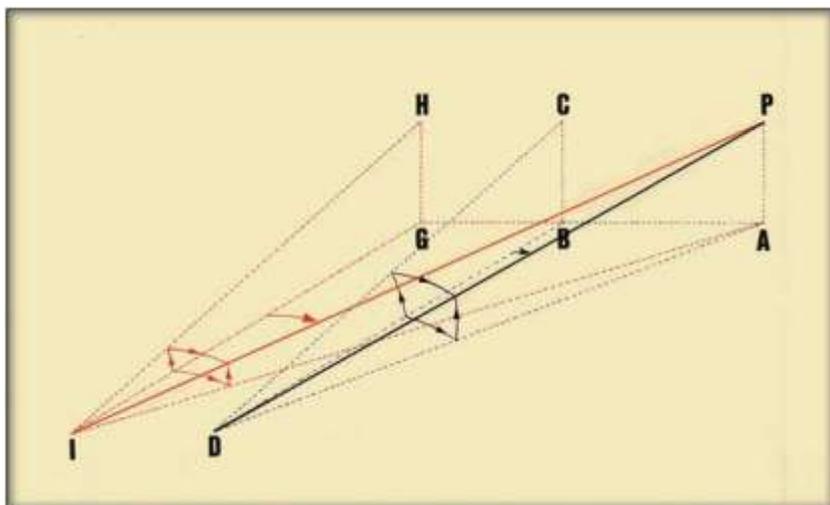
(<sup>1</sup>): Por ejemplo, en la figura 2, si se considera la distancia entre los centros de rotación ocular ( $\overline{DI}$ ) como 7 cm, un punto situado 10 cm a la derecha del centro de rotación ocular del ojo derecho ( $= \overline{AB}$ ), 5 cm arriba ( $= \overline{BC} = \overline{GH} = \overline{AP}$ ) y 20 cm adelante ( $\overline{DB} = \overline{IG}$ ), requiere para el ojo derecho una abducción ( $= \widehat{BDA}$ ) de  $26,57^\circ$ , una elevación ( $= \widehat{ADP}$ ) de  $12,60^\circ$ , lo que corresponde a una rotación a partir de la posición en frente ( $= \widehat{PDB}$ ) de  $29,21^\circ$ . Para el ojo izquierdo, la aducción es  $40,36^\circ$  ( $= \widehat{AIG}$ ), la elevación ( $= \widehat{AIP}$ ) es  $10,78^\circ$  y la rotación ( $= \widehat{PIG}$ ) es  $41,54^\circ$ . Además,  $\overline{DP} = 22,91$  cm e  $\overline{IP} = 26,72$  cm. Nótese que angulaciones aparentemente iguales no las son:

$$\widehat{BDA} = \arctan(10/20) = 26,57^\circ, \text{ pero } \widehat{CDP} = \arctan[10/(20^2 + 5^2)^{1/2}] = 25,88^\circ$$

$$\widehat{BDC} = \arctan(5/20) = 14,04^\circ, \text{ pero } \widehat{ADP} = \arctan[5/(20^2 + 10^2)^{1/2}] = 12,60^\circ =$$

$$\widehat{AIG} = \arctan(17/20) = 40,36^\circ, \text{ pero } \widehat{PIH} = \arctan[17/(20^2 + 5^2)^{1/2}] = 39,51^\circ =$$

$$\widehat{GIH} = \arctan(5/20) = 14,04^\circ, \text{ pero } \widehat{AIP} = \arctan[5/(20^2 + 17^2)^{1/2}] = 10,78^\circ$$



*Figura 2. Diferencias de posiciones de los ejes visuales de los ojos derecho e izquierdo (I) a un punto objeto situado a una distancia finita (P).*

egocéntricas), las respectivas imágenes queden bien ajustadas sobre el plano de la fovea (acomodación óptica). En principio, este mecanismo, esencialmente monocular, debería ser suficiente para proveer el conocimiento de la distancia egocéntrica. Pero como para juzgar la distancia egocéntrica se puso en disponibilidad la bifoveación, mostrándose más eficiente para tal finalidad, la acomodación quedó como

un mecanismo suplementario y de pequeña importancia en este sentido. Sin embargo, se mantuvo asociada a los requerimientos oculomotores de mirada a objetos próximos a los ojos (convergencia) constituyendo, por la reacción sincinética del «punto próximo» (acomodación, convergencia y miosis) un elemento fundamental en la patogenia (y en el tratamiento) de los desequilibrios oculomotores.

## 4.2.

# CAUSAS Y MECANISMOS DE LOS MOVIMIENTOS Y DEL EQUILIBRIO OCULOMOTOR

Aunque relacionados por múltiples clasificaciones, de acuerdo a los sentidos con que se manifiestan las desviaciones de los ejes oculares, sus magnitudes, tipos de fijación, modo o época de aparición, evolución y demás factores que sirvan para caracterizarlos, todos los estrabismos tienen como causas determinantes la condición estructural (mecánica), o la neural.

En efecto, sea por restricciones del movimiento ocular (por ejemplo, las que ocurren en una fractura del piso de la órbita atrapando el ojo y sus envueltas), sea por una debilidad del comando inervacional a uno o más músculos oculares externos, sea todavía por una combinación de tales factores, se puede describir la patogenia de los estrabismos. Por lo menos la concerniente a sus componentes mecánicos (oculomotores), es decir, los aspectos estáticos (las posiciones relativas de los ojos entre sí y en sus órbitas) y dinámicos (los movimientos independientes de cada uno, o comparados).

Esta concepción «mecanicista» no excluye los factores sensoriales involucrados a los estrabismos, tanto como sus causas o sus consecuencias. Pero aunque, como ya hemos visto (Tabla I), una falta de los mecanismos fusionales binoculares puede suscitar la aparición de un estrabismo, siendo necesario que el desequilibrio oculomotor ya exista previamente, desencadenándose solamente como resultado de la falta de compensación sensorial. En otras palabras, la falta de visión binocular, aisladamente, no es causa necesaria, ni suficiente, para que el desequilibrio oculomotor se manifieste.

### I) Fuerzas originadas de la inervación

La estimulación a los movimientos oculares, sea voluntaria (iniciada en el córtex frontal) o automática (córtex occipital), y «descendiendo» por las vías oculogiras, indirectamente a núcleos intermediarios de donde se distribuyen a las neuronas motoras de los músculos oculares externos; o, directamente a ellas mismas, producen respuestas musculares. Tales respuestas son de aumento de energía (fuerzas), conocidas como **contracciones**, o de la opuesta

disminución de energía (fuerzas), conocidas como **relajamientos**.

En verdad, las fuerzas de contracción son generadas por el acortamiento de las sarcómeras y, por lo tanto, se manifiestan naturalmente por el acortamiento longitudinal del músculo (contracción **isotónica**). Pero en condiciones en que se les contraponen otras, el músculo mantiene su largura y la contracción es entonces conocida como **isométrica**. Al revés, las fuerzas de relajamiento (o, si se quiere, de disminución de la contracción, lo que tiene, rigurosamente, el mismo significado) se manifiestan por la elongación longitudinal del músculo (relajamiento **isotónico**), o manteniendo su largura (relajamiento **isométrico**).

Dos músculos de acción opuesta (por ejemplo, el recto medial para la producción de aducción, y el resto lateral para la de abducción) se pueden contraer simultáneamente, contraponiéndose las fuerzas de uno a las del otro, originando respuestas isométricas. Casi siempre, entretanto las respuestas musculares (de contracción y/o de relajamiento) son isotónicas y, por tanto, el ojo que se mantiene en la órbita relativamente impedido de tener movimientos traslacionales (es decir, de **todas** sus partes), se mueve como si estuviese fijado en un punto: el **centro de las rotaciones oculares**. Para efectos prácticos este «centro» de las rotaciones oculares es considerado como un punto, el centro de masa del ojo, coincidente a su centro geométrico. En consideración más rigurosa, el centro de rotación está un poco desplazado con relación al centro geométrico del ojo, en sentido medial (cerca de 1,7 mm) y posterior (cerca de 1,5 mm). Además, sufre pequeños movimientos traslacionales acompañando las diferentes rotaciones. Esto produce el concepto de un «centrodo», el lugar de las sucesivas posiciones del «centro» de rotación ocular.

Rotaciones, por tanto, que resultan de contracción de un músculo y relajamiento recíproco de su antagonista, condición ésta conocida como ley de la inervación recíproca o de Sherrington.

Si no hubiesen fuerzas oponentes a una rotación, el ojo permanecería girando permanentemente. Para limitar el movimiento, una posibilidad sería la aparición de un comando inervacional opuesto al inicial, es decir,

de relajamiento del músculo que diera comienzo a la rotación (por una contracción), o de contracción de su antagonista. Demandaría una relación de inversiones de estímulos inervacionales, balanceadas por un delicado control de sus intensidades y duraciones, para modulaciones de la amplitud de la rotación deseada.

Pero para regulación de las rotaciones, la naturaleza eligió un modelo mucho más sencillo: ellas son iniciadas por los estímulos inervacionales (para contracción de un músculo agonista y relajamiento de su antagonista) y limitadas por fuerzas mecánicas, que aumentan progresivamente como las de distensión de una banda elástica. Así como la cantidad con que un elástico es elongado en función directa de la fuerza que a él se aplica, la amplitud de la rotación ocular es dependiente de la fuerza inervacional **inicialmente** generada.

Las fuerzas inervacionales son, entonces, llamadas **activas**, para distinguirlas de las de resistencia, ofrecidas por la distensión de las estructuras periorbitales, viscoelásticas, las fuerzas **pasivas**.

Las fuerzas **pasivas** son de dos órdenes: las **disipativas**, que se pierden como calor o en la producción de deformaciones «plásticas», no pudiendo recobrase; y las **conservativas**, que vuelven a manifestarse cuando las estructuras elásticas se acortan después que las fuerzas que la distendieron son extintas. Las fuerzas pasivas (conservativas) pueden ser conocidas por el estudio de la amplitud y velocidad de los movimientos centrípetos pasivos (*spring-back movements*) y su equilibrio determinado por la intermediación de las posiciones oculares de reposo, al final de retornos centrípetos obtenidos de desplazamientos simétricos y opuestos (e.g. abducción y aducción).

## II) Disfunciones de fuerzas activas

### A) Por falta

Este caso contempla las parálisis musculares (falta completa de sus acciones) o las paresias (falta parcial). El desequilibrio de fuerzas entre un músculo (agonista) y otro (su antagonista principal) determina la manifestación de la desviación, típica para cada parálisis o paresia.

### B) Por exceso

Estimulaciones excesivas y/o continuadas, ocasionando las llamadas **hiperfunciones** pueden

también ocurrir y presentar cuadros clínicos muy similares a los de las hipofunciones (de los respectivos antagonistas). La causa de la hipertonicidad muscular no queda muchas veces establecida.

Esotropías de las primeras edades («congénitas», «infantiles», «de bloqueo de nistagmo», etc.) son buenos ejemplos de tales disfunciones. Más que el paralelismo de los ejes visuales, obtenido por relajamiento de los músculos rectos mediales durante la anestesia general, la buena abducción de los ojos después de la corrección quirúrgica del estrabismo (o, a veces, en el periodo preoperatorio), elimina la hipótesis de la parálisis de los rectos laterales.

### C) Por errores inervacionales

Inervaciones inadecuadas, por las cuales la estimulación ocurre de modo paradójico, se pueden dar. El síndrome de Duane es un ejemplo típico. En la del Tipo I (de Huber), la estimulación para la abducción no se presenta (simulándose, entonces, una parálisis de abducción); pero en la aducción, cuando sería esperada una disminución de señales para el músculo recto lateral (relajamiento), hay un aumento. Así, la ley de Sherrington no es obedecida. Por la co-contracción de los rectos horizontales (medial y lateral) la aducción es, también, reducida y hay una translación ocular hacia atrás (enoftalmía), con subsecuente cierre de la hendidura palpebral (pseudoblefaroptosis).

### D) Defectos de conjugación

La estimulación de músculos yunta (como, por ejemplo, el recto medial izquierdo y el recto lateral derecho) con relajamiento de sus antagonistas correspondientes (recto lateral izquierdo y recto medial derecho, a su vez también conjugados) establece una desviación conjugada de la mirada (en este caso, para la derecha).

La mirada conjugada, cuya regulación es supranuclear, puede no estar paralizada, pero debilitada (o la de sentido opuesto estar hiperexcitada). En este caso, manifiéstase un nistagmo en resorte, con la fase rápida ocurriendo para el lado de la acción de los músculos hipo (o menos) funcionantes y la lenta para el lado de la acción de los músculos hiper (o más) funcionantes. El bloqueo del nistagmo se hace, entonces, en esta posición (para adonde ocurre la fase lenta). Para la mirada de frente (del cuerpo) la cabeza se posiciona girada hacia el lado opuesto.

### III) Disfunciones de fuerzas pasivas

#### A) Por exceso

Son las más comunes. La fractura del piso de la órbita, con herniación de estructuras perioculares que se quedan ahí atrapadas, es el ejemplo más típico. Frecuentemente, las rotaciones oculares se notan dificultadas no sólo en un sentido (por ejemplo, el de la elevación), como también en el opuesto.

La hipertrofia de un músculo, con o sin acortamiento («contractura»), un cuadro relativamente común en consecuencia a una parálisis (del músculo antagonista), o por causa primaria (la «hiperfunción» primaria de un músculo), identificándose como otro ejemplo de contención «mecánica» (pasiva), en oposición a las desviaciones tónicas.

En su comienzo, una esotropía acomodativa representa un problema puramente tónico (totalmente corregido si la inervación para la convergencia, por medio de la acomodación –la sincinesia acomodación-convergencia– es neutralizada), mientras que con el tiempo se convierte en «mecánico» por el acortamiento persistente de los músculos rectos mediales.

También, las desviaciones causadas por los músculos «hipertrofiados» en la tiroidopatía de Graves suelen ser aquí encuadradas, así como las de las fibrosis musculares, congénitas o adquiridas.

Procesos cicatriciales postquirúrgicos en la órbita, retracciones conjuntivales, membranas intermusculares, o tendones cortos e inelásticos (e.g. síndrome de Brown). En fin, todas las condiciones en que la distensibilidad normal de los tejidos perioculares está disminuida, corresponden a ejemplos de esta categoría.

#### B) Por falta

La facilitación de una rotación ocular por flacidez o falta de un músculo (en cuanto estructura «pasiva»), sea espontáneamente (por ejemplo, como resultado de su estiramiento continuado, causado por hiperfunción del antagonista, o en las agenesias musculares), o adquirida (avulsiones musculares), o todavía por flacidez o falta de otros tejidos (secciones accidentales de conjuntiva y membranas intermusculares), desencadenan desequilibrios oculomotores tanto como las causas inervacionales.

### IV) Alteraciones de fuerzas activas y pasivas

Cirugías de fortalecimiento de fuerzas, como las de avanzamiento de la inserción de músculos rectos, resecciones, plegamientos y todas las que emplean técnicas por las cuales los músculos queden más cortos, menos distensibles, aumentan la resistencia a la rotación en sentido opuesto al de la acción principal del músculo. Pero, también, posibilitan mejor transmisión de las fuerzas de contracción (el músculo es menos distensible y, por lo tanto, no absorbe fuerzas para su alargamiento), es decir, potencian la acción inervacional (las «actividades» de su contracción).

Al revés, cirugías de debilitamiento como las de retrocesos de inserciones (de músculos rectos), miotomías o tenotomías parciales, miectomías o tenectomías parciales, actúan como absorbiendo el exceso de comando inervacional para una contracción muscular: parte de la energía contráctil es requerida para recobrar la tensión original del músculo, entonces «aflojado», y ponerle en condiciones de traccionar el ojo. Y, por otro lado, para la rotación ocular en sentido opuesto, no ofrecen tanta resistencia como antes y, por lo tanto, el movimiento es facilitado.

En otros términos: procedimientos quirúrgicos tradicionales actúan tanto sobre las fuerzas activas como las pasivas. De acuerdo a como ellas se distribuyen en cada caso, los resultados serán variables, aunque predecibles por maniobras apropiadas.

Puesto que no se actúa sobre las verdaderas **causas** de la desviación, cuando ésta ocurre por comandos inervacionales inadecuados, sino en sus **efectos**, las respuestas musculares no es sorprendente que se obtengan resultados variables en idénticos procedimientos mecánicos (quirúrgicos) o, incluso, buen resultado inmediato, seguido de inestabilidad y nueva desviación a lo largo del tiempo.

Es importante señalar que una vez cambiado el estado muscular, sea por su acortamiento o estiramiento (procedimientos de fortalecimiento), sea por su aflojamiento (procedimientos de debilitamiento), ocurre una reacción como de compensación. De hecho, el número de las sarcómeras se modifica, aumentando en el músculo fortalecido y disminuyendo en el debilitado.

En verdad, los términos «estiramiento» (cuando se hace una resección) o «aflojamiento» (cuando se promueve una recesión) son relativos a la posición del ojo, pues se puede considerar que relativamente a la órbita el tamaño longitudinal del músculo no sea cambiado: los procedimientos equivalen a desinsertar

los músculos del ojo y, simplemente, volver a reinsertarlos después de mover el ojo desde su posición de desviación a otra más favorable<sup>4</sup>. Sin embargo, se describe una modificación de la estructura muscular íntima, quizá determinada por los cambios de la dinámica ocular.

## Y) Condiciones sensoriales visuales

### A) Monoculares

#### 1) *Fijación*

La necesidad de la discriminación visual más refinada para un objeto, que despierte la atención, requiere que su imagen se forme sobre la foveola, la región de la retina más densamente provista de conos, y que se considera como su centro funcional y topográfico. La máxima agudeza visual, o capacidad de resolución de dos puntos, es, entonces, relacionada al diámetro de un cono (es decir, la de separación entre otros dos, sobre los cuales ocurren las estimulaciones por las imágenes de los puntos). El diámetro de un cono foveal es aproximadamente de 1 a 4 mm, lo que corresponde, relativamente al punto nodal imagen del ojo (situado en un ojo ideal a cerca de 17,06 mm delante de la fovea) a un ángulo de 12" a 48". Aunque el ojo estuviese absolutamente estático, tal sería la imprecisión de localización angular de un punto en el espacio.

Pero esta «fijación» visual, o sea, el mantenimiento del alineamiento ocular, tal que la imagen del «punto» objeto quede fija sobre el mismo cono, no es obedecida (para evitar los mecanismos de adaptación sensorial, por los cuales ocurriría la consecuente pérdida de la respectiva percepción). En contrario, la «fijación» visual, o la «foveación», es un mecanismo reflejo, por medio de movimientos oculares en sacudida, cuya estimulación parte de las áreas 18 y 19 del lóbulo occipital, por vías cortico-tectales, al colículo superior y de ahí a los centros de la mirada en el puente. Así, el ojo hace como un rastreo del espacio, por movimientos de amplitud y velocidad variables, de sentido aleatorio, en un área circular de, aproximadamente, 10 a 50  $\mu\text{m}$  de diámetro, aunque la inestabilidad puede llegar a ser

circunscrita a un círculo de 100  $\mu\text{m}$ . En verdad, un punto en el espacio que esté alejado, de media, 18' de otro (lo que equivale a 0,5<sup>Δ</sup>) no despierta una respuesta de refijación. Para **Young**, los valores serían aun mayores (30', equivalente a 0,9<sup>Δ</sup>).

Esta condición es importante como límite de la exactitud con que se mide la posición de un ojo en el espacio. De ahí, también, se puede inferir que la medida **objetiva** de la menor diferencia entre la posición de los dos ojos (es decir, una desviación) será de 1<sup>Δ</sup> a 1,8<sup>Δ</sup> (aunque, subjetivamente, valores menores pueden ser percibidos).

Una intensificación de estos movimientos oculares de fijación puede ser observada como oscilaciones de la retina, rápidas, regulares y de pequeña amplitud, visibles cuando se hace una oftalmoscopia: los micronistagmos. Todavía mayores, las inestabilidades oculares son descritas como nistagmos, que pueden ser latentes, desencadenados por la ruptura de los mecanismos binoculares de fusión (por la oclusión de un ojo). También se puede entender como defecto del mecanismo de fijación, los movimientos oculares irregulares de su búsqueda, cuando, por ejemplo, hay una lesión de la retina central. Por supuesto, la explicación es ahora totalmente diferente (pérdida de las señales aferentes del mecanismo de foveación).

Otros tipos de nistagmo o de movimientos oculares dismétricos y, por consecuencia, afectando la fijación ocular, son causados por lesiones del laberinto, de los núcleos vestibulares o del cerebelo y sus conexiones con los núcleos motores de los músculos oculares externos. En todos los tipos hay dos consecuencias importantes de la inestabilidad de fijación: la disminución de la agudeza visual (sea como causa o como resultado del nistagmo) y la dificultad de evaluación de la posición ocular, en términos absolutos o relativos (medición de la posible desviación entre las direcciones visuales principales de los ojos).

#### 2) *Acomodación*

Además del direccionamiento de eje de fijación al objeto que despierte la atención visual, es necesario un sistema óptico para que en las diferentes distancias a que esté posicionado relativamente al ojo, las respectivas imágenes queden ajustadas sobre la fovea.

4 El mecanismo de la corrección quirúrgica de un estrabismo es un poco más complejo ya que, en una anteriorización de inserción (de un recto horizontal) hay una retirada efectiva de un trozo muscular; y, además, cuantitativamente, no siempre el monto de la resección (avanza miento, acortamiento) es idéntico al de la recesión (aflojamiento) y, o a la corrección angular **pasivamente** obtenida.

La acomodación depende de la distancia ( $p$ ) entre el ojo (es decir, su primer punto principal, cerca de 1,6 mm por detrás de la superficie anterior de la

córnea) y el objeto ( $p = KP$ , Figura 3), de la ametropía ( $V$ ) y de la lente eventualmente usada ( $L_u$ ). Cuando se la pone delante del plano principal del ojo ( $s$ , distancia vértex), la acomodación es:

$$A - V = \frac{1 - L_u (p - s)}{p - s \cdot L_u (p - s)}$$

Y como la lente que corrige la ametropía ( $L_a$ ) a ella ( $V$ ) se relaciona por  $V = L_a / (1 - s \cdot L_a)$ , viene:

$$A \cong \frac{1 - (L_u - L_a) (p + s)}{p [1 - s (L_u + L_a)]}$$

Para lentes normocorrectoras de las ametropía ( $L_u = L_a$ ):

$$A \cdot p \cong 1 / (1 - 2 s \cdot L_a) \cong 1 + 2 s \cdot L_a$$

es decir, hay (para lentes convencionales normocorrectoras para lejos) siempre una hipocorrección de la ametropía para cerca, de modo que miopes acomoden menos e hipermetropes más, de acuerdo al valor de la corrección ( $L_a$ ) y de la distancia.

### **B) Binoculares: correspondencia visual (o retínica)**

La fusión binocular es el mecanismo por el cual el sistema nervioso central logra la integración sensorial visual de los dos ojos, por medio de la "bifoveación", es decir, de la adecuada fijación de cada uno de los ojos al objeto de atención. Por este mecanismo son hechos ajustes de las posiciones oculares al final de movimientos cuyos estímulos no han sido natural y suficientemente exactos para bien direccionar los ejes visuales al mismo punto del espacio, es decir, para las "foveaciones" respectivas.

Los mecanismos fusionales, o vergenciales, son reflejos, originados en el córtex occipital (área periestriada), estimulados por la disparidad de las localizaciones retinianas en que se forman las

imágenes del objeto de atención visual. Por supuesto, si faltan informaciones aferentes para tal regulación, y cuando existe un desequilibrio de comando oculomotor, habrá una desviación de los ejes visuales, manifiesta, una heterotropía (estrabismo). Esta es la base del test objetivo más común de la binocularidad humana, el de su disociación, por la interrupción de la visión de un ojo (test de cobertura).

Aunque la bifoveación sea esencial para garantizar la fusión, informaciones aportadas por las retinas periféricas también la promueven. Así, por ejemplo, en hemianopsias bitemporales, o binasales, hay un debilitamiento de la binocularidad, con una propensión a estrabismos, principalmente cuando desequilibrios oculomotores previos estén presentes.

Por otro lado, fusiones anómalas, como las desarrolladas por estrabismos de comienzo muy precoz (la correspondencia retínica -o visual-anómala) son tanto más estables y resistentes a tratamientos cuanto menor el ángulo de estrabismo. Lo que es lógico, porque la mejor binocularidad y más estable es la obtenida cuando la fovea de un ojo esté relacionada a la fovea del otro (correspondencia retínica normal, que se desarrolla en casos

<sup>5</sup> Estudios experimentales, en que la fijación bifoveal pueda ser cambiada en favor de impulsos fusionales de la retina más periférica muestran que los mayores estímulos de fusión son generados por la área paramacular.

de normalidad oculomotora). (\*) Cuanto menor desviación con la cual una fusión anómala se establezca, más jerárquicamente próximos son los puntos correspondientes y, por lo tanto, más estable la correspondencia. Condiciones así, aunque anormales, son tan estables que hacen contraindicadas las intervenciones quirúrgicas sobre estrabismos de pequeño ángulo que la poseen (correspondencia anómala), pues la recidiva al ángulo anterior, por el mecanismo fusional, es la regla. (Análogamente, sería como intentar producir una exodesviación de pequeño ángulo en una persona ortorrópica y con binocularidad normal: la convergencia fusional compensaría la desviación, convirtiéndola en exoforia). Por otro lado, cuanto mayor el ángulo de estrabismo (precoz) menos probable el desarrollo de una correspondencia binocular anómala y, o, más débil su estado.

En verdad, para que la fusión y la binocularidad sean consideradas normales, no hay necesidad de una relación absolutamente correspondiente entre fotorreceptores con idénticas direcciones visuales. Al revés, la estimulación simultánea de elementos retínicos dispares en cada ojo, es decir, con distintas (aunque próximas) direcciones visuales, crea la percepción de la estereopsis (por paralajes). Hoy, además, se acepta que la teoría de "puntos" correspondientes fijos (o campos receptivos, o áreas correspondientes inmutables) no se puede sostener, aceptándose cierta plasticidad sensorial para poder entender variados fenómenos de la binocularidad.

Las incertidumbres entre casos con una fusión normal y otros en que ella se obtiene con desviaciones muy pequeñas relativamente a las posiciones oculares que deberían ser consideradas normales (microestrabismos) son convencionalmente resueltas por la estimación de la estereopsis. Si las mediciones quedan entre 14 y 40 segundos de arco (con media alrededor de 24'', coincidentemente el tamaño angular patrón de un cono en el centro de la fovea) el sujeto es considerado "normal" (con visión binocular bifoveal). Microestrabismos presentarían agudeza estereoscópica peor que 70 segundos y tanto más alejada de la normalidad cuanto mayor la disparidad de los elementos retínicos correspondientes<sup>(\*)</sup>.

En resumen, en la transición entre lo que sea una binocularidad normal, o anormal, los límites son mal definidos, y casi solamente establecidos por tests de interpretación subjetiva, muy refinados. Sea entonces por la relativa proximidad de reacciones oculomotoras y perceptuales (principalmente horizontales) entre normales y microestrabismos, sea por la imposibilidad de cambio de uno de estos estados al otro, han sido aceptados como "buenos resultados" de correcciones quirúrgicas las desviaciones (residuales) de hasta aproximadamente 7° (doce dioptrías prismáticas). En verdad, los límites de estereoagudeza periférica se mantienen relativamente constantes hasta más o menos 5°, y después aumentan de modo exponencial. En cuanto a la estereopsis central, disparidades de 1° son todavía operacionalmente estimulantes.

6 Las mediciones son referentes a disparidades **horizontales**. Disparidades verticales no son consideradas como causantes de percepciones estereoscópicas; ya que cuando sobrepasen 7' (la amplitud vertical de la área de Panum) la diplopía se presenta, aunque la estereopsis pueda ser notada con disparidades mayores (30').

## 4.3.

### COMPONENTES DE DESVIACIONES DE LOS EJES VISUALES

#### I) En fijaciones «para lejos»

Como ya visto, el estímulo de la acomodación para aumento del poder dióptrico ocular, requerido para compensación de hipermetropías (naturales o artificialmente inducidas, por lentes negativas), o para fijación a objetos próximos al ojo, suscita convergencia, por una relación sincinética de respuestas de los músculos ciliares (acomodación) y rectos mediales (convergencia), inervados por el III par de nervios craneales.

Entonces, por definición, el equilibrio oculomotor básico (B) es estimado cuando la fijación ocular es dirigida para el infinito y con el mecanismo de la acomodación neutralizado (por cicloplejia, o por corrección óptica).

Este equilibrio oculomotor básico (B) es dependiente de inadecuaciones tónicas, sean ellas causadas por hipo o hiperestimulación neural, sean por hipo o hiperreactividad muscular, cuyo resultado origina lo que se ha convenido llamar hipofunciones motoras (parálisis o paresias), o hiperfunciones motoras (T). Pero, también, como ya visto, se agregan a estos componentes «activos» los determinados por tracciones de estructuras pasivas, las contenciones rotacionales (P):

$$B = T + P$$

No siempre las restricciones de movimiento ocular debidas a los elementos pasivos del sistema oculomotor (P) son absolutas. La constatación de P es sencilla, pero su medición, preferentemente hecha bajo anestesia general (cuando las tonicidades musculares –T– son neutralizadas) requiere una delicada instrumentación para correlacionar magnitudes de fuerzas tangenciales aplicadas a la superficie ocular y la respectiva amplitud de rotación lograda, cuyos valores normales son conocidos. Por otro lado, si las restricciones rotacionales (pasivas) son muy grandes, el relajamiento de las tonicidades, aunque ocurran (bajo anestesia general), no manifiestan variaciones del posicionamiento ocular y, así, los valores de T quedan enmascarados, desconocidos.

Una posibilidad de variación de T es dada por la acomodación. Si ella es permitida, agrégase la respuesta

convergenzial acomodativa ( $C_A$ ), la desviación tónica pasa a  $T + C_A$  y el estado de equilibrio oculomotor (B) puede ser negativo (exodesviación), nulo (ortotropía), o positivo (esodesviación). El resultado que difiere de cero puede ser todavía compensado como heteroforia, desde que haya una convergencia fusional (cuando  $B + C_A$  es negativo) o una divergencia fusional (cuando  $B + C_A$  es positivo). Pero cuando la capacidad fusional de compensación (F) es menor que la suma  $B + C_A$ , aparece un estrabismo.

Ajustes fusionales para eventual compensación de desviaciones verticales (vergencia fusional I/D o D/I) y torsionales (exciclo o inciclovergencia) pueden ocurrir para evitar estrabismos verticales y torsionales de pequeñas magnitudes.

Sin embargo, para la compensación de desviaciones horizontales, sean ellas por convergencia (un mecanismo naturalmente necesario para las miradas a objetos cercanos y, por lo tanto, bien desarrollado), sean ellas por «desconvergencia», o divergencia (un mecanismo que no tendría finalidad absoluta) las amplitudes fusionales son usualmente mayores.

La aceptación de un mecanismo propio de divergencia, más actuante para la fijación de lejos que para la de cerca, en oposición a un mecanismo de convergencia, mas activo para cerca que para lejos, dio oportunidad de la proposición de toda una teoría sobre cuadros vergenciales de los estrabismos. Exotropías mayores de lejos que de cerca serían por exceso de divergencia, en cuanto sean mayores de cerca que de lejos, por insuficiencia de convergencia. Esotropías mayores de cerca que de lejos serían causadas por exceso de convergencia, en cuanto que sean mayores de lejos que de cerca, por insuficiencia de divergencia. Aun se sigue disputando sobre la dualidad entre convergencia y divergencia. Pero además de una falta de comprobación de la existencia de centros de comando para la divergencia (y de su necesidad, en un modelo de binocularidad como el humano), las consecuentes propuestas de correcciones de los desequilibrios oculomotores así concebidos no se mostrarán efectivas (por ejemplo, los refuerzos de los rectos laterales en casos clasificados como por insuficiencia de divergencia), ni lograrán resultados prácticos los

procedimientos para diferenciaciones diagnósticas (como por ejemplo, para la distinción entre lo que debería ser un exceso de divergencia y un pseudoexceso de divergencia).

## II) En fijaciones "para cerca"

### A) La demanda convergencial

Cuando un objeto queda a una distancia finita, hay la necesidad de convergencia. El valor angular de tal demanda convergencial ( $G$ ) es calculado por la relación entre la distancia entre los centros de rotaciones oculares (tomada como equivalente a la distancia interpupilar,  $i = \overline{ID}$ ) y la distancia ( $d = \overline{MP}$ , o  $\overline{PK'} + \overline{K'I} = p + r = \overline{IP}$ ) al objeto fijado (figura 3):  $G = 2 \arctan (i/2d)$ , o  $G = 2 \arcsin [(i/2) / (p + r)]$ .

Para esta demanda geométrica de la convergencia ( $G$ ), calculada en dioptrías prismáticas, las ecuaciones son:

$$G = (400 i \cdot d) / (4 d^2 - i^2)^{(7)}$$

$$\text{o } G = 100 i [4 (p + r)^2 - i^2]^{1/2} [2 (p + r)^2 - i^2]^{-1}$$

en que todos los valores deben ser expresados en las mismas unidades (por ejemplo, centímetros). Así, para  $i = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$ , y  $d = 30 \text{ cm}$ , resulta  $G = 11,42^\circ = 20,2^\Delta$ .

Efectivamente, de la figura 3:

$$(p + r)^2 = d^2 + (i/2)^2$$

$$w / (s + r) = i/2d$$

de donde viene

$$w = i (s + r) [4 (p + r)^2 - i^2]^{-1/2}$$

El valor de la prismación en dioptrías prismáticas ( $\Delta$ ) es, por la fórmula de Prentice,  $\Delta = L \square w$ , cuando  $w$  es expresada en centímetros y el valor de la lente ( $L$ ) en dioptrías.

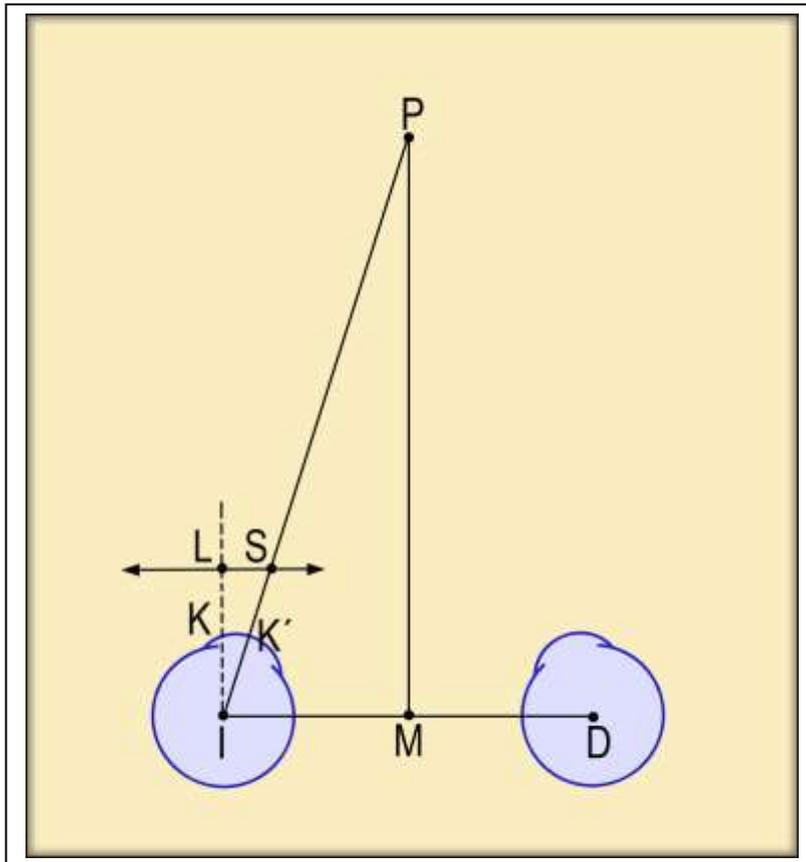


Figura 3. Elementos para determinación de la demanda convergencial a un punto P (ángulo IPD =  $G$ ), situado a la distancia  $d = \overline{MP}$  del punto medio de la línea entre los centros de rotación oculares, I y D ( $ID = i$ ); y para determinación del valor de la acomodación (distancia  $KP = p$ ). También se muestra una lente (L) separada del ojo por  $LK = s$ , distancia vértice y cuyo centro óptico está puesto en S (centración de la mirada para cerca, distanciada de la concentración de la mirada para lejos, por  $LS = w$ ).  $IK = IK' = r$ , radio de curvatura del ojo.

<sup>7</sup> Frecuentemente se usa la simplificación  $G = 100 i/d$  (o  $G^\Delta = i/d$ , cuando  $i$  viene expresado en centímetros y  $d$  en metros, como en la definición de medidas angulares en dioptrías-prismáticas).

## B) La convergencia acomodativa

En las fijaciones de cerca, ocurre una reacción sincinética entre la acomodación y la convergencia: el estímulo a la acomodación (A) fluye también a los rectos mediales, originando convergencia (convergencia acomodativa,  $C_A$ ), cuyo valor depende de la acomodación suscitada (A) y de la llamada relación  $C_A/A$ :

$$C_A = A \cdot C_A/A$$

Las esotropías inducidas por la acomodación (y compensadas por la corrección óptica de las hipermetropías) son, por eso, llamadas **acomodativas**. Cuando la relación  $C_A/A$  es alta, es decir, cuando mucha convergencia resulta de la estimulación de la acomodación (lo que puede suceder por una deficiencia de esta función, requiriendo más inervación para que ella ocurra — lo que conduce más inervación a los rectos mediales) resulta lo que se llama una esodesviación **hipoacomodativa** y que se presenta para fijaciones de cerca, aunque la desviación de lejos esté neutralizada (por la corrección total de la hipermetropía). Lentes adicionales para la neutralización de esta acomodación de cerca son entonces necesarias.

El hecho es que esodesviaciones suelen ser influenciadas por la corrección de hipermetropías, con la consecuente disminución, o anulación, de la acomodación (cuando la corrección de la hipermetropía es total) y, por lo tanto, de la convergencia acomodativa. Mucho, o poco, de acuerdo a los valores de la acomodación <sup>(9)</sup> y de la relación con que ella evoque la convergencia (es decir, por el valor de la relación  $C_A/A$ ).

## C) La convergencia proximal

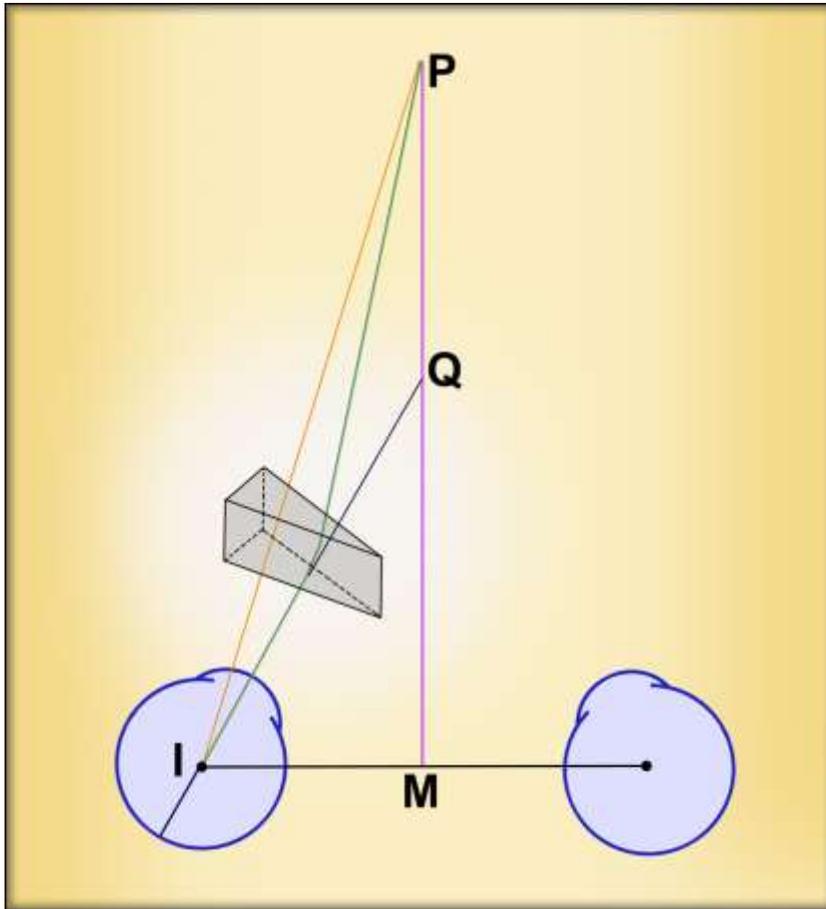
Para explicar una diferencia de valores convergenciales obtenidos en las fijaciones oculares a puntos cercanos, siempre mayores cuando comparados a los obtenidos por cantidades equivalentes de acomodación, generada solamente por recursos ópticos (lentes), se pasó a conceptualizar una convergencia **proximal**, o **psíquica**, estimulada por la mayor “consciencia de la proximidad” en la visión de cerca.

Es decir, la medición de la respuesta convergencial cuando naturalmente estimulada por la aproximación del objeto a los ojos muestra valores mayores (convergencia acomodativa más convergencia proximal) que la obtenida por estimulación sencilla de la acomodación (por lentes, la convergencia acomodativa pura). De ahí la denominación de los **métodos de las heteroforias** (de lejos y de cerca) para la medición de la suma de las convergencias acomodativa y proximal; y **del gradiente** (por variaciones de lentes, a una misma distancia), para la medición de la respuesta convergencial acomodativa pura.

## D) Factores ópticos

Efectivamente, la convergencia de cerca es influenciada por otros factores. No solamente los que originan la convergencia proximal sino, también, los ópticos. Así, en las hipermetropías, aunque cuando totalmente corregidas, la acomodación es mayor para cerca, por efecto de la distancia vértex. (Por ejemplo, para  $L_a = +10$  D y  $s = 15$  mm, la acomodación para la distancia de 25 cm nos es 4 D, pero 5,48 D (o, por la ecuación de aproximación, 5,71 D). Si la lente no tiene su centro óptico arreglado para cerca (como en la figura 3), hay también un efecto prismático (de base temporal en las lentes positivas). Para una distancia interpupilar  $i = 6$  cm, es de  $3,16^\Delta$  para cada lente (figuras 3 y 4). Es decir, hay aproximadamente 1,5 D **a más** de la acomodación sencillamente calculada (que, para una relación  $C_A/A$  “normal” de  $4^\Delta/D$  evocarían más  $6^\Delta$  de convergencia acomodativa), pero compensada por un total de otras  $6^\Delta$  de convergencia “ayudada” por la prismación (figura 4). Desde un punto de vista sensorial (F), la mayor convergencia (C, inducida por la acomodación), es neutralizada por la prismación ( $\Delta$ ),  $C - \Delta = F = 0$ . Es decir, no hay necesidad de mecanismos fusionales de compensación (como cuando se prescriben prismas de base temporal para compensación de esodesviaciones). Pero desde un punto de vista mecánico, hay una estimulación al acortamiento de los rectos mediales por la mayor convergencia inducida.

<sup>(9)</sup> Valores muy altos de la hipermetropía no suelen producir acomodación compensatoria. En tales casos, de modo aparentemente paradójico, se puede suscitar una esotropía o, al revés, la compensación de una exotropía, **después** de la corrección **parcial** de la hipermetropía.



*Figura 4.* Efecto prismático de base temporal producido por una lente positiva, para la fijación a un punto P (delante de los ojos). El efecto es de mayor convergencia inducida ( $IQM > IPM$ ) si no hay desviación previa; o de compensación de una esodesviación, relativamente al punto P.

En otros términos, suponiendo que el eje visual pase por el centro óptico de la lente, es decir, si no hay prismación, la acomodación es mayor en las lentes positivas que en las negativas (normocorrectoras), para objetos a distancias próximas, por el efecto de la distancia vértex. Entonces, hipermetropes ópticamente corregidos convergen más que miopes ópticamente corregidos. La desviación eventualmente producida y la consecuente diplopía (homónima en la mayor convergencia, cruzada en la menor) es respectivamente compensada por la correspondiente divergencia fusional o por la convergencia fusional; o, entonces,

compensada por prismación (de base temporal o nasal, respectivamente). Pero como, para cerca, el centro óptico de una lente está desplazado, normalmente para el lado temporal, hay un efecto prismático de base temporal en las lentes positivas (y de base nasal en las negativas), es decir, una compensación prismática automática de la mayor (o de la menor) convergencia suscitada por la acomodación. Por supuesto, la compensación es cuantitativamente suficiente, o no, en la dependencia de los varios factores involucrados en este mecanismo.

## 4.4.

### CONSIDERACIONES FINALES

---

La duplicidad de demandas motoras y sensoriales de la binocularidad humana, la complejidad de las interacciones de los mecanismos con que ellas se relacionan y la posibilidad de que se disocian dando, inclusive, la falta de límites precisos entre lo que sea normalidad y anormalidad, crean una variada trama de condiciones patogénicas. En que, muchas veces, la solución de una de las demandas no siempre es de la otra, o del factor causal. Por ejemplo, privilegiar la bifoveación por prismaciones (aliviando parte de las necesidades fusionales), mantiene posiciones oculares viciosas; corregir quirúrgicamente un estrabismo (con correspondencia visual anómala) causa diplopía (con eventual compensación fusional y recidiva del ángulo anterior de la desviación); prescribir lentes adicionales de cerca (para compensación de esotropías acomodativas (bifocales), una opción por la cual se favorecen los mecanismos binoculares fusionales y motores, no ayuda a la corrección de la causa (un tipo de presbiopía precoz), quizá la agrave por el reposo acomodativo producido. Lo que no significa,

necesariamente, que estas intervenciones sean desechadas.

En otros casos, se dan resultados aparentemente incoherentes con la teoría (como la ya referida disminución angular de una exotropía por prescripción de lentes positivas), o paradójicos (la mejoría de la binocularidad por su quiebra parcial, lo que ocurre en las exotropías intermitentes cuando se hacen oclusiones intermitentes), o sorprendentes (resultados quirúrgicos muy dispares en casos en que todo parecía similar). Lo que se entiende sabiendo que los tratamientos son de los «efectos» (respuestas musculares), no de las causas (disfunciones de comandos inervacionales).

Sobre todo, persiste, por lo menos parcialmente, el desconocimiento de cómo los mecanismos de la binocularidad humana, no apenas los de estructuras periféricas (músculos oculares externos y tejidos), como de las centrales (sensoriales y de inervación efectora), reaccionan readaptativamente ante intervenciones (clínicas y quirúrgicas), a lo largo del tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Alpern A.**- Specification of the Directions of Regard. In *The Eye*, vol. 3: Muscular Mechanisms. H. Davson, edit., 2nd Ed., New York & London: Academic Press, 1969, pp. 5-12.
- Alpern A.**- Types of Movements. In *The Eye*, vol. 3: Muscular Mechanisms, H. Davson, edit., 2<sup>nd</sup> Ed., New York & London: Academic Press, 1969, pp. 27-64.
- Alpern A.**- Types of Movements. In *The Eye*, vol. 3: Muscular Mechanisms, H. Davson, edit., 2<sup>nd</sup> Ed., New York & London: Academic Press, 1969, pp. 65-174.
- Bicas HEA.**- Algumas considerações sobre as medidas de convergência, acomodação e relação  $C_A/A$ . *Rev Lat Amer Estrab.* 1976; 1(1): 68-87.
- Bicas HEA.**- Consideraciones sobre los factores mecánicos en la acción de los músculos oculares. *Acta Estrabológica*: 1996; 25: 161-78.
- Bicas HEA.**- The Laws and Rationales of the Oculomotor Balance. Conference ISA-CLADE. In *Strabismus 2006. Proceedings of the Joint Congress. The X Meeting of The International Strabismological Association-ISA and the First Extraordinary Meeting of the Latin American Council of Strabismus-CLADE*. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2006, pp. 39-68.
- Bishop PO.**- Binocular Vision. In *Adler's Physiology of the Eye. Clinical Application*, R. A. Moses, edit., 6<sup>th</sup> Ed., Saint Louis: The C.V. Mosby Co., 1975, pp. 558-614.
- Burde RM.**- Control of eye movements. In *Adler's Physiology of the Eye Clinical Application*, R. A. Moses, edit., 6<sup>th</sup> Ed., Saint Louis: The C.V. Mosby Co., 1975, pp 123-65.
- Cannon SC.**- Basic Mechanisms of Ocular Motor Control. In *Principles and Practice of Ophthalmology*, vol. 4, D.M. Albert & F. A. Jakobiec, edits. W.B. Saunders Co., 1994, pp. 2391-2410.
- Duke-Elder S.**- *The Eye in Evolution, Vol. I, System of Ophthalmology*, S. Duke-Elder, ed., London: Henry Kimpton, 1958.
- Duke-Elder S, Abrams D.**- *Ophthalmic Optics and Refraction, vol. V, System of Ophthalmology*. S. DukeElder, edit., London: Henry Kimpton, 1970, p. 120.
- Emsley HH.**- *Visual Optics. Vol. 1: Optics of Vision, 5<sup>th</sup> Ed.*, London: Butterworths, 1976.
- Goldstein HP, Scott AB, Nelson LB.**- Ocular Motility. In *Foundations of Clinical Ophthalmology*, vol. 2, Chap 23. W. Tasman & E. A. Jaeger, edits., Philadelphia & New York: Lippincott-Raven, 1995, 65 p.
- Howard IP, Rogers RJ.**- *Binocular Vision and Stereopsis Oxford Psychology Series, n. 29*. New York: Oxford University Press, 1995.
- Huber A.**- Duane's retraction syndrome. Considerations on pathogenesis and aetiology of the different forms of Duane's retraction syndrome. In *Strabismus' 69*. London: Henry Kimpton, 1970, p. 36.
- Parks MM.**- The monofixation syndrome. In *Symposium on Strabismus*. St. Louis: The C.V. Mosby Co., 1971, pp. 121-153.
- Perea J.**- *Fisiología Motora*. In *Estrabismos*. J. Perea, Edit., Toledo, 2006, pp. 45-106.
- Romano PE, Romano JA.**- Fusion: a new classification and methods for determining the level of sensory binocular cooperation. *Survey Ophthalmol.*, 1973; 17: 458-68.
- Schor CF, Ciuffreda KJ.**- *Vergence eye Movements: Basic and Clinical Aspects*. Boston: Butterworths, 1983..

**Wadell BA.**- Foundations of Vision. Sunderland: Sinauer Assoc., 1995.

**Young LR.**- The sampled data model and the foveal dead zone for saccades. In Models of Oculomotor Behavior and Control, B.L. Zuber, edit., Boca Raton: CRC Press, 1981, pp. 43-74.