

VNIVERSITAT Đ VALÈNCIA

Facultad de Medicina y Odontología

Departamento de Cirugía



Programa de Doctorado en Medicina

**ESTRABISMO Y VISIÓN BINOCULAR  
TRAS CIRUGÍA REFRACTIVA**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:  
Agustina Martínez Lajara

Dirigida por:  
Dr. Antonio Duch Samper  
Dra. Patricia Bayo Calduch

Valencia, Octubre, 2018



TESIS DOCTORAL

ESTRABISMO Y VISIÓN BINOCULAR TRAS  
CIRUGÍA REFRACTIVA

Presentada por:

**Agustina Martínez Lajara**

Licenciada en Medicina y Cirugía

Especialista en Oftalmología

Departamento de Cirugía  
Programa de Doctorado 3139 Medicina  
Facultad de Medicina y Odontología  
UNIVERSIDAD DE VALENCIA

2018



**ANTONIO DUCH SAMPER**, Doctor en Medicina y Cirugía, Jefe de Servicio de Oftalmología del Hospital Clínico Universitario de Valencia y Profesor Asociado de la Universidad de Valencia.

**PATRICIA BAYO CALDUCH**, Doctora en Medicina y Cirugía y Facultativo especialista en Oftalmología del Hospital Clínico Universitario de Valencia.

CERTIFICAN QUE

**AGUSTINA MARTÍNEZ LAJARA**, Licenciada en Medicina y Cirugía, Médico Adjunto de Oftalmología Pediátrica en el Hospital Dénia Marina Salud, ha realizado bajo su codirección el trabajo de investigación clínica

**“ESTRABISMO Y VISIÓN BINOCULAR TRAS CIRUGÍA REFRACTIVA”**

el cual reúne las condiciones necesarias para ser presentado y defendido como tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Valencia

Y para que conste a todos los efectos se firma la presente en

Valencia, Octubre del 2018

Antonio Duch Samper

Patricia Bayo Calduch

Agustina Martínez Lajara



*“Lo esencial es invisible a los ojos”*

Antoine De Saint-Exupéry

(El Principito)



A la Dra. Patricia Bayo, por tu valioso esfuerzo para dirigir este trabajo. Por tu orientación, consejos y estímulo constante, consiguiendo animarme en los momentos más difíciles.

Al Dr. Antonio Duch por tu estimable ayuda, apoyo y paciencia demostrados durante la dirección de este proyecto de tesis doctoral.

A la Dra. Lili Gil, por todo lo que me enseñaste y sigues enseñándome a pesar del Atlántico que nos separa. Por tu alegría y por contagiarme el entusiasmo por el estrabismo.

A todos mis compañeros de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, donde nació esta tesis como trabajo de investigación durante mi estancia como fellow en la Subespecialidad de Estrabismo y Oftalmología pediátrica. En especial a Andrés Benatti por toda la ayuda prestada en este proyecto y a Gerardo García y Rafa Pas por orientarme con su sabiduría.

A Tolo, por tu paciencia. Por todas las horas que me has regalado para dedicárselas a esta tesis. Por ser la luz que me iluminaba en los momentos de oscuridad durante este proyecto.

A mis padres, por todo el trabajo y sacrificio que habéis hecho para que pudiese lograr mi metas. Por vuestro amor incondicional, respetando siempre mis decisiones por locas que parecieran.



## **INDICE DE ABREVIATURAS**

APEC: Asociación Para Evitar la Ceguera

AV: Agudeza Visual

AVC<sub>sc</sub>: Agudeza Visual Cercana Sin Corrección

AVL<sub>cc</sub>: Agudeza Visual Lejana Con Corrección

AVL<sub>sc</sub>: Agudeza Visual Lejana Sin Corrección

BSS: Solución Salina Balanceada

CCT: Cirugía de Cristalino Transparente

CGL: Cuerpo Geniculado Lateral

CI: Intervalo de Confianza

CN: Nervios Craneales

CR: Cirugía Refractiva

CRA: Correspondencia Retiniana Anómala

CV: Coeficiente de Variación

D: Dioptrías

DLK: Queratitis Lamelar Difusa

DP: Dioptrías Prismáticas

DE: Desviación Estándar

DM: Desviación Mediana

EE: Equivalente Esférico

ET: Endotropia

ETA: Endotropia Totalmente Acomodativa

ETPA: Endotropia Parcialmente Acomodativa

EUA: Estados Unidos de América

FDA: Food and Drug Administration

FLM: Fascículo Longitudinal Medial

FRPP: Formación Reticular Paramedial Pontina

GL: Grados de Libertad

H-LASIK: Queratomileusis in situ Asistida por Láser Excímer para Hipermetropía

H-PRK: Queratectomía Fotorefractiva para Hipermetropía

INTRACOR: Intrastromal Correction of presbyopia

KR: Queratotomía Radial

KA: Queratotomía Arqueada

LASEK: Queratectomía Subepitelial Asistida por Láser Excímer

LASIK: Queratomileusis in situ Asistida por Láser Excímer

LIO: Lente Intraocular

LC: Lente de Contacto

LGN: Núcleo Geniculado Lateral

LogMAR: Logaritmo decimal del Mínimo Ángulo de Resolución

MAVC: Mejor Agudeza Visual Corregida

MMC: Mitomicina C

MOE: Motilidad Ocular Extrínseca

OD: Ojo Derecho

OI: Ojo Izquierdo

PCC: Posición Compensadora de la Cabeza (tortícolis)

PFB: Punto de Fusión Binocular

PMMA: Polimetilmetacrilato

PR: Punto Remoto

PRK: Queratectomía Fotorefractiva

riFLM: Núcleo Rostral Intersticial del Fascículo Longitudinal Medial

Rx: Refracción

SC: Sin Corrección

SEO: Sociedad Española de Oftalmología

SMILE: Small Incision Lenticule Extraction

TM: Área visual Temporal Media

VHS: Virus Herpes Simple

X(T): Exotropia intermitente

XT: Exotropia

": Segundos

μm: Micras o micrometros



# ÍNDICE



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
1.1.	NEUROANATOMÍA DEL SISTEMA VISUAL	13
1.1.1.	Vía visual aferente	14
1.1.2.	Sistema visual efente (vías oculomotoras)	25
1.2.	FISIOLOGÍA SENSORIAL DE LA VISIÓN BINOCULAR	31
1.3.	FISIOLOGÍA MOTORA DE LA VISIÓN BINOCULAR	41
1.3.1.	Movimientos monoculares	42
1.3.2.	Movimientos binoculares	43
1.3.2.1.	Versiones	43
1.3.2.2.	Vergencias	44
	A) Convergencia	45
	B) Divergencia	48
1.3.2.3.	Movimientos sacádicos	49
1.3.2.4.	Movimientos de fijación o mantenimiento de la posición	49
1.3.2.5.	Movimientos de seguimiento	50
1.3.2.6.	Movimientos posturales	50
1.4.	ESTRABISMO	52
1.4.1.	Definición	53
1.4.2.	Nomenclatura	55
1.4.2.1.	Prefijos utilizados en la terminología de estrabismo	55
1.4.2.2.	Sufijos utilizados en la terminología de estrabismo	56
1.4.3.	Anomalías de la visión binocular en el estrabismo	57
1.4.3.1.	Diplopia	57
1.4.3.2.	Confusión	58
1.4.4.	Adaptaciones sensoriales en el estrabismo	60
1.4.4.1.	Supresión	60

1.4.4.2.	Correspondencia retiniana anómala	61
1.4.5.	Exploración del paciente con estrabismo	63
1.4.5.1.	Exploración motora	64
A)	Observación inicial en busca de tortícolis	64
B)	Cover test	65
C)	Medición de la desviación	66
D)	Exploración de las versiones	68
E)	Exploración de las ducciones	69
1.4.5.2.	Exploración sensorial	69
A)	Estudio de la supresión: Test de Worth	70
B)	Estudio de la estereopsis	72
1.5.	ERRORES REFRACTIVOS: AMETROPÍAS	73
1.5.1.	Miopía	75
1.5.1.1.	Generalidades	75
1.5.1.2.	Clasificación	77
1.5.1.3.	Clínica	78
1.5.1.4.	Tratamiento	79
1.5.2.	Hipermetropía	80
1.5.2.1.	Generalidades	80
1.5.2.2.	Clasificación	81
1.5.2.3.	Clínica	83
1.5.2.4.	Tratamiento	85
1.5.3.	Astigmatismo	86
1.5.3.1.	Generalidades	86
1.5.3.2.	Clasificación	87
1.5.3.3.	Clínica	89
1.5.3.4.	Tratamiento	89
1.6.	CIRUGÍA REFRACTIVA	90
1.6.1.	Introducción	90

1.6.2. Clasificación de las técnicas quirúrgicas	91
1.6.2.1. Cirugía corneal	91
A) Técnicas incisionales	91
B) Láser Excímer	92
c) Anillos intraestromales	97
1.6.2.2. Cirugía intraocular	97
A) Lentes fáquicas	98
B) Cirugía de cristalino transparente	98
1.6.2.3. Cirugía de la presbicia	99
A) Monovisión o visión combinada	100
1.6.3. Protocolo de exploración en Cirugía Refractiva	101
1.6.4. Cirugía refractiva como tratamiento del estrabismo	105
1.6.4.1. Estrabismo acomodativo y cirugía refractiva	106
1.6.4.2. Exodesviaciones y cirugía refractiva	109
1.6.5. Estrabismo y diplopia como complicaciones de la Cirugía Refractiva	109
1.6.5.1. Clasificación del riesgo de diplopía y estrabismo	115
1.6.5.2. Diplopia y monovisión	119
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>123</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>127</b>
3.1. DISEÑO	129
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	129
3.2.1. Criterios de inclusión	129
3.2.2. Criterios de exclusión	130
3.2.3. Pérdidas o retiradas del estudio	132

3.3.	PROTOCOLO DEL ESTUDIO	132
3.3.1.	Entrevista clínica	132
3.3.2.	Exploración preoperatoria	133
3.3.2.1.	Anamnesis	133
3.3.2.2.	Examen funcional	133
3.3.2.3.	Biomicroscopía	134
3.3.2.4.	Tonometría	134
3.3.2.5.	Paquimetría, topografía corneal y pupilometría	135
3.3.2.6.	Biometría	135
3.3.2.7.	Exploración motora	136
3.3.2.8.	Exploración sensorial	137
	A) Fusión y supresión cercana	137
	B) Fusión y supresión lejana	137
	c) Estereopsis	138
3.3.3.	Exploración postoperatoria	139
3.3.4.	Técnica quirúrgica refractiva	141
3.3.4.1.	LASIK	142
3.3.4.2.	PRK	144
3.3.4.3.	Cirugía de cristalino transparente con implante de lente intraocular	145
3.3.4.4.	Técnica de monovisión	146
3.3.5.	Conflicto de intereses	147
3.3.6.	Estudio estadístico	147
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>153</b>
4.1.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA	155
4.1.1.	Datos demográficos	155
4.1.2.	Comorbilidad ocular	156
4.1.3.	Variables funcionales preoperatorias	157

4.1.3.1. Agudeza visual preoperatoria	157
4.1.3.2. Datos refractivos preoperatorios	158
A) Datos refractivos preoperatorios de la muestra	158
B) Datos refractivos preoperatorios por grupos de ametropías	158
C) Datos refractivos preoperatorios en pacientes con anisometropía	162
D) Datos refractivos preoperatorios en pacientes con ambliopía	162
E) Datos refractivos preoperatorios del paciente candidato para monovisión	163
4.1.4. Variables sensoriales preoperatorias	164
4.1.4.1. Estereopsis preoperatoria	164
A) Estereopsis preoperatoria de la muestra	164
B) Estereopsis preoperatoria según tipo de ametropía	165
C) Estereopsis preoperatoria por grupos según equivalente esférico	167
D) Estereopsis preoperatoria por grupos de ametropías altas	169
E) Estereopsis preoperatoria en pacientes con anisometropía	172
F) Estereopsis preoperatoria en pacientes con ambliopía	174
G) Estereopsis preoperatoria según exploración de la MOE	175
H) Estereopsis preoperatoria en el paciente candidato para monovisión	178

4.1.4.2. Fusión y supresión preoperatorias	178
A) Fusión y supresión preoperatoria de la muestra	178
B) Fusión y supresión preoperatoria en el paciente candidato para monovisión	179
4.1.4.3. Dominancia ocular en paciente candidato para monovisión	179
4.1.5. Variables motoras preoperatorias	180
4.1.6. Técnica quirúrgica refractiva	181
4.2. EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES TRAS LA CIRUGÍA	183
4.2.1 Evolución de las variables funcionales	183
4.2.1.1. Evolución de la agudeza visual de la muestra	183
4.2.1.2. Evolución refractiva de la muestra	184
4.2.2. Evolución de las variables sensoriales	189
4.2.2.1. Evolución de la estereopsis	189
A) Evolución de la estereopsis de la muestra	189
B) Evolución de la estereopsis según tipo de ametropía	193
C) Evolución de la estereopsis por grupos según equivalente esférico	196
D) Evolución de la estereopsis por grupos de ametropías altas	201
E) Evolución de la estereopsis en pacientes con anisometropía	206
F) Evolución de la estereopsis en pacientes con ambliopía	209
G) Evolución de la estereopsis por grupos	

según exploración de la MOE	211
H) Evolución de la estereopsis en paciente sometido a monovisión	212
I) Evolución de la estereopsis según la Técnica quirúrgica refractiva empleada	212
4.2.2.2. Evolución de la fusión y supresión	216
A) Evolución de la fusión y supresión de la muestra	216
B) Evolución de la fusión y supresión en el paciente candidato a monovisión	217
4.2.3. Evolución de las variables motoras	218
4.2.3.1. Evolución del ángulo de desviación en pacientes con forias	219
4.2.3.2. Evolución del ángulo de desviación en pacientes con tropias	221
<b>5. DISCUSIÓN</b>	<b>227</b>
5.1. Discusión sobre el diseño del estudio	230
5.2. Discusión sobre las variables demográficas	234
5.3. Discusión sobre la comorbilidad ocular	234
5.4. Discusión sobre las variables funcionales	235
5.5. Discusión sobre las variables sensoriales	240
5.5.1. Discusión sobre la estereopsis	240
5.5.2. Discusión sobre la fusión	246
5.6. Discusión sobre las variables motoras: alineación ocular	249
5.7. Discusión sobre los resultados en el paciente sometido a monovisión	259
5.8. Discusión sobre el protocolo de exploración	264
<b>6. CONCLUSIONES FINALES</b>	<b>279</b>

<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>283</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>311</b>

## 1. INTRODUCCIÓN



## 1.1. NEUROANATOMÍA DEL SISTEMA VISUAL

La función de los sistemas sensoriales de los seres vivos, órganos de los sentidos, consiste en transformar cualquier forma de energía del entorno en una señal reconocible por el sistema nervioso y de esta manera crear una representación mental del exterior que permita la interacción con el mundo que nos rodea. En el caso de la visión, el ojo recibe y procesa la luz del espectro electromagnético visible y envía la información al encéfalo para su posterior análisis e interpretación.

El 80% de la información sensorial que recibe el ser humano del entorno procede del sistema visual (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010). De ahí la importancia adaptativa y evolutiva que supone tener una adecuada percepción visual de los estímulos para permitir una correcta respuesta a los mismos.

El primer paso del complejo proceso visual es identificar los estímulos visuales útiles y localizarlos en la zona de la retina que permite mayor nitidez y resolución espacial, la fovea. Para ello es necesaria la integridad y colaboración de dos sistemas:

- Vía visual aferente: Permite una adecuada captación y transmisión de las imágenes de cada ojo, las cuales serán posteriormente percibidas como una sola a nivel cerebral (Benítez del Castillo, 1996).
- Sistema visual eferente (vías oculomotoras): Permite la posición correcta y sincronizada de los dos ojos para hacer la búsqueda, fijación y seguimiento de los estímulos visuales.

### 1.1.1. VÍA VISUAL AFERENTE

La visión es un fenómeno complejo, una jerarquía de procesos que comienza cuando la luz incide en la retina y estimula los fotorreceptores. Existen dos tipos de fotorreceptores en la retina: los bastones y los conos.

Los bastones son especialmente sensibles para percibir el movimiento. Su mayor proporción se encuentra en la retina periférica y se les atribuye principalmente la función de la visión en condiciones de baja iluminación y la visión periférica. A pesar de que el área periférica no nos permite distinguir detalles, es altamente sensible al movimiento. El movimiento es un estímulo muy poderoso que activa la percepción consciente de un objeto en el entorno, desencadenando un movimiento ocular de búsqueda y posterior fijación.

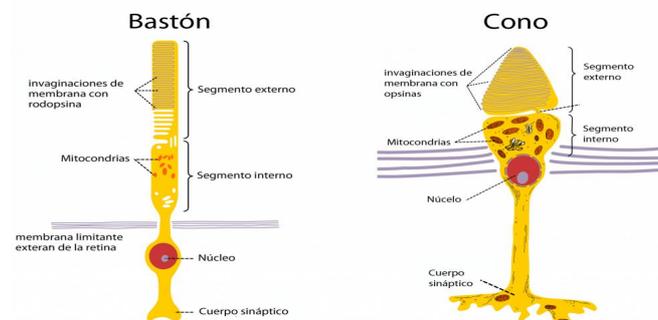


Figura 1. Representación gráfica de los fotorreceptores. Conos y bastones tienen un segmento externo que contiene rodopsina, el fotopigmento que absorbe la luz, y un segmento interno que contiene el núcleo y organelas. El cuerpo sináptico establece sinapsis con células horizontales y células bipolares, convirtiendo así la señal electromagnética de la luz en impulso nervioso.

Imagen disponible en: <http://newsmasters.info/conos-y-bastones#> [Consultado el 16-10-2018].

Los conos son los encargados de la discriminación fina, es decir, de la capacidad para captar los detalles, del reconocimiento de formas y colores. Los conos están distribuidos por toda la retina, pero están concentrados en el centro de ésta, en un área de 1.5 mm de diámetro denominada fovea. Ésta constituye la porción central de la mácula, porción de la retina posterior de 5.5 mm de diámetro que contiene pigmento xantófilo. Anatómicamente, la fovea es una depresión en la superficie de la retina donde la capa de fotorreceptores contiene exclusivamente conos, siendo por ello responsable de la *visión central* y de la máxima agudeza visual.

Una vez generado el impulso nervioso en los fotorreceptores, éstos hacen sinapsis directamente con las células bipolares (primera neurona), que a su vez lo hacen con las células ganglionares (segunda neurona). La mayoría de las células ganglionares pueden dividirse en tres grandes grupos:

- Las células *P* o *parvocelulares* representan un 80% y reciben su nombre por tener cuerpos celulares y campos dendríticos pequeños. Su densidad es relativamente alta en la fovea, disminuyendo su densidad a lo largo de la periferia retiniana. Representan la parte inicial del *sistema parvocelular retinogeniculocortical* que genera una respuesta lenta tónica al estímulo visual y lleva la información de alta resolución de los detalles, la forma de los objetos y el contraste de colores.
- Las células *M* o *magnocelulares* suponen entre un 5%-10% y poseen somas y campos dendríticos grandes. Su densidad va aumentando hacia la periferia, siendo escasas en la fovea. Son el primer eslabón del *sistema magnocelular*

*retinogeniculocortical* constituido por neuronas de respuesta rápida pero que cuya respuesta decae con rapidez ante estímulos mantenidos, por lo que son especialmente sensibles al movimiento.

- Existe otro grupo celular denominado *células K* o *sistema koniocelular* del que se sabe mucho menos y que parece estar implicado en la visión del color, principalmente del color azul (Simon *et al.*, 2008).

Los axones de las células ganglionares se organizan formando el nervio óptico, que se extiende desde el globo ocular hasta el quiasma óptico.

El *quiasma óptico* se localiza justo delante del hipotálamo y el III ventrículo, a unos 10 mm aproximadamente por encima de la silla turca. El origen etimológico de la palabra *quiasma* procede de la letra griega *chi* (*X*), haciendo referencia a la forma anatómica que adoptan los dos nervios ópticos al unirse a nivel del quiasma. En él tiene lugar la decusación parcial de las fibras nerviosas retinianas (Sadun *et al.*, 2004). Las fibras procedentes de la retina nasal (aproximadamente un 53% del total) cruzan al lado opuesto a nivel quiasmático, uniéndose al tracto óptico contralateral. Las fibras temporales, que suponen el 47% restante, no se decusan, continuándose con el tracto óptico ipsilateral (Kline *et al.*, 2008). Esta decusación es esencial para el desarrollo de la visión binocular y la estereopsis, ya que permite que la información de áreas retinianas correspondientes, que explicaremos con detalle más adelante, discorra adyacente, de forma paralela, por el resto de la vía geniculocortical (Simon *et al.*, 2008). De esta manera, el cuerpo geniculado lateral y la corteza cerebral derechos reciben la información procedente del

campo visual izquierdo, mientras que sus análogos izquierdos reciben la información procedente del campo visual derecho.

Las fibras que salen del quiasma continúan como un haz de fibras denominado *cintilla óptica*, que rodea circunferencialmente el diencéfalo por fuera del hipotálamo, discurre sobre la superficie del pie del pedúnculo cerebral hasta terminar en el cuerpo geniculado lateral, localizado en el diencéfalo (Llorca, 2013).

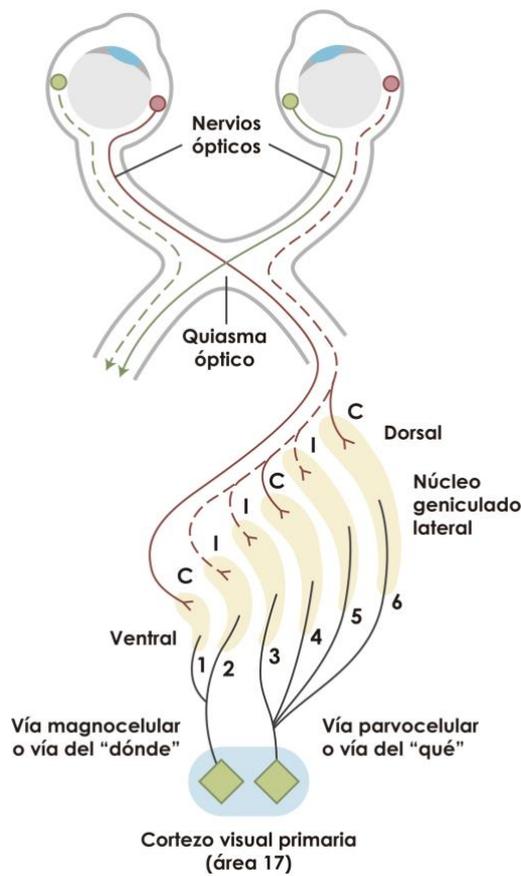
El *cuerpo geniculado lateral (CGL)* se localiza en el tálamo posterior y está formado por células de relevo (tercera neurona) que conectan las células ganglionares de la retina con la corteza visual primaria formando un gran haz de fibras llamado *radiaciones ópticas*. Se divide en seis láminas celulares, existiendo una marcada diferencia entre la morfología de las neuronas de las láminas superiores e inferiores.

- Las dos *láminas ventrales*, que se corresponden con las capas 1 y 2, están compuestas por células *magnocelulares* y son las más sensibles a la *detección del movimiento*.
- Las cuatro *láminas dorsales*, que se corresponden con las capas 3, 4, 5 y 6, están formadas por células *parvocelulares*, que son las responsables de la *resolución espacial máxima* y de la *percepción cromática*.

Estas láminas poseen una secuencia topográfica ordenada, de forma que los axones de las capas 2 (magnocelular), 3 (parvocelular) y 5 (parvocelular) reciben axones de la retina temporal ipsilateral mientras que las de la retina nasal contralateral terminan en las capas 1 (magnocelular), 4 (parvocelular) y 6 (parvocelular) (Figura 2). De esta

manera, cada capa recibe estimulación monocular que se continúa hasta la corteza estriada, aunque se demostró que existen relaciones sinápticas entre ellas, de forma que las células geniculadas también reciben cierta información binocular (Singer, 1970).

Figura 2. Distribución del procesamiento visual en las vías magnocelular y



parvocelular a lo largo de la vía óptica. Nota: C= contralateral, I= ipsilateral.

Las radiaciones ópticas, formadas por los axones procedentes del cuerpo geniculado lateral, llegan a la corteza visual primaria localizada en el surco calcarino del lóbulo occipital (Figura 3).

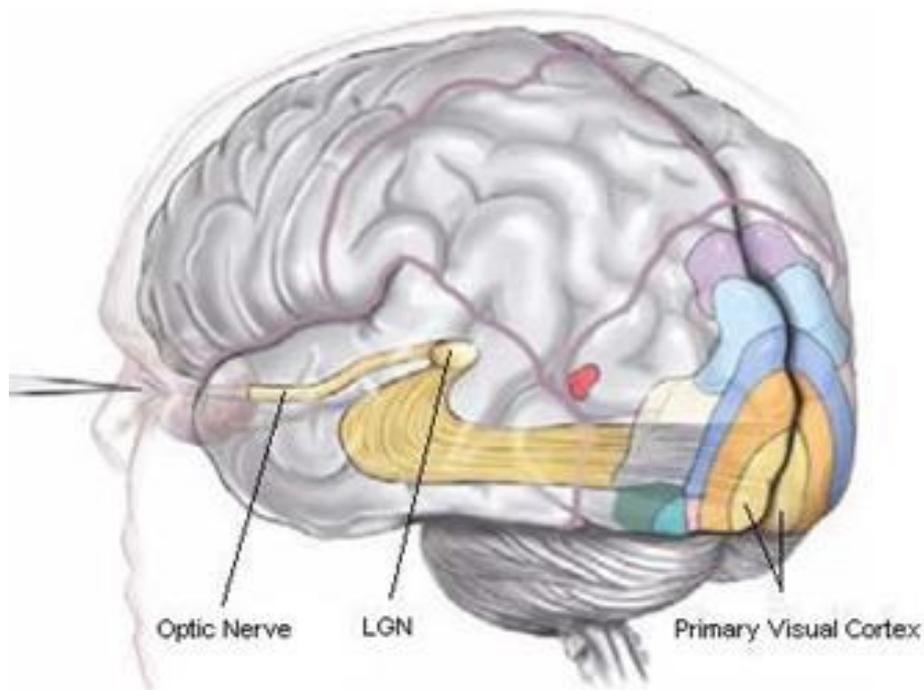


Figura 3. Representación grafica de las principales estructuras involucradas en la vía óptica (nervio óptico, núcleo geniculado lateral (LGN) y corteza visual primaria.

Imagen disponible en:

<http://rocio.jimenez.tripod.com/blog/index.blog?start=1265689435> [Consultado el 16-10-2018].

La *corteza visual primaria* (V1), también denominada *área 17 de Brodman* o corteza estriada por su apariencia en franjas en una sección transversal, es una zona estratificada en seis capas ordenadas

topográficamente, donde las terminales de los axones del ojo derecho y del izquierdo, provenientes del cuerpo geniculado lateral, se separarán en un sistema de estrías paralelas alternadas, quedando representada la preferencia por la información de uno u otro ojo en las llamadas *columnas de dominancia ocular*. Los axones del sistema parvocelular con información monocular terminan en la capa IV C $\beta$ . Desde aquí, se dirigen a las capas II y III de V1 convergiendo en las primeras células binoculares. Los axones monoculares del sistema magnocelular terminan en la capa IV C $\alpha$ . Posteriormente, las parejas de células monoculares izquierdas y derechas convergen en las primeras células binoculares en la capa IV B (Simon *et al.*, 2008). Por tanto, en V1 se encuentran agrupaciones de neuronas monoculares en la capa IV y también neuronas que reciben información binocular en las capas II, III, V y VI. Estas agrupaciones de células complejas e hipercomplejas sólo responden a estímulos binoculares de áreas retinianas correspondientes, por lo que poseen cierto valor de orientación espacial (Prieto-Díaz *et al.*, 2005) (Figura 4).

Para que la información visual pueda ser analizada e interpretada tiene que ser procesada en las zonas V2, V3 y V4, que rodean al área 17 del córtex occipital.

El *área visual 2 (V2) o área 18 de Brodman* es la zona visuomotriz del córtex y participa en la coordinación ocular sensoriomotora y en los movimientos de seguimiento ocular lento, en los reflejos de acomodación y fijación (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010). En esta área también se encuentran células que sólo responden a estímulos binoculares y que se orientan

formando las denominadas *columnas de disparidad binocular* (Moguel-Ancheita *et al.*, 2007) (Figura 4).

El *área visual 3 (V3)* se localiza en el lóbulo parietal posterior y recibe aferencias directas de V1. Sus células responden mayoritariamente a estímulos binoculares y son sensibles al movimiento y a la dirección de éste.

El *área visual 4 (V4)* se localiza en las circunvoluciones lingual y fusiforme y es especialmente sensible al color. También parece ser la encargada de elaborar las percepciones visuales para reconocer los objetos. Responde a estímulos complejos como la cara o la mano, expresiones faciales o familiaridad de los rostros (Figura 4).

El *área visual 5 (V5)* o *área visual temporal media (TM)* está situada en la unión temporoccipitoparietal y recibe aferencias directas del sistema visual primario, tanto del córtex cerebral como de la vía magnocelular del cuerpo geniculado lateral. Es el lugar donde se controlan los movimientos de *seguimiento lento de objetos* (Figura 4).

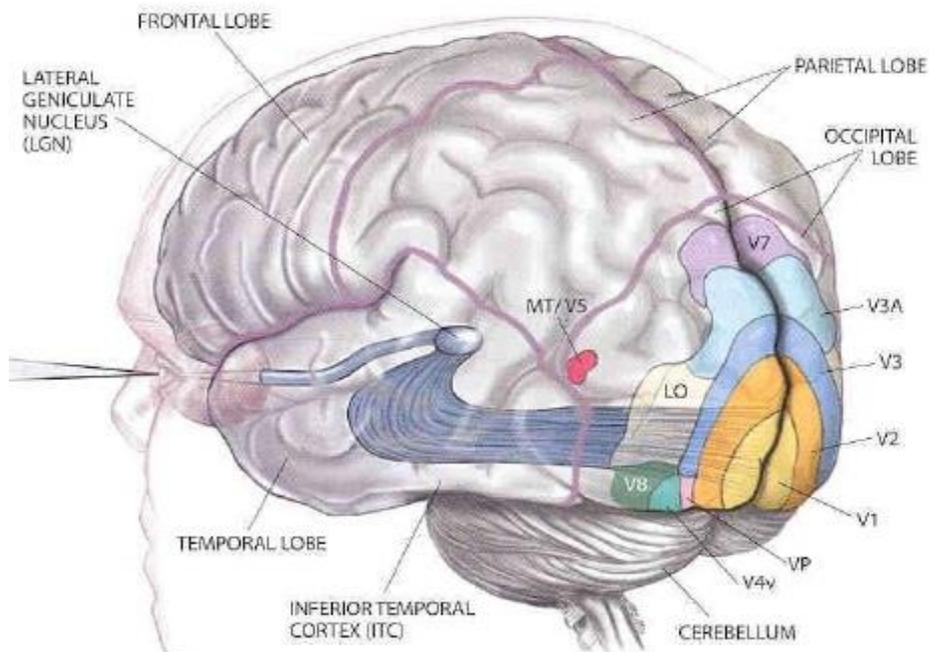


Figura 4. Representación gráfica de los lóbulos cerebrales y el córtex visual.

Imagen disponible en: <http://newsmasters.info/anatom%EDa-corteza-visual>  
[Consultado el 16-10-2018]

Una vez que la información visual ha llegado a la corteza calcarina, ha de procesarse de forma global por otras áreas sensoriomotoras para integrarla como una experiencia coherente. Para ello, desde la corteza visual estriada, parten dos vías hacia otras áreas corticales: la parvocelular y la magnocelular.

La *vía visual parvocelular*, también denominada la *vía del “qué”*, parte de la corteza estriada y se dirige a través del fascículo longitudinal inferior hacia (Figura 5):

- la *parte inferior del lóbulo temporal* para la identificación de los objetos.
- la *circunvolución angular* para el procesamiento lingüístico, permitiendo nombrar los objetos.
- *estructuras límbicas*, permitiendo que las experiencias visuales se almacenen en la memoria, contribuyendo a la formación de recuerdos y, al mismo tiempo, haciendo posible la asociación de los objetos visuales con las emociones.
- *región ventral del lóbulo frontal* donde se controlan los movimientos sacádicos oculares.

A lo largo de la vía parvocelular la información visual se convierte en conocimiento, desempeñando un papel crucial en la capacidad de crear, enriquecer y actualizar los conocimientos sobre el mundo (Canessa, 2016).

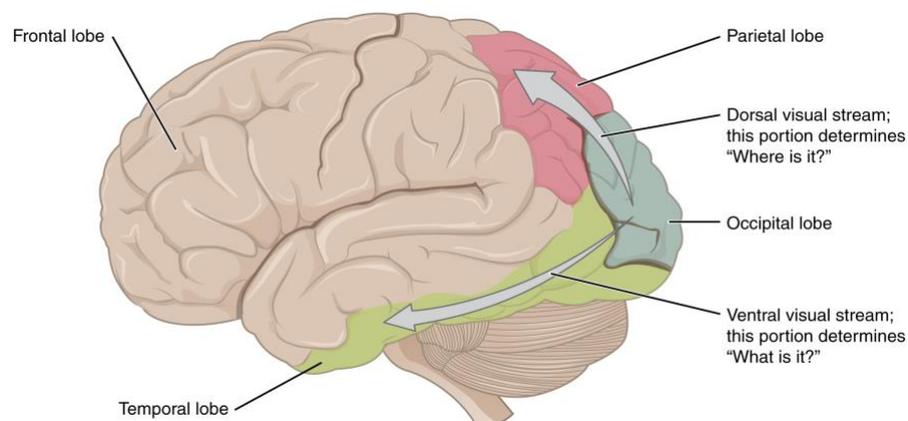


Figura 5. Procesamiento visual en las distintas áreas corticales mediante la vía visual parvocelular (vía del "qué") y la vía visual magnocelular (vía del "dónde"). Imagen disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1424\\_Visual\\_Streams.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1424_Visual_Streams.jpg) [Consultado el 16-10-2018].

La *vía visual magnocelular*, también conocida como la *vía del “cómo o dónde”*, empieza en la corteza visual estriada proyectándose, a través del fascículo longitudinal superior, a la *corteza parietal posterior* y *temporal superior* (Figura 5). Está implicada en la percepción motora y el *análisis visoespacial*, es decir, en la localización de los objetos. Desde aquí también se establecen relaciones con la *región límbica y frontal*, contribuyendo a la creación de un mapa espacial consciente y una guía visual motriz (Prieto-Díaz *et al.*, 2005). A lo largo de esta vía, por tanto, la percepción se transforma en acción, en ella se programan los movimientos que nos permiten interactuar con el entorno que nos rodea.

Las características funcionales de las *vías magnocelular* y *parvocelular* se resumen en la tabla 1.

Vía Magnocelular	Vía Parvocelular
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reflejo de fusión</li> <li>- Dirección, velocidad</li> <li>- Disparidad binocular</li> <li>- Estereopsis gruesa</li> <li>- Seguimiento</li> <li>- Vergencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tamaño</li> <li>- Color</li> <li>- Agudeza visual</li> <li>- Estereopsis fina</li> <li>- Fusión central</li> </ul>

Tabla 1. Características de las informaciones que median las vías magno y parvocelular (Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

Por tanto, todo este complejo procesamiento que realiza el cerebro de la información visual nos permite ser conscientes de los estímulos visuales y tiene como objetivo “ver para (re)conocer” y posteriormente actuar. La jerarquía de procesos visuales va más allá de lo puramente perceptivo, ya que la integración de la información visual con otras áreas cerebrales tiene como fin permitir y optimizar la interacción con el mundo que nos rodea (Canessa, 2016 y Moguel-Ancheita *et al.*, 2007).

Cualquier daño o alteración en el desarrollo de todas las estructuras y los sistemas involucrados en el desarrollo de la función visual generará no sólo una alteración en la visión binocular sino también alteraciones en las funciones de memoria y aprendizaje que, como ya hemos explicado, son funciones que están íntimamente relacionadas (Kandel *et al.*, 2000, Wurtz *et al.*, 2000 y Moguel-Ancheita *et al.*, 2007).

### **1.1.2. SISTEMA VISUAL EFERENTE (VÍAS OCULOMOTORAS)**

Además de un sistema sensorial que reciba la imagen y la transmita al cerebro, es decir, la vía visual aferente retino-genículo-cortical, también se necesita un sistema visual eferente, un sistema motor que permita movilizar de forma coordinada ambos ojos para que el objeto de interés recaiga sobre ambas foveas y, de esta manera, verlo con mayor precisión. Esta función se complica cuando el objeto es móvil o cuando nosotros nos movemos con respecto al objeto. Cualquier imprecisión de los movimientos oculares generará una degradación de la calidad de la imagen y un detrimento de la visión binocular, ya que para conseguir la fusión es imprescindible la precisión de los movimientos. Por ello, son

múltiples los sistemas oculomotores que proporcionan un flujo incesante de salida de información para fijar y rastrear un objeto.

La vía visual eferente puede dividirse en dos grandes grupos:

- *Vías supranucleares*: Incluyen las regiones de la corteza frontal y parietal, el cerebelo, los ganglios basales, los tubérculos cuadrigéminos superiores, el tálamo y centros troncoencefálicos como la formación reticular pontina paramedial y los núcleos vestibulares.
- *Vías infranucleares*: Incluyen los núcleos oculomotores, los nervios oculomotores y los músculos extraoculares (Simon *et al.*, 2008).

De esta manera, se establece una especie de jerarquía en el control de los movimientos oculares donde los seis pares de *músculos extraoculares* (dos músculos rectos horizontales, dos músculos rectos verticales y dos músculos oblicuos en cada ojo) serían los ejecutores finales de la acción. La orden de movimiento sobre los músculos extraoculares la llevan a cabo los *nervios oculomotores III, IV y VI* que a su vez están controlados por los *núcleos oculomotores* situados en el tronco encefálico (Figura 6). Todos los músculos oculomotores están inervados por el III nervio craneal, también llamado nervio motor ocular común, salvo el recto lateral que está inervado por el VI par craneal o *nervio abducens* y el oblicuo superior, que es inervado por el IV nervio, también llamado *trocLEAR* o *patético*.

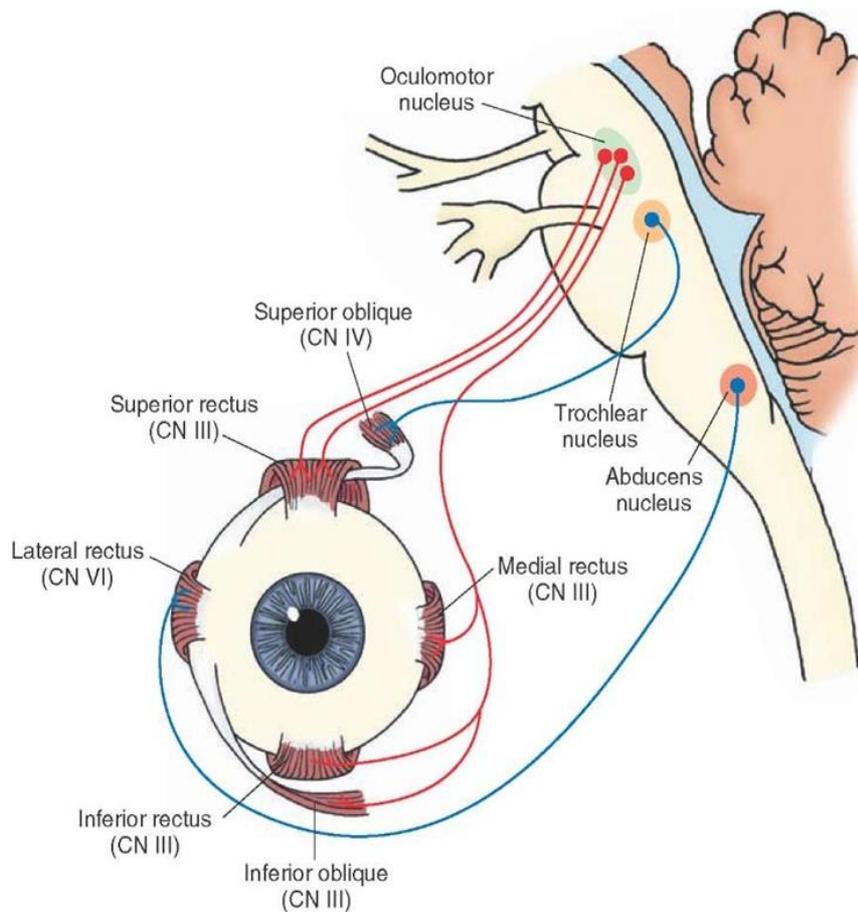


Figura 6. Origen y distribución de los nervios craneales (CN) VI, IV y III que inervan los músculos extraoculares.

Imagen disponible en: <http://what-when-how.com/neuroscience/the-cranial-nerves-organization-of-the-central-nervous-system-part-4/> [Consultado el 16-10-2018].

Los núcleos oculomotores, al mismo tiempo, están controlados por los *núcleos premotores*, centros localizados en el tronco encefálico y que se encargan de coordinar la dirección, amplitud, velocidad y duración de los movimientos oculares. Entre éstos cabe destacar la *formación reticular paramedial pontina (FRPP)*, situado en la protuberancia adyacente al núcleo del VI par craneal y responsable del control de los movimientos

horizontales y el *núcleo rostral intersticial del fascículo longitudinal medial* (riFLM) localizado en el mesencéfalo, delante del núcleo del III par craneal, responsable de los movimientos verticales.

Los núcleos premotores de control de la mirada horizontal y vertical no sólo reciben aferencias visuales sino también vestibulares, ya que el sistema vestibular está directamente implicado en la motilidad ocular, especialmente en el mantenimiento de la mirada sobre un objeto cuando el observador está en movimiento. De hecho, la *vía oculo-vestibular* representa la principal influencia tónica sobre la posición de los ojos y es una de las vías más cortas del sistema nervioso central, lo que le permite producir una respuesta rápida frente a estímulos (Simon *et al.*, 2008). El inicio de esta vía se encuentra en los canales semicirculares del laberinto en el oído interno y en los receptores propioceptivos de la musculatura del cuello. Desde aquí, las fibras aferentes, cargadas de información sobre la posición corporal, el sentido y la velocidad del observador, se dirigen a través del VIII nervio craneal hacia los *núcleos vestibulares* donde hacen sinapsis con los centros de la mirada. De esta manera, la aceleración de la cabeza en cualquier dirección produce, casi de forma inmediata, un movimiento compensatorio de los ojos en sentido opuesto, permitiendo que los ojos permanezcan enfocados sobre el objeto de fijación a pesar del movimiento del observador (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010).

El *cerebelo* también tiene una conexión importante con el sistema vestibular y oculomotor participando en el ajuste de los movimientos oculares en función de los movimientos de la cabeza a través de la vía *vestíbulo-cerebelosa*.

Los núcleos premotores reciben también órdenes de áreas superiores corticales como son el área *visual temporal* y el área *parietal posterior* que, como ya se ha comentado, están involucradas en el análisis visoespacial (Figura 7).

En líneas generales, todos estos centros supranucleares participan en la selección del objeto a fijar, en el control de la dirección de la mirada, en el cálculo de distancias, en la velocidad de movimiento ocular, etcétera (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010), emitiendo órdenes a centros inferiores para que finalmente la musculatura extraocular ejecute los movimientos de forma coordinada y precisa. Los distintos tipos de movimientos oculares se explican con detalle en el apartado 1.3.

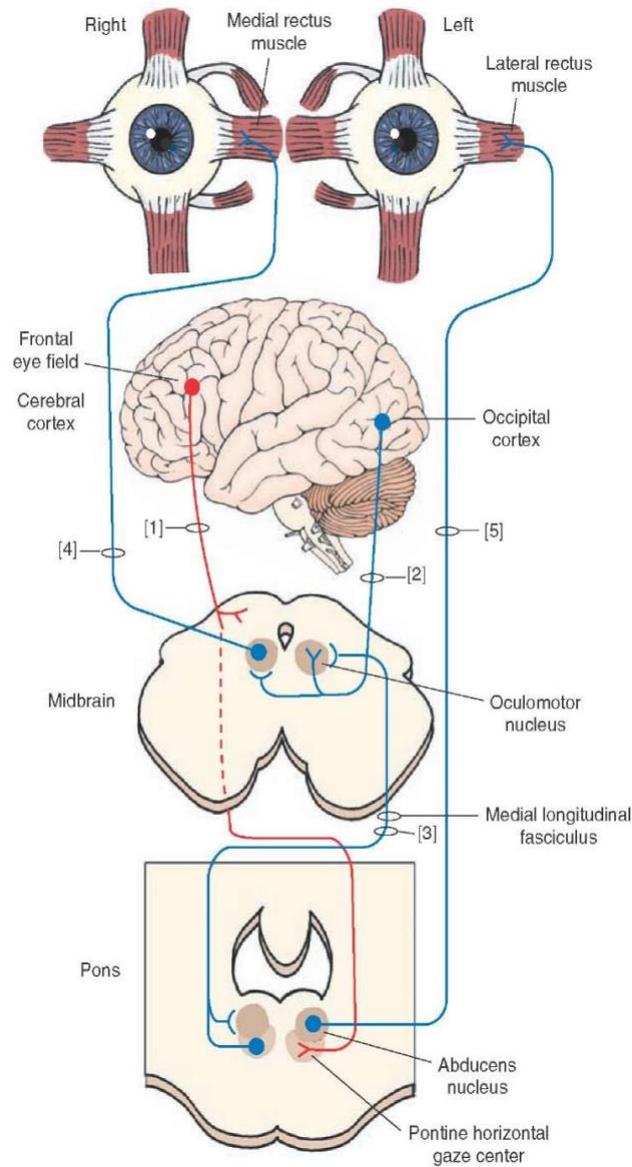


Figura 7. Control supranuclear de los movimientos oculares. Se ilustran las áreas anatómicas implicadas en la regulación consciente e inconsciente de la mirada conjugada.

Imagen disponible en: <http://what-when-how.com/neuroscience/the-cranial-nerves-organization-of-the-central-nervous-system-part-4/> [Consultado el 16-10-2018].

## 1.2. FISIOLÓGÍA SENSORIAL DE LA VISIÓN BINOCULAR

Por cuestiones prácticas, en este texto se exponen de forma separada el sistema sensorial y el sistema motor, pero es importante hacer énfasis en que ambos sistemas actúan de forma sinérgica. La binocularidad implica equilibrio sensorial y motor de los ojos para que las imágenes que llegan al córtex cerebral puedan procesarse y percibirse como una sola imagen con profundidad y relieve, para lo cual es necesario que la imagen llegue nítida y que se estimulen áreas retinianas correspondientes en ambos ojos, término que se detalla más adelante en el texto. Esta forma de percepción es el resultado del progresivo perfeccionamiento filogenético, donde el desplazamiento anterior de las órbitas, que permite la superposición central de los campos visuales de ambos ojos, la diferenciación de una mácula única y muy discriminativa, la mayor decusación de las fibras en el quiasma óptico, la laminación del CGL y una corteza visual más diferenciada han permitido una visión binocular altamente desarrollada (Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

La retina está dotada de millones de fotorreceptores distribuidos por toda su superficie. Al mismo tiempo, las imágenes del mundo exterior son numerosas y se proyectan en diversas partes de la retina simultáneamente, teniendo la percepción de una *visión central* y *periférica* de forma simultánea, aunque con características diferentes. La *visión periférica*, altamente sensible al movimiento, se encarga de detectar los objetos de interés en el medio y la *visión central* se encargará de la discriminación fina, visión de detalles del objeto seleccionado.

Cuando un estímulo lumínico recae sobre un área de la retina, produce una sensación visual que le confiere una localización concreta en un lugar determinado del campo visual. Cada punto de la retina tiene su

valor espacial, su propia dirección visual, siendo un valor fijo e inmutable en individuos visualmente sanos. Este sistema de localización se denomina *localización oculocéntrica*. La dirección visual de la fóvea es "recto adelante", de manera que cualquier imagen que se proyecte sobre ella será interpretada por el cerebro como que ese objeto se encuentra justo delante, alineada con el eje visual de ese ojo. La localización espacial de la fóvea es considerada la *dirección espacial principal*. De esta manera, la fóvea es el centro del sistema de localización dividiendo la retina en dos mitades: la zona de la retina situada a la derecha de ésta localiza el campo visual izquierdo y la situada a la izquierda localiza en el campo visual derecho (Figura 8). Por tanto, la proyección-localización del resto de áreas de la retina estarán en relación con la fóvea (Galán *et al.*, 2005).

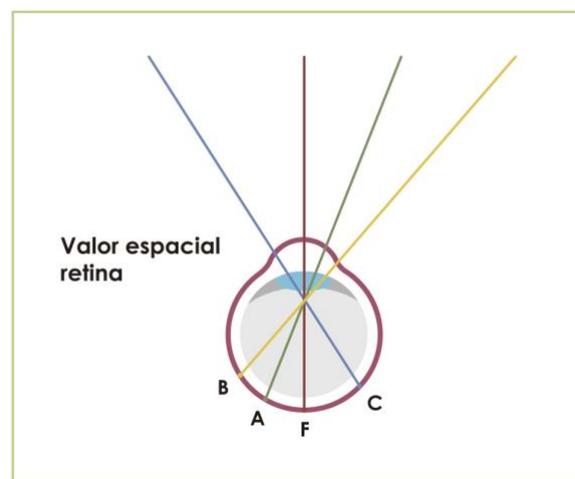


Figura 8. Valor espacial de la retina. Cada punto de la retina localiza en el espacio según la posición y distancia a la que se encuentre de la fóvea.

Como consecuencia de esta cualidad de valor espacial de los puntos retinianos surge otra cualidad importante, el valor motor. Mientras estamos fijando un objeto, si algún estímulo visual llama nuestra atención,

dirigiremos los ojos hacia ese objeto para que su imagen recaiga en la fovea y así poder verlo con mayor nitidez. Se trata de un movimiento de tipo sacádico y rápido denominado *movimiento* o *reflejo de fijación*. El grado de contracción de los músculos necesario para poner la imagen del objeto sobre la fovea es transmitida como información propioceptiva al cerebro, permitiéndole saber a éste en que zona del campo visual se encuentra. La amplitud y la dirección del movimiento vendrán determinadas por el valor motor del punto de retina periférica estimulado. Dado que el destino final de estos movimientos es proyectarlos sobre la fovea, para verlos con la máxima nitidez, el valor motor de la fovea es nulo (Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

El proceso visual anteriormente descrito, con sus características de localización y fijación, tiene lugar en los dos ojos al mismo tiempo, estableciéndose una íntima cooperación entre ambos. Si las condiciones motoras son normales, las dos foveas van a ser estimuladas por el mismo objeto de forma simultánea, a lo que llamamos *fijación bifoveal*. Este fenómeno ha sido posible gracias a la evolución filogenética en la que las órbitas han ido migrando medialmente, situando los ejes visuales paralelos y permitiendo la casi perfecta superposición de los campos visuales de ambos ojos. Sin embargo, los dos ojos están discretamente separados el uno del otro horizontalmente por lo que el ángulo de percepción de uno y de otro será diferente, obteniendo dos imágenes ligeramente distintas del mismo objeto, pero proyectadas en la misma dirección (ambas foveas tienen la misma dirección visual). A esto se le llama *puntos retinianos correspondientes*, puntos que tienen la misma proyección en ambos ojos, el mismo valor de localización (Galán *et al.*, 2005, Filippini *et al.*, 2009 y Westheimer *et al.*, 1994).

Las imágenes de cada fovea son enviadas a la misma zona del córtex cerebral fusionándose como una sola imagen (*fusión central*). A esta correspondencia anatómo-fisiológica entre áreas específicas de la retina con áreas del córtex cerebral se le denomina *correspondencia retino-cortical*.

Sin embargo, Peter Ludvig Panum dedujo que la correspondencia retiniana no se producía de forma tan precisa, es decir, no se correspondía un punto retiniano de un ojo con otro punto del ojo adelfo, si no más bien la correspondencia se producía de un punto de un ojo con un área más extensa del otro ojo (Panum, 1858). Para cualquier punto retiniano de un ojo existe un área retiniana en el otro, denominada *área de Panum*. De esta manera, cuando se estimula un punto de la retina de un ojo se estimulará cualquier punto dentro del *área de Panum* del otro permitiendo la fusión, percibiéndolas como una única imagen. Los objetos que se sitúan fuera del *área de Panum* están en zonas de la retina demasiado separadas para que la corteza visual las fusione, por lo que se verán dobles, ya que serán interpretados como procedentes de dos direcciones diferentes dando lugar a la diplopia fisiológica (Figura 9).

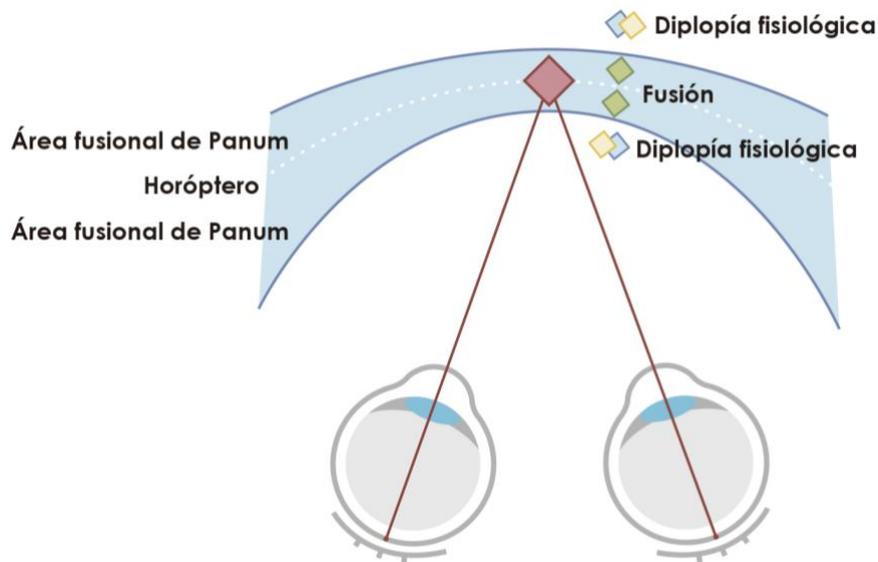


Figura 9. Área de Panum. Representación gráfica de cómo los objetos ubicados dentro del área de Panum son vistos como simples, son fusionados, y los situados por delante o por detrás de la misma son vistos como dobles generando diplopia fisiológica.

Lo mismo ocurre con las imágenes proyectadas en la periferia retiniana. Cuando un área de la retina periférica es estimulada por un objeto, encontrará en el ojo adelfo otra área de retina periférica donde se proyecta la misma imagen, de manera que ambas zonas retinianas son estimuladas de forma simultánea y proyectan la misma dirección, son por tanto puntos retinianos correspondientes (Figura 10). De esta manera, la hemirretina temporal de un ojo se corresponderá con la hemirretina nasal del otro. Esta correspondencia anatomo-fisiológica entre ambas retinas se denomina *correspondencia retiniana* y permite una colaboración precisa entre ambos ojos. Ambas imágenes serán enviadas al córtex cerebral donde se fusionarán como una sola percepción. A este proceso se le llama *fusión periférica*.

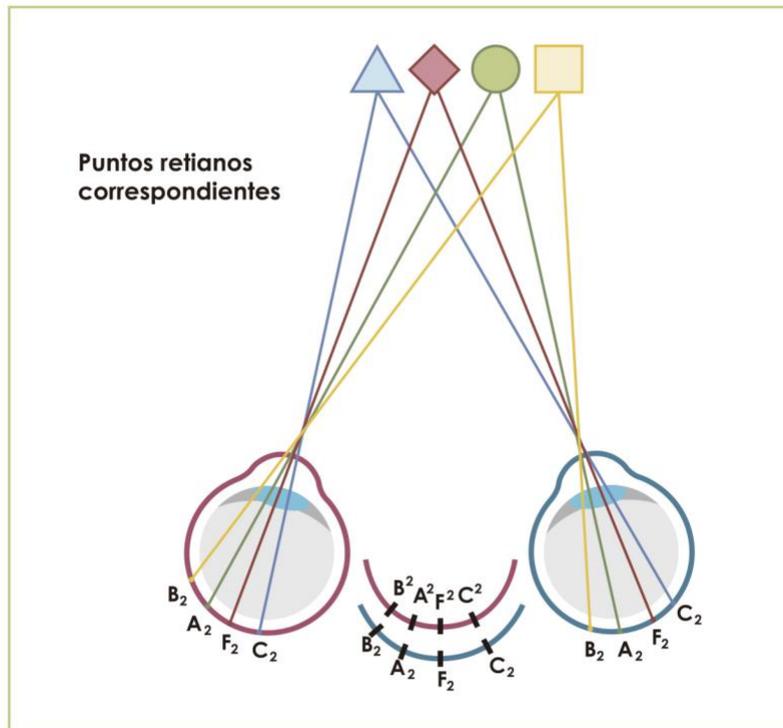


Figura 10. Puntos retinianos correspondientes. La retina nasal del ojo derecho se corresponde con la retina temporal del ojo izquierdo y viceversa.

La fusión es, por tanto, la unificación a nivel del córtex visual de las dos imágenes recibidas de cada ojo en una única percepción, gracias a la estimulación simultánea de áreas correspondientes retinianas (Figura 11).

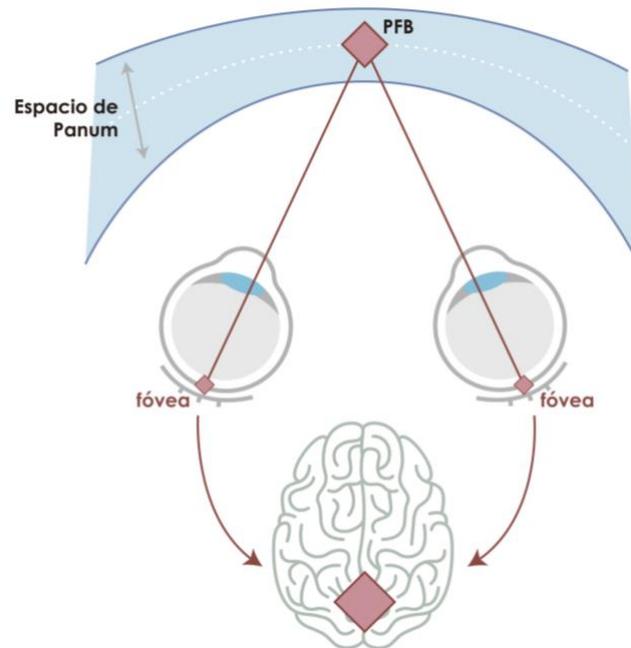


Figura 11. Fusión central. Las imágenes proyectadas en cada fóvea son enviadas al córtex cerebral donde se fusionan, percibiéndose como una única imagen. PFB: punto de fusión binocular.

A pesar de que la fusión es un aspecto puramente sensorial, es preciso que se produzca un movimiento coordinado de los ojos para conseguir el enfoque foveal, por ello clásicamente la fusión se ha clasificado en:

- *Fusión sensorial*: Es el proceso cerebral de integrar en una las dos imágenes de cada ojo.
- *Fusión motora*: Es el movimiento vergencial coordinado de los ojos para situar y mantener la imagen sobre ambas fóveas o áreas retinianas correspondientes para conseguir la fusión. Cuando existe un pequeño desequilibrio entre los ojos, si la visión binocular es buena, éstos son capaces de moverse para

corregir el desajuste (Galán *et al.*, 2005). Las vergencias fusionales son, por tanto, respuestas motoras para evitar la diplopia horizontal, vertical o torsional, pudiendo clasificarlas en:

- *Convergencia fusional*: Elimina la disparidad bitemporal y permite controlar la exoforia.
- *Divergencia fusional*: Elimina la disparidad binasal y controla la endoforia.
- *Vergencia fusional vertical*: Elimina la disparidad vertical y controla la hiperforia e hipoforia.
- *Vergencia fusional torsional*: Controla la incicloforia o excicloforia (Simon *et al.*, 2008).

El máximo movimiento que son capaces de realizar los ojos para compensar el desequilibrio en su posición se denomina *amplitud de fusión*. Ésta puede medirse con prismas de manera que, al poner el prisma delante del ojo, la imagen se desplaza obligando a los ojos a realizar movimientos vergenciales para que la imagen continúe recayendo sobre ambas fóveas y así conseguir la fusión. Cuando la distancia es demasiado grande, la fusión ya no es posible y aparece diplopia.

Los valores normales de amplitud de fusión se representan en la siguiente tabla:

Distancia de la prueba	Amplitud de convergencia fusional	Amplitud de divergencia fusional	Amplitud de fusión vertical
<b>Lejos (6 m)</b>	14 dp	6 dp	2,5 dp
<b>Cerca (25 cm)</b>	38dp	16 dp	2,6 dp

Tabla 2. Amplitudes fusionales normales medidas en dioptrías prismáticas (dp) (Simon *et al.*, 2008).

Estos valores pueden ampliarse según las necesidades del individuo, aunque requiriendo un esfuerzo constante. Por ello, cuando el estado físico o psíquico del paciente está alterado, se pierde la amplitud de fusión haciéndose manifiesta la desviación. La amplitud de fusión puede aumentarse mediante ejercicios ortópticos y terapia visual (Galán *et al.*, 2005).

Sin embargo, la fusión va más allá de un simple proceso de superposición de imágenes. Si así lo fuera, daría lugar a una imagen final borrosa debido a la ligera disparidad entre las imágenes de cada ojo. Sin embargo, el cerebro es capaz de interpretar la falta de semejanza como relieve y profundidad, dando como resultado la percepción de una tercera dimensión, la estereopsis, siendo ésta la máxima expresión de la visión binocular.

La palabra estereopsis procede del griego “*stereós*” que significa sólido, con tres dimensiones y “*opsis*” que significa visión. Se trata de una propiedad binocular derivada de usar señales de disparidad entre las imágenes para construir una percepción de profundidad o distancia. De esta manera, el individuo con estereopsis es capaz de percibir tridimensionalmente a partir de dos imágenes planas, bidimensionales

(Prieto-Díaz *et al.*, 2005). La estereopsis podría ser considerada como un puente entre la fusión y la diplopia y supone la forma más elevada de cooperación binocular, añadiendo una cualidad nueva a la visión, la tridimensionalidad (Simon *et al.*, 2008). Se ha considerado filogenéticamente como una función adquirida darwinista de supervivencia que proporciona la posibilidad de precisar la distancia exacta a la que se encuentra la presa u otro objetivo (Perea, 2008).

La percepción de profundidad no debe considerarse sinónimo de estereopsis, ya que ésta última es una propiedad puramente binocular, mientras que a nivel monocular pueden obtenerse pistas para la percepción del relieve. Estas pistas las encontramos en el tamaño relativo de los objetos, la superposición de contornos, la nitidez de los objetos, las luces y sombras (pista muy utilizada en la pintura), el paralaje (diferente desplazamiento de los objetos según la distancia a la que se encuentran cuando el observador está en movimiento), la velocidad relativa y la perspectiva. La estereopsis es, sin embargo, una sensación binocular de profundidad relativa generada por la disparidad retiniana de ambos ojos. El cerebro interpreta la disparidad binasal como imágenes más alejadas del punto de fijación mientras que la disparidad bitemporal es interpretada como cercanas. La estereopsis depende de la distancia interpupilar pues determina la disparidad entre los ángulos de percepción de cada ojo. Es por ello que, para objetos situados a distancias mayores de 6 metros, nos apoyamos exclusivamente en pistas monoculares para percibir profundidad ya que la disparidad entre los ángulos de observación entre los ojos desaparece (Simon *et al.*, 2008).

La condición de disparidad de las imágenes que llegan al córtex cerebral tiene una importante repercusión clínica. Para que sea posible la fusión,

y subsecuentemente la estereopsis, esta diferencia debe ser discreta. Existen situaciones patológicas como anisometropías (existencia de una marcada diferencia de refracción entre ambos ojos) o aniseiconías (desigualdad en el tamaño de las imágenes retinianas) en las que las imágenes percibidas por cada ojo son muy distintas, bien en tamaño o en nitidez por lo que el cerebro no es capaz de hacer la superposición, produciéndose un fenómeno cortical que desarrollaremos más adelante denominado *supresión*, donde la imagen de peor calidad es ignorada por el cerebro.

El concepto de *estereoagudeza* o *agudeza visual estereoscópica* hace referencia a la menor disparidad binocular que un individuo es capaz de detectar. Se mide en segundos de arco y puede determinarse con diversos métodos que veremos más adelante en el apartado 1.4.5.1.

### **1.3. FISIOLÓGÍA MOTORA DE LA VISIÓN BINOCULAR**

Con fines didácticos, los movimientos oculares clásicamente se han clasificado en dos grupos: los movimientos monoculares y los movimientos binoculares. Sin embargo, el movimiento de un ojo sano va siempre acompañado de una respuesta del ojo adelfo, existiendo una perfecta coordinación, equilibrio e íntima relación entre ambos. Por esta razón nos centraremos en los movimientos binoculares, limitándonos a aclarar algunos aspectos de la nomenclatura y fisiología de los movimientos monoculares que consideramos relevantes para este texto.

#### **1.3.1. MOVIMIENTOS MONOCULARES**

Los movimientos monoculares se denominan *ducciones* y su nomenclatura depende de la dirección del movimiento:

- Hacia fuera: abducción.
- Hacia dentro: adducción.
- Hacia arriba: elevación o supraducción.
- Hacia abajo: depresión o infraducción.

Para que se produzca el movimiento ocular deben actuar varios músculos de forma coordinada, de manera que unos se activarán y otros se inhibirán. En relación a lo anterior aparecen los siguientes conceptos, aplicables tanto a nivel monocular como binocular:

- *Músculo agonista* es aquel que mueve el ojo en una determinada dirección, el que ejecuta el movimiento.
- *Músculo antagonista* es el que se opone a la acción del agonista por actuar en la dirección contraria. Por ejemplo, el músculo recto medial y el recto lateral son antagonistas.
- *Músculo sinergista* es aquel que participa de forma activa en el movimiento del mismo ojo. Un ejemplo es el músculo oblicuo inferior que actúa de forma sinérgica con el recto superior del mismo ojo.

Los movimientos monoculares se rigen por una ley inervacional denominada *Ley de Sherrington* que establece que, cuando un músculo se contrae, va acompañado de la relajación de su antagonista (Benítez del Castillo, 1996 y Simon *et al.*, 2008).

### 1.3.2. MOVIMIENTOS BINOCULARES

Los ojos realizan movimientos con diferentes características en función de su finalidad. La mayoría de ellos responden a estímulos visuales y en menor medida a estímulos posturales.

#### 1.3.2.1. VERSIONES

Como ya hemos comentado, cuando un ojo se mueve, encuentra una respuesta motora en el ojo adelfo. Los movimientos binoculares conjugados, es decir, si se mueven en la misma dirección, de forma paralela, se denominan *versiones*. Al igual que las *ducciones*, su nomenclatura depende de la dirección de la mirada:

- Hacia la derecha: dextroversión.
- Hacia la izquierda: levoversión.
- Hacia arriba: supraversion.
- Hacia abajo: infraversión.

Cuando un músculo entra en acción, encuentra en el ojo adelfo otro músculo que realiza la misma acción, denominándose *músculos "yunta"*, por su analogía con las parejas de bueyes.

Los movimientos de versión se rigen por la ley de inervación de correspondencia motora denominada *ley de Hering* que establece que, en todo movimiento binocular el impulso nervioso que se envía a los músculos sinergistas (que realizan la misma acción) es igual para los dos ojos. Esta ley tiene importantes implicaciones clínicas, especialmente en

las parálisis musculares donde el ángulo de desviación será variable dependiendo de si el ojo fijador es el ojo sano (*desviación primaria*) o es el ojo parético (*desviación secundaria*). El ojo fijador es el que domina el movimiento y controla el impulso nervioso, siendo igual para los dos ojos, de manera que, si el ojo desviado es el fijador, el impulso inervacional que necesita para realizar el movimiento será mayor, por lo que la desviación secundaria será mayor (Benítez del Castillo, 1996).

### **1.3.2.2. VERGENCIAS**

Son movimientos disyuntivos, no conjugados, donde los ojos se mueven en direcciones opuestas. Son útiles para la fijación binocular de objetos situados en diferentes distancias. Tienen como finalidad que los objetos impresionen en áreas correspondientes de la retina posibilitando la fusión sensorial. Su control tiene lugar en el mesencéfalo, aunque las vías no están definidas completamente (Galán *et al.*, 2005). Existen dos tipos de vergencias: convergencia y divergencia.

#### **A) CONVERGENCIA**

Es un movimiento no conjugado donde se aproximan los ejes visuales. Es un fenómeno activo que consiste en la contracción de los músculos rectos internos de ambos ojos para que un objeto recaiga en ambas fóveas. Existen cinco formas de convergencia:

- *Convergencia voluntaria*: Movimiento consciente de contracción de los músculos rectos medios.
- *Convergencia tónica*: Se produce porque la posición anatómica de reposo de los ojos sobre las órbitas es de ligera divergencia, por lo que es necesario un tono de inervación para mantener los ojos alineados en posición fisiológica de reposo (posición primaria de la mirada) durante las horas de vigilia.
- *Convergencia proximal*: Es inducida por el reflejo psico-visual iniciado por el acercamiento de un objeto lejano.
- *Convergencia acomodativa*: Forma parte del reflejo sincinético de cerca: acomodación, convergencia y miosis. Es propiciada por la acomodación del individuo para enfocar un objeto cercano.
- *Convergencia fusional*: Es inducida por la disparidad bitemporal retiniana provocada por un objeto cercano y que lleva a converger los ojos para que la imagen se proyecte en áreas de la retina correspondientes y de esta manera evitar la diplopia (Romero y Apis, 2010).

El sistema de convergencia y acomodación tiene gran importancia en el proceso de integración de la información visual y de la fusión. Este sistema se encarga de que las imágenes del objeto de interés se proyecten sobre ambas foveas de forma nítida dependiendo de la distancia a la que se encuentre el objeto. La acomodación permitirá el enfoque para conseguir la nitidez y la convergencia permitirá que la imagen recaiga sobre la fovea de ambos ojos, aunque la distancia a la que se encuentra el objeto cambie (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010).

Los ojos emétopes (sin defectos refractivos) son capaces de ver nítidos aquellos objetos que se encuentren entre el infinito y 6 metros. A esta distancia los rayos luminosos llegan paralelos por lo que no se precisa acomodación, consiguiendo la nitidez en estado de convergencia tónica de reposo (Figura 12).

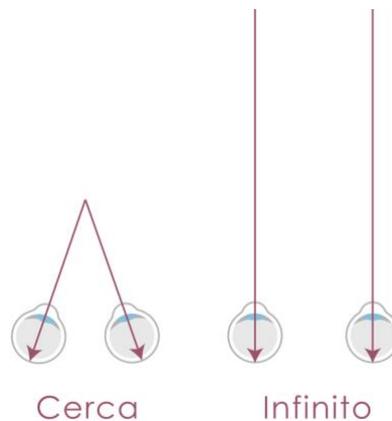


Figura 12. Convergencia. En la mirada al infinito (más de 6 metros) los ojos adoptan una posición de paralelismo para conseguir enfocar la imagen. Para la visión cercana se requiere un movimiento convergente de los ojos.

Sin embargo, para ver con nitidez los objetos cercanos situados a menos de 6 metros, se requiere un esfuerzo añadido que consiste en tres procesos simultáneos aunque independientes:

- *Acomodación*: Es la capacidad del ojo de variar su refracción global a expensas de cambios en el poder dióptrico del cristalino mediante la contracción del músculo ciliar. Con ello se consigue que las imágenes lleguen enfocadas a la fovea.

- *Convergencia*: Consiste en la contracción de los músculos rectos internos de ambos ojos para que un objeto cercano recaiga en ambas foveas.
- *Miosis*: Contracción de la pupila de manera que, al disminuir el tamaño del círculo de desenfoque, se reducen las aberraciones producidas por los cambios de curvatura del cristalino.

Existe una sinergia perfecta entre ellas. La acomodación es rápidamente secundada por la convergencia en la proporción requerida y depende de la distancia a la que se sitúa el objeto de nuestra atención, siendo diferente, por ejemplo, cuando miramos a una distancia de un metro que a pocos centímetros. De acuerdo con el requerimiento de acomodación, medido en dioptrías, tendremos una respuesta de convergencia, cuantificada en dioptrías prismáticas. La cantidad de acomodación que es inducida por la convergencia viene dada por el *cociente convergencia / acomodación*. Sin embargo, este orden puede ser alterado por algunas condiciones como pueden ser las ametropías.

En el caso de la hipermetropía, para ver nítidos objetos cercanos las necesidades acomodativas serán mayores ya que, además del enfoque normal por la proximidad del objeto, hay que compensar las dioptrías de hipermetropía. De esta manera, dada la sinergia entre la demanda de convergencia y la demanda acomodativa, un exceso de acomodación conllevará una mayor convergencia y, si ésta sobrepasa los límites de divergencia fusional, dará lugar a un estrabismo convergente.

En la miopía, la visión lejana está dificultada, mejorando al aproximarse el objeto debido a que los rayos focalizan con cierta divergencia sobre la fovea. Por tanto, para la visión próxima no será necesario acomodar y,

en consecuencia, la solicitud de convergencia será también menor. El poco uso de convergencia puede acabar en insuficiencia de ésta, pudiendo generar un estrabismo divergente (Benítez del Castillo, 1996).

## **B) DIVERGENCIA**

Se considera que la divergencia es un fenómeno pasivo derivado de la relajación de ambos rectos medios y favorecida por la elasticidad de los rectos laterales (Romero y Apis, 2010). Sin embargo, existe una forma de divergencia con significación clínica, la divergencia fusional. Ésta es desencadenada por la disparidad de las imágenes proyectadas en la retina nasal de cada ojo, lo que desencadena el movimiento de divergencia para que la imagen recaiga en puntos retinianos correspondientes. Es el mecanismo que ayuda a controlar la endoforia. Cuando la convergencia acomodativa excede la divergencia fusional deriva en endotropía.

### **1.3.2.3. MOVIMIENTOS SACÁDICOS**

Son movimientos rápidos conjugados cuya finalidad es dirigir la mirada de un objeto a otro, localizar objetos de interés y situar su imagen sobre ambas foveas en el menor tiempo posible. Están presentes al poco del nacimiento. Son movimientos voluntarios cuyo control superior se encuentra en el lóbulo frontal desde donde parten fibras hacia la formación reticular paramedial pontina donde se localiza el centro de la

mirada horizontal. Existen también movimientos sacádicos automáticos como los realizados durante la lectura.

#### **1.3.2.4. MOVIMIENTOS DE FIJACIÓN O MANTENIMIENTO DE LA POSICIÓN**

Permiten que, una vez que hemos seleccionado el objeto deseado, mantengamos los ojos en la posición adecuada para que su imagen se sitúe sobre la fovea analizando los detalles de la misma. Su duración es variable y depende del interés que genere el objeto observado. La información aferente es integrada por los nervios vestibulares y el núcleo *propositus* del nervio hipogloso, dirigiéndose desde aquí a los núcleos oculomotores (Galán *et al.*, 2005).

#### **1.3.2.5. MOVIMIENTOS DE SEGUIMIENTO**

Son movimientos lentos conjugados que permiten mantener sobre ambas foveas la imagen de un objeto en movimiento que se desplaza a una velocidad menor de 45°/segundo (si la velocidad es mayor, el seguimiento se realiza mediante movimientos sacádicos). Maduran en torno a los 4 o 5 meses de vida. El control de estos movimientos se realiza en los centros de asociación parietotemporooccipital desde donde

parten fibras eferentes hacia la formación reticular paramedial pontina (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010 y Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

### **1.3.2.6. MOVIMIENTOS POSTURALES**

Son movimientos que responden a mecanismos reflejos no oculares, coordinados por el sistema vestibular, y los reflejos cervicales tónicos. Ayudan a mantener la mirada mientras el observador está en movimiento. Su mecanismo se ha explicado con detalle en el apartado 1.1.2.

Todos estos movimientos constituyen distintas fases del mismo proceso visual. En primer lugar, los movimientos sacádicos o de localización permiten explorar el medio y seleccionar las fuentes de información que nos resultan útiles. Una vez detectada la diana, habrá movimientos de fijación para mantener el objeto de interés sobre la fóvea y poder analizar todos sus detalles. Dependiendo de la distancia a la que se encuentre el objeto serán necesarios movimientos de vergencia y acomodación para que la imagen llegue nítida a ambas fóveas. Si además el objeto en cuestión está en movimiento, serán necesarios movimientos de seguimiento coordinados, ya que cualquier imprecisión en el movimiento hará que la imagen móvil no se proyecte sobre ambas fóveas o se proyecte borrosa dificultando el proceso de fusión. Además, de forma habitual, el objeto de nuestro interés se mueve mientras el observador también se desplaza, existiendo un movimiento relativo entre ambos que dificulta el mantenimiento de una visión de alta calidad, sin embargo, los múltiples sistemas oculomotores se ponen en acción para permitir la

nitidez, teniendo gran relevancia los movimientos posturales, donde el sistema vestibular y propioceptivo del cuello mandan información a centros superiores para regular los movimientos según las inclinaciones, rotaciones y aceleraciones de la cabeza (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010, Simon *et al.*, 2008 y Prieto-Díaz *et al.*, 2005). Todos estos movimientos se generan de forma precisa gracias a la existencia del proceso sensorial de fusión que permite que la información recibida por cada ojo se solape creando una sola imagen, confiriéndole sus características de localización, distancia, profundidad y velocidad. Un fallo en la fusión conduciría a un análisis erróneo de esta información, dificultando al individuo responder de forma precisa a los estímulos visuales recibidos (Rodríguez Salvador *et al.*, 2010).

En resumen, la visión binocular es el resultado del trabajo coordinado de los sistemas sensorial y motor ocular:

- Los ojos, como sistema óptico, deben permitir la formación de imágenes nítidas y similares en ambos ojos. Para ello será necesario una agudeza visual (AV) adecuada y similar en ambos ojos, transparencia de medios, etc. para que la imagen proyectada sobre ambas retinas sea nítida y desde aquí sean enviadas hasta el córtex cerebral para su interpretación.
- Los músculos extraoculares y centros oculomotores, como parte del sistema motor, permitirán la alineación de ambos ojos en cualquier posición de la mirada para que la proyección de la imagen se realice en áreas correspondientes retinianas.
- La corteza occipital cerebral, como sistema integrador, fusionará las dos imágenes parecidas, pero no iguales, generando una única imagen (fusión) con percepción de

profundidad y una tercera dimensión (estereopsis) (Norman *et al.*, 2008 y Lappin *et al.*, 1997).

## **1.4. ESTRABISMO**

Como ya hemos comentado anteriormente, los músculos extraoculares y centros oculomotores, como parte del sistema motor, deben estar íntegros tanto anatómica como funcionalmente para permitir la localización, la fijación y el seguimiento de los objetos que llaman nuestra atención.

Cualquier alteración en el sistema motor desencadenará un desequilibrio, originando un estrabismo y dando lugar a la pérdida de la visión binocular y por tanto de su máxima expresión, la estereopsis.

### **1.4.1. DEFINICIÓN**

La palabra estrabismo deriva de la palabra griega *strabismos* que significa “bizquear, mirar de forma oblicua o con recelo” (Simon *et al.*, 2008). Son múltiples las definiciones de la palabra estrabismo que han ido surgiendo a lo largo de la historia (Perea, 2008).:

- “Convulsión de algunos músculos del ojo cuando, haciendo girar el ojo, se mira de través” (François Thevenin, 1658).

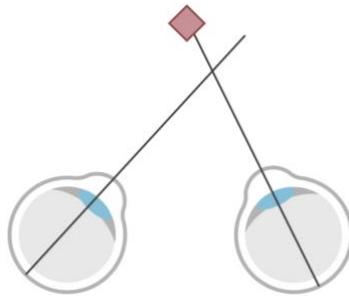
- *“Estrabon: hombre que mira atravesados los ojos, que decimos vulgarmente, tenerlos calzados al revés”* (Sebastián Cobarrubias, 1611).
- *“El estrabismo es un defecto de la visión caracterizado por una falta de armonía o de convergencia regular entre los dos ejes visuales”* (Louis-Auguste Desmarres, 1854).
- *“El estrabismo es el defecto de paralelismo de los ejes visuales, de donde resulta una disarmonía chocante en la situación relativa de los ojos, cualquiera sea la causa que haya producido esta deformidad”* (Peyré, 1842).
- *“Por estrabismo entendemos todos los casos en los que la visión binocular no es normal y equilibrada”* (André Louis Cantonnet, 1932).

Sin embargo, no todas estas definiciones son adecuadas, ya que el paralelismo de los ejes visuales se pierde de forma fisiológica, por ejemplo, en los movimientos fisiológicos de vergencias, al igual que pacientes con anisometropías altas o aniseiconia pueden tener alteraciones de la visión binocular sin presentar estrabismo.

Por tanto, la definición mas correcta de estrabismo sería: *“Situación en la que los ejes visuales de ambos ojos no convergen en el punto que se mira debido bien a anomalías en la visión binocular o a alteraciones en el control neuromuscular de la motilidad ocular”* (Galán et al, 2005).

Dependiendo del tipo de estrabismo, los ejes visuales se cruzarán en una determinada posición con respecto al objeto de atención como se muestra en la figura 13 y figura 14.

Figura 13. Estrabismo convergente (endotropía). El eje visual del ojo izquierdo se



cruza por delante del objeto que se mira.

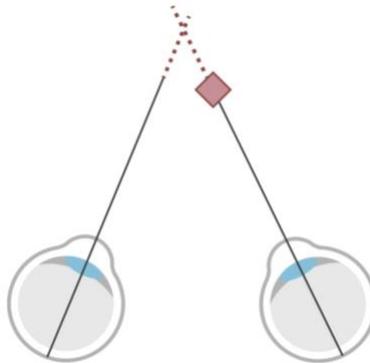


Figura 14. Estrabismo divergente (exotropía). El eje visual del ojo izquierdo se cruza por detrás al intentar enfocar el objeto.

#### 1.4.2. NOMENCLATURA

- *Ortoforia*: Se conoce como ortoforia al estado de equilibrio ocular donde ambos ojos permanecen alineados en dirección del punto de fijación en todas las posiciones de la mirada, sin importar la

distancia del punto de fijación, aún cuando se rompan los mecanismos de fusión ocluyendo uno de los ojos.

- *Ortotropia*: Situación en la que ambos ojos están en la posición óptima para que el objeto que se está mirando recaiga sobre ambas fóveas simultáneamente.
- *Heteroforia*: Es una desviación ocular latente, la cual se manifiesta al romper la fusión.
- *Heterotropia*: Es una desviación ocular constante. No está compensada por los mecanismos de fusión (Simon *et al.*, 2008).

Los términos en estrabismo incluyen con frecuencia prefijos y sufijos en función de las posiciones relativas de los ejes visuales, representando los distintos patrones de estrabismo que podemos encontrar.

#### **1.4.2.1. PREFIJOS UTILIZADOS EN LA TERMINOLOGÍA DE ESTRABISMO**

- *Endo-*. El ojo rota hacia dentro. Como los ejes visuales convergen, también se llama *estrabismo convergente* (Figura 15).
- *Exo-*. El ojo rota hacia fuera. Como los ejes visuales divergen, también se le llama *estrabismo divergente* (Figura 15).
- *Hiper-*. El ojo rota hacia arriba. Es una forma de *estrabismo vertical*.
- *Hipo-*. El ojo rota hacia abajo. Es una forma de *estrabismo vertical* (Simon *et al.*, 2008).
- *Inciclo-*. Situación en la que, teniendo en cuenta el meridiano vertical del ojo, la parte superior del ojo gira en sentido nasal y la inferior en sentido temporal.

- Exciclo-. Situación en la que, teniendo en cuenta el meridiano vertical del ojo, la parte superior del ojo gira en sentido temporal y la inferior en sentido nasal.

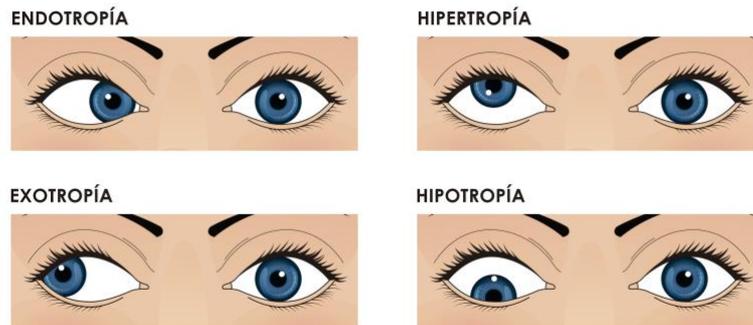


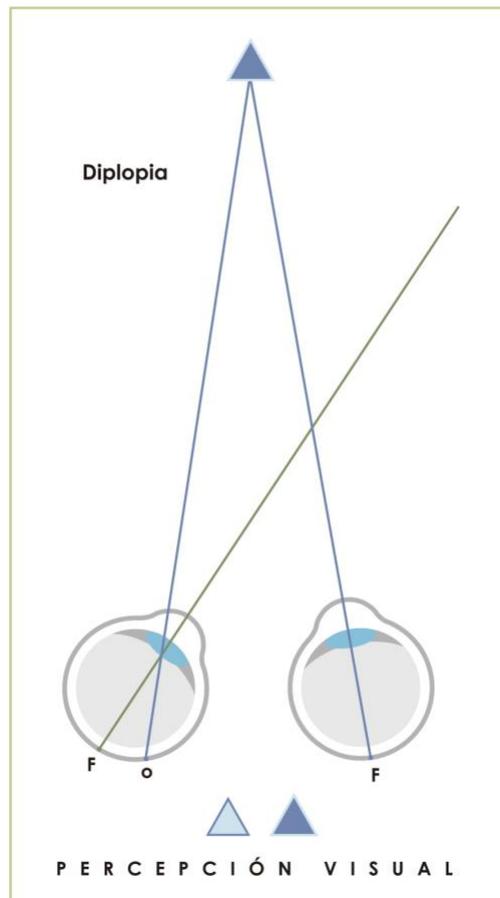
Figura 15. Clasificación estrabismo según la dirección de la desviación.

#### 1.4.2.2. SUFIJOS UTILIZADOS EN LA TERMINOLOGÍA DE ESTRABISMO

- - *foria*. Desviación latente que está controlada por el mecanismo de fusión, de forma que los ojos permanecen alineados en visión binocular.
- - *tropia*. Desviación manifiesta que no está compensada por los mecanismos de fusión. Existe una variante denominada *tropia intermitente* en la que hay un control fusional parte del tiempo.

#### 1.4.3. ANOMALÍAS DE LA VISION BINOCULAR EN EL ESTRABISMO

##### 1.4.3.1. DIPLOPIA



El término diplopia procede del griego “*diplois*” que significa doble y “*opsis*” que significa visión.

Cuando hay una desviación ocular, la imagen del objeto que se mira recae sobre la fóvea del ojo fijador y sobre un punto extrafoveal del ojo desviado. Los lugares donde se proyecta la imagen en cada ojo son *puntos retinianos no correspondientes* por lo que la dirección visual es diferente, de manera que el objeto se localiza en puntos diferentes del espacio generando visión doble (Galán *et al.*, 2005) (Figura 16).

Figura 16. Diplopia. La imagen del triángulo recae en la fóvea del ojo derecho percibiéndose 'recto adelante', pero en el ojo izquierdo, al estar desviado hacia

dentro, la estrella recae sobre el punto O que, al estar situado a la derecha de su fovea, lo localiza en el campo visual izquierdo. De esta manera se perciben 2 imágenes, la de un triángulo centrado y nítido en el ojo fijador y otro triángulo a la izquierda y menos nítido.

#### **1.4.3.2. CONFUSIÓN**

Ante la presencia de un estrabismo, la confusión ocurre de forma simultánea a la diplopia, aunque los pacientes suelen referir confusión con mucha menos frecuencia que diplopia. Ésta consiste en la percepción superpuesta de dos imágenes situadas en espacios diferentes del campo visual, ya que ambas imágenes recaen en ambas foveas al estar uno de los ojos desviado. Como las foveas son puntos retinianos correspondientes, tienen la misma dirección visual, localizan en el mismo lugar las imágenes que recaen sobre ellas (Galán *et al.*, 2005) (Figura 17).

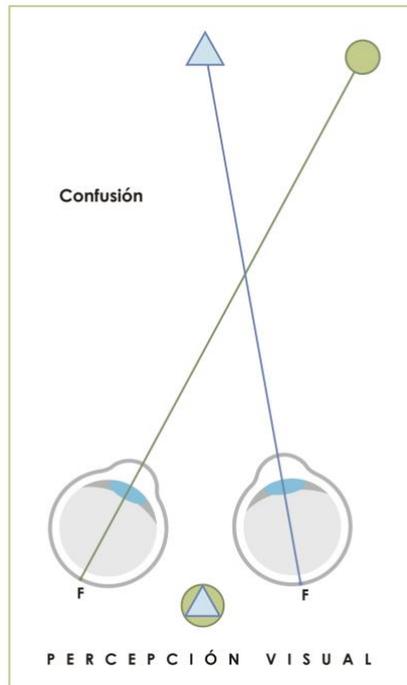


Figura 17. Confusión. Sobre la fóvea del ojo derecho recae la imagen del triángulo. El ojo izquierdo, al estar desviado, no recibe la misma imagen sino la del círculo. Al tener ambas fóveas la misma dirección visual 'recto adelante' se perciben tanto el triángulo como el círculo en el mismo espacio visual.

#### 1.4.4. ADAPTACIONES SENSORIALES EN EL ESTRABISMO

Las adaptaciones sensoriales ante desviaciones oculares están destinadas a evitar los fenómenos de confusión y diplopia. El adulto con frecuencia se ve obligado a la oclusión de uno de los ojos para evitar la

incomodidad. Sin embargo, en el niño el cerebro pone en marcha mecanismos de adaptación para estar “más cómodo”:

- Supresión
- Correspondencia retiniana anómala (CRA)

#### **1.4.4.1. SUPRESIÓN**

El fenómeno de supresión consiste en la eliminación cortical de la percepción del estímulo (escotoma) en el ojo desviado para evitar la percepción anómala de ese ojo. Este escotoma es relativo y sólo se presenta cuando los dos ojos están abiertos, en visión binocular, y desaparece al ocluirse el ojo dominante (Galán *et al.*, 2005).

Su comportamiento varía dependiendo del tipo de desviación y la edad del paciente. Cuando la desviación es monocular y constante la supresión ocurre siempre, mientras que si es alternante la supresión también lo será. En estrabismos intermitentes se alternan momentos de supresión, cuando el estrabismo es manifiesto, con momentos de visión binocular, cuando hay ortotropía. Con esto podemos deducir que la supresión es un mecanismo dinámico que se adapta a las circunstancias (Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

Si la supresión es constante durante un tiempo prolongado, el escotoma se va extendiendo y se instaura con más fuerza llegando a ser permanente. En niños, esta supresión conlleva la detención del desarrollo visual, generando lo que se conoce como *ambliopía*, que puede considerarse la peor consecuencia del estrabismo (Galán *et al.*, 2005). Esto se debe a que la visión binocular empieza a desarrollarse desde las

primeras semanas de vida. Los seis primeros meses son los más importantes para el desarrollo de la fusión. Entre los 6 y los 12 meses se alcanza aproximadamente el 80% de la visión binocular, siendo a los 6 o 7 años cuando se consolida de forma definitiva (Romero y Apis, 2010). Por ello, la edad de aparición del estrabismo es importante para determinar el pronóstico visual, de manera que cuanto antes aparezca la desviación ocular, antes interrumpirá el desarrollo de la visión binocular generando consecuencias más severas.

#### **1.4.4.2. CORRESPONDENCIA RETINIANA ANÓMALA (CRA)**

La CRA es un mecanismo de adaptación binocular más complejo donde se intenta restaurar cierto grado de cooperación binocular. El ojo, en vez de crear el escotoma de supresión, pone en marcha otro mecanismo asignando una dirección visual a la fovea y los demás puntos de la retina anómala. El punto de la retina excéntrico del ojo desviado que recibe la misma imagen que la fovea del ojo fijador, reorienta su proyección haciéndola coincidir con la fovea del ojo fijador, de manera que ambos puntos se estimulan simultáneamente (Benítez del Castillo, 1996). Asimismo, la dirección visual del resto de puntos de la retina queda desplazada también (Figura 18).

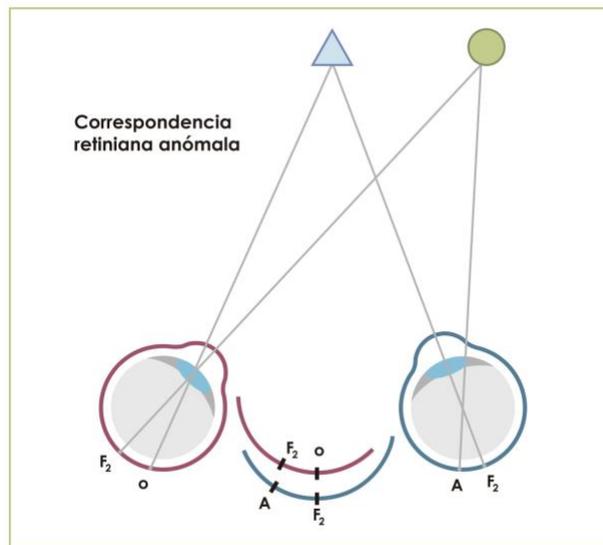


Figura 18. En la CRA se desplazan los puntos retinianos correspondientes de ambos ojos, de manera que una parte de la retina nasal de un ojo ahora se hace correspondiente con una parte de la retina nasal del ojo adelfo.

La CRA suele ocurrir en condiciones de visión binocular, con los ojos abiertos, de manera que, si se ocluye el ojo fijador, el ojo desviado vuelve a fijar con su fovea. Sin embargo, en casos de endotropías unilaterales de ángulos de desviación pequeños o medianos de mucho tiempo de evolución, la CRA puede aparecer incluso en visión monocular generando una alteración profunda denominada *ambliopía con fijación excéntrica* (Prieto-Díaz *et al.*, 2005).

Al igual que ocurría con la supresión, en estrabismos alternantes la CRA también es alterna de manera que el ojo desviado en cada momento es el que desarrolla la localización anómala.

### 1.4.5. EXPLORACIÓN DEL PACIENTE CON ESTRABISMO

Antes de iniciar la exploración del paciente con estrabismo, se debe realizar un examen oftalmológico general que incluya:

- *Anamnesis*. Nos aporta gran información sobre el tipo de estrabismo y en algunos casos de las alteraciones sensoriales. Ésta debe incluir respuestas a las siguientes preguntas: ¿tiene antecedentes familiares de estrabismo?, ¿a qué edad apareció la desviación?, ¿qué ojo desvía?, ¿es siempre el mismo?, ¿ha usado algún tratamiento previo con gafas, parches o cirugía?
- *Agudeza visual*. Es uno de los elementos más importantes a tener en cuenta ya que nos orienta sobre la integridad del aparato visual. El test utilizado para determinarla dependerá de la edad del paciente.
- *Estado refractivo*. La refracción tiene gran importancia ya que puede ser causa inductora del desequilibrio motor y su corrección la solución del mismo.
- *Exploración de medios transparentes*. Estudio del sistema óptico mediante lámpara de hendidura: córnea, cristalino, vítreo, etcétera.
- *Exploración del fondo de ojo*. Es importante para descartar patologías en la retina, coroides, nervio óptico, etcétera que puedan ser la causa del estrabismo.

#### 1.4.5.1. EXPLORACIÓN MOTORA

Su finalidad es obtener información sobre los siguientes aspectos:

- Si existe estrabismo real o pseudostrabismo.
- En caso de desviación, ¿Qué tipo? Convergente, divergente, vertical o mixto. ¿La desviación es monocular o alternante? Para responder a estas preguntas, la exploración más importante es el *cover test*, que desarrollamos más adelante en el texto.
- ¿Cuánto mide la desviación? Para la cuantificación de la desviación disponemos de diversos test que se detallan más adelante.
- ¿Son los movimientos de los ojos simétricos en todas las posiciones de la mirada? Para ello exploraremos las versiones y ducciones (Galán *et al.*, 2005).

Para dar respuesta a estas preguntas debemos realizar las siguientes maniobras diagnósticas de forma metódica.

### **A) OBSERVACIÓN INICIAL EN BUSCA DE TORTÍCOLIS**

La rotación de la cabeza o tortícolis suele tener como finalidad evitar la diplopia o reducir un *nistagmus* para así favorecer una mejor visión. La observación de la posición de la cabeza del paciente nos orienta sobre la presencia y tipo de desviación.

### **B) COVER TEST**

Este test consiste en la oclusión de un ojo mientras al paciente se le hace fijar un objeto. Existen tres tipos de cover test:

- **Cover test simple:** Es un test monocular que consiste en la oclusión de un ojo y observar si el ojo adelfo hace algún movimiento para fijar. Si ocluimos el ojo fijador, el ojo desviado hará un movimiento de rectificación para fijar el objeto. Si, por el contrario, ocluimos el ojo desviado, no se producirá movimiento porque el ojo ya estaba fijando el objeto.

La dirección del movimiento del ojo no ocluido nos dará el tipo de desviación:

- Movimiento hacia dentro: exotropia
  - Movimiento hacia fuera: endotropia
  - Movimiento hacia abajo: hipertropia
  - Movimiento hacia arriba: hipotropia
- 
- **Cover-Uncover.** Consiste en la oclusión de un ojo y observar si al realizar la desoclusión se produce algún movimiento. Solemos realizarlo cuando en el cover test simple no se ha observado desviación. Nos permite detectar la existencia de forias que están compensadas por la fusión binocular.
- 
- **Cover test alterno.** Consiste en ocluir un ojo e inmediatamente después el otro de forma alternada, sin permitir la visión binocular en ningún momento, rompiendo la fusión, de manera que la desviación muestra su amplitud máxima (Galán *et al.*, 2005).

### C) MEDICIÓN DE LA DESVIACIÓN

Se puede realizar con diversos test:

- **Test de Hirschberg:** valora los reflejos corneales generados tras proyectar una luz puntual en la zona media-superior de la cara. Un desplazamiento asimétrico de los reflejos indicaría presencia de estrabismo. Una desviación de 1mm equivale a  $8^\circ$  y  $1^\circ$  equivale aproximadamente a 2 dp. Si el reflejo recae sobre el borde pupilar la desviación es de  $15^\circ$ . Si se sitúa a mitad de distancia entre el reborde pupilar y el limbo es de  $30^\circ$ . Si recae sobre el limbo corneal equivale a  $45^\circ$  (Figura 19).

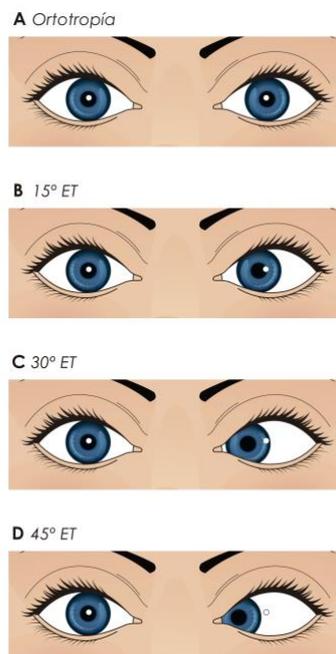


Figura 19. Test de Hirschberg.

- **Método de Krimsky:** Hacemos que el paciente fije una luz que producirá unos reflejos sobre ambas córneas. Después ponemos

prismas de potencia creciente hasta llegar al prisma que centre el reflejo corneal (Figura 20).

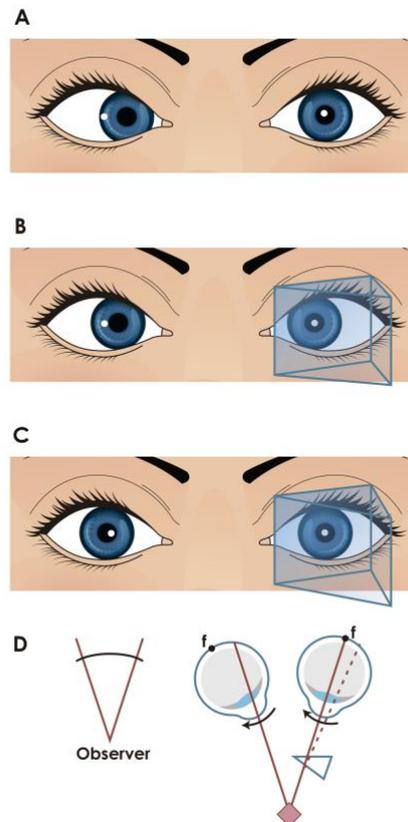


Figura 20. Método Krimsky.

- **Cover test con prismas:** Es el método más preciso. Consiste en la neutralización con prismas del movimiento del ojo al realizar el *cover test*. Se realiza el *cover test* tapando el ojo fijador mientras se interponen prismas de potencia creciente en el ojo desviado. El valor del prisma que anule el movimiento en el ojo desviado representa la amplitud de la desviación. Se expresa en dioptrías prismáticas (DP) (Galán *et al.*, 2005 y Benítez del Castillo, 1996).

## D) EXPLORACIÓN DE LAS VERSIONES

En el apartado 1.3 sobre fisiología motora se explican los movimientos oculares y sus leyes de inervación que ayudan a comprender correctamente las alteraciones en la motilidad ocular.

Las *versiones* se exploran haciendo al paciente observar el objeto de fijación en las distintas posiciones diagnósticas de la mirada, mostradas en la figura 21, y observando al mismo tiempo la posición relativa de ambos ojos:

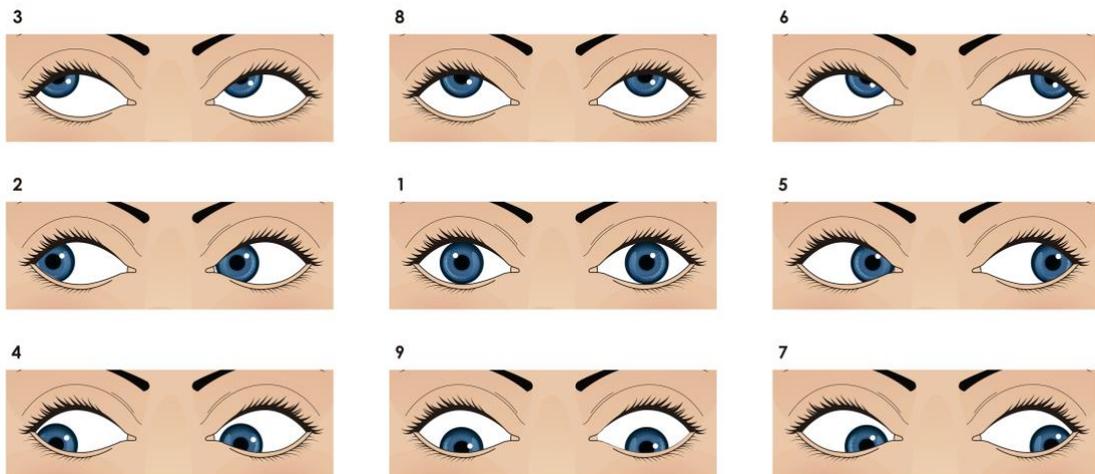


Figura 21. Posiciones diagnósticas de la mirada.

- Cuando se mantiene la posición relativa de ambos ojos, es decir, la magnitud de la desviación, se tratará de un estrabismo comitante.
- Cuando la magnitud de la desviación varía según la posición, es decir, existe un retraso o déficit en el movimiento de un ojo

respecto al otro, nos encontraremos ante un estrabismo incoitante, característico de las parálisis o restricciones.

#### **E) EXPLORACIÓN DE LAS DUCCIONES**

Ésta se efectúa cuando en la exploración de versiones existe limitación de movimientos de un ojo respecto al otro. Se exploran las ducciones activas del ojo desviado ocluyendo el ojo contralateral. De esta manera podemos saber la máxima capacidad de movimiento del ojo con la supuesta desviación. Basándonos en la ley de Hering concluimos que:

- Cuando el movimiento de ducción es mayor que en la versión, estamos ante una paresia o pseudolimitación.
- Cuando la ducción es igual a la versión, podríamos encontrarnos ante una parálisis total o restricción (Galán *et al.*, 2005).

#### **1.4.5.2. EXPLORACIÓN SENSORIAL**

Existe gran diversidad de test sensoriales, sin embargo, por practicidad, en este texto expondremos sólo aquellos que consideramos más rentables por su simplicidad y capacidad diagnóstica.

#### **A) ESTUDIO DE LA SUPRESIÓN: TEST DE WORTH**

Este test consiste en una imagen donde se representan un punto rojo, dos verdes y uno blanco. El paciente lleva puesta una montura con un cristal rojo en el ojo derecho (OD) y verde en el ojo izquierdo (OI). Dado que los

colores rojo y verde son complementarios, a través del cristal rojo no se puede ver el verde y a través del verde no se puede ver el rojo. Sin embargo, la luz blanca si puede ser vista por los dos ojos (rivalizando el color), pero fusionada y percibida en visión binocular. Una persona normal la matizará de un color resultante de la mezcla entre rojo y verde. Dependiendo de qué color predomine indicará la dominancia de un ojo sobre otro, reflejo de la rivalidad retiniana.

Las posibles respuestas se representan en la figura 22.

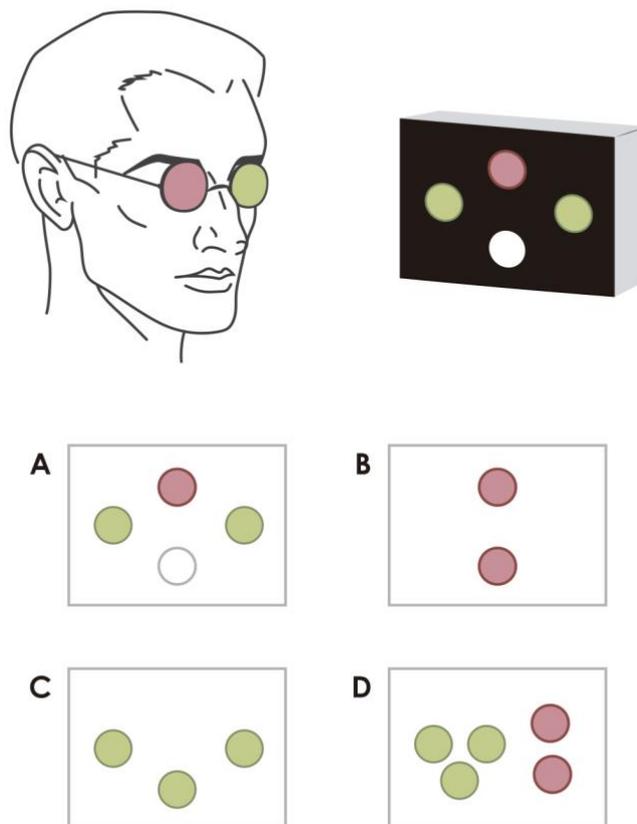


Figura 22. Test de Worth. Las posibles respuestas del test se muestran de A-D.

- A.** El paciente ve las cuatro luces: visión binocular sin supresión.
- B.** El paciente ve dos luces rojas: supresión del ojo izquierdo.
- C.** El paciente ve tres luces verdes: supresión del ojo derecho.
- D.** El paciente ve cinco luces: diplopia. Si las luces rojas están a la derecha (diplopia homónima) es indicativo de endoforia descompensada. Si las rojas están a la izquierda (diplopia heterónima), corresponde con una exoforia descompensada.

## **B) ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS**

La estereopsis es la máxima expresión de la binocularidad, posibilitando, tras la fusión, la percepción tridimensional. Su estudio nos permite cuantificar el grado de colaboración binocular. La estereopsis es mejor cuanto más bajo sea el valor obtenido expresado en segundos de arco. El individuo normal tiene una estereopsis de entre 10 y 30 segundos de arco('') (Perea, 2008).

Existen diversos test que nos permiten cuantificar la estereopsis: Titmus, Lang, TNO, Butterfly Stereo Acuity Test, etc. (Figura 23).

Todos ellos consisten en tarjetas con imágenes que intentan reproducir la disparidad binocular. Para ello deben ser vistas con cristales polarizados o con filtro rojo/verde para que la percepción de cada ojo sea diferente. La disparidad de las imágenes, al ser procesadas por el córtex, dará la sensación de estereopsis. La cuantificación de la estereopsis en estos test

tiene un rango de 2000'' de arco (estereopsis grosera) a 10'' de arco (estereopsis fina).



**A**



**B**

Figura 23. Test Titmus (A) y Butterfly Stereo Acuity Test (B).

Imagen disponible en:

<https://www.doccheckshop.eu/en/Praxis/Diagnostikinstrumente/Sehtests/Stereo-Vision-Test-House-Fly.html> [Consultado el 16-10-2018].

## 1.5. ERRORES REFRACTIVOS: AMETROPÍAS

En un ojo sano en estado de reposo, es decir, sin acomodar, los rayos de luz procedentes de un objeto situado en el infinito (en la práctica, a más de 6 metros de distancia) llegan paralelos, enfocándose en la fovea. Este estado de refracción se denomina *emotropía* (Figura 24).

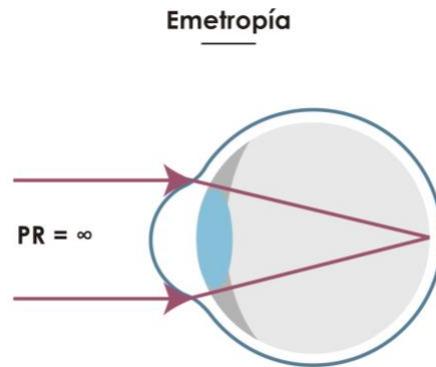


Figura 24. Focalización de los rayos de luz en la retina. El punto remoto (PR) se encuentra en el infinito para ojos emétopes (García Lázaro *et al.*, 2011).

Los errores refractivos, también denominados *ametropías* aparecen cuando los rayos de luz no se proyectan de forma precisa en la fovea.

Estos trastornos pueden clasificarse en:

- Esféricos:
  - o Miopía
  - o Hipermetropía
  
- Cilíndricos:
  - o Astigmatismo

Cuando existe una diferencia marcada en el estado refractivo de ambos ojos hablamos de *anisometropía* (Cuadrado Escamilla, 2008).

### 1.5.1. MIOPIA

### 1.5.1.1. GENERALIDADES

Es aquella situación refractiva en la que, estando la acomodación relajada, los rayos procedentes del infinito convergen delante de la retina dando lugar a una imagen borrosa del objeto (García Lázaro *et al.*, 2011) (Figura 25).

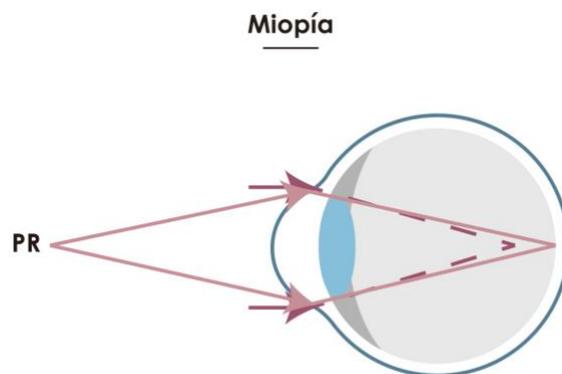


Figura 25. Focalización de los rayos de luz en la retina. El punto remoto (PR), que se encuentra en el infinito, focaliza en la retina en ojos emétopes (línea continua) y delante de la retina en miopes (línea discontinua).

El término miopía procede del griego “*myein*” y “*ops*” que significan respectivamente “entrecerrar” y “ojos”. La primera referencia histórica del término miopía se le atribuye a Aristóteles, quien usaba este término para referirse a las personas que entornaban los ojos para ver mejor.

Desde el punto de vista epidemiológico, la prevalencia de la miopía en la raza caucásica se considera aproximadamente de entre un 15% y un 35% según los diferentes autores, siendo considerablemente mayor en razas orientales (entre un 80% y un 90% en niños de edad escolar en el

Este Asiático (Morgan *et al.*, 2012)) y menor en la raza negra (Franco Iglesias *et al.*, 2007). Un metanálisis de estudios poblacionales de EUA encontró una prevalencia de miopía del 31% en personas mayores de 40 años y del 36% en mayores de 20 años (Kempen *et al.*, 2004). Varios estudios poblacionales muestran que la prevalencia de la miopía es menor en personas mayores siendo la prevalencia de entre un 15% y un 20% en personas mayores de 60 años (Katz *et al.*, 1997), a pesar del cambio miópico que se produce con el desarrollo de la esclerosis nuclear del cristalino (Shufelt *et al.*, 2005).

Tanto factores hereditarios como ambientales parecen estar implicados en el desarrollo de la miopía. Algunos estudios han hallado relación entre regiones génicas del cromosoma 18p y la miopía (Farbrother *et al.*, 2004 y Lam *et al.*, 2003) y en estudios realizados en la población asiática se han encontrado asociaciones entre diversas alteraciones genéticas y miopía alta (Hayashi *et al.*, 2011, Li *et al.*, 2011, Shi *et al.*, 2011 y Shi *et al.*, 2013). Otros estudios han mostrado una fuerte asociación entre una mayor duración del periodo educativo con una mayor prevalencia y progresión de la miopía (Verhoeven *et al.*, 2013, Wu *et al.*, 2001, Gwiazda *et al.*, 2011, Williams *et al.*, 2015 y Mirshahi *et al.*, 2014). Algunos estudios han reportado que, a mayor tiempo trabajado de cerca, mayor prevalencia y progresión de la miopía (Mutti *et al.*, 2002, Saw *et al.*, 2002 y Rahi *et al.*, 2011), sin embargo, estudios posteriores relacionados principalmente con el uso de dispositivos de video no han podido establecer esta relación (Rechichi *et al.*, 1996 y Ip *et al.* 2008). Donde sí parece existir consenso es en la relación entre la miopía y un menor tiempo invertido al aire libre (Jones *et al.*, 2007, Rose *et al.*, 2008, He *et al.*, 2015, Jin *et al.*, 2015, McKnight *et al.*, 2014, Wu *et al.*, 20013 y Guggenheim *et al.*, 2012), habiendo encontrado una reducción de la progresión de la miopía tanto

en términos de equivalente esférico como en longitud axial durante los meses de verano (Gwiazda *et al.*, 2014 y Donovan *et al.*, 2012). En un metanálisis los investigadores encontraron que el aumento del tiempo al aire libre disminuía significativamente el riesgo de progresión de la miopía (Gwiazda *et al.*, 2017 y Sherwin *et al.*, 2012). Aún así, numerosos estudios muestran que la prevalencia de la miopía continúa incrementándose (Williams *et al.*, 2015, Pan *et al.*, 2012 y Lam *et al.*, 2012). En relación a la historia natural de la miopía, ésta suele aparecer generalmente entre los 6 y los 12 años, teniendo una tasa media de progresión de aproximadamente 0.50 dioptrías por año (Jensen *et al.*, 1992), aunque en etnia china, la tasa de progresión es considerablemente más alta (Fan *et al.*, 2004 y Saw *et al.*, 2005).

#### **1.5.1.2. CLASIFICACIÓN**

Existen numerosas formas de clasificación de la miopía, sin embargo, en nuestro trabajo nos centraremos en las más importantes a nivel práctico:

##### **A) SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS:**

- *Miopía axial.* Es la más frecuente y se produce por un aumento en la longitud del eje anteroposterior del ojo.
- *Miopía de curvatura.* Se presenta cuando está incrementada la curvatura de alguna superficie refractiva, como la córnea o el cristalino.
- *Miopía de índice.* Se debe a un aumento del poder refractivo del cristalino, como ocurre con la esclerosis nuclear durante el desarrollo de la catarata.

- *Miopía por cambio en la posición del cristalino.* Se origina al aumentar la distancia entre el cristalino y la retina debido al desplazamiento anterior del cristalino, como ocurre tras la cirugía vitreorretiniana (Franco Iglesias *et al.*, 2007).

#### **B) SEGÚN LA MAGNITUD DEL ERROR Y PUNTO DE VISTA CLÍNICO:**

- *Miopía simple, benigna o del desarrollo.* Incluye defectos refractivos que no superan las 5-6 dioptrías. No suele asociar lesiones degenerativas.
- *Miopía degenerativa, magna o patológica.* Incluye errores refractivos superiores a 6 dioptrías. Tiene carácter hereditario, es más frecuente en mujeres. Suele aparecer antes de los 10 años y puede progresar durante toda la vida. Este tipo de miopía suele ir acompañada de daños degenerativos, especialmente en el segmento posterior.

#### **1.5.1.3. CLÍNICA**

El síntoma principal del paciente miope es la *dificultad para la visión lejana*, sin embargo, presentan buena visión cercana debido a que los rayos focalizan en la retina al llegar con cierta divergencia. Con frecuencia el paciente miope tiende a guiñar los ojos para mejorar su visión lejana, haciendo uso del efecto estenopeico que tiene este gesto.

Otro síntoma frecuente es el empeoramiento de la visión nocturna debido a varios factores:

- Dilatación pupilar. Tiene un efecto contrario al estenopeico.
- La refracción en la zona periférica del cristalino es más miopizante.
- Los fotorreceptores, en casos de miopía magna, están alterados.

#### 1.5.1.4. TRATAMIENTO

El tratamiento de la miopía tiene como objetivo que los rayos de luz se proyecten sobre la retina y no delante de ésta. Para ello disponemos de diferentes sistemas:

- Corrección con lentes esféricas negativas, divergentes o cóncavas mediante gafas o lentes de contacto (Figura 26).

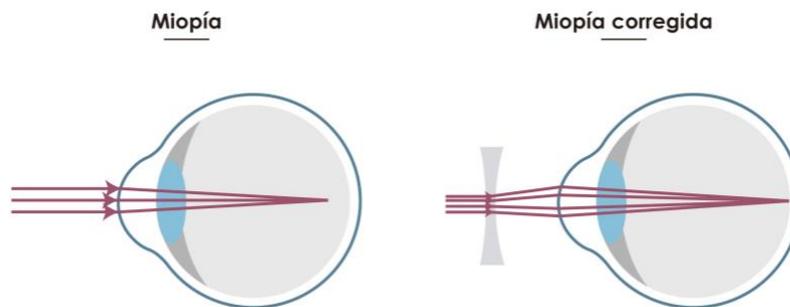


Figura 26. Lentes divergentes o negativas corrigen la miopía formando la imagen sobre el plano de la retina y no delante de la misma.

- Corrección quirúrgica mediante cirugía refractiva. Las diversas técnicas serán abordadas en el apartado 1.6.2 de este texto.

#### 1.5.2. HIPERMETROPÍA

### 1.5.2.1. GENERALIDADES

También recibe el nombre de *hiperopía*. Es un defecto de refracción esférico donde los rayos de luz paralelos, en lugar de converger en un punto de la retina, se focalizan detrás de ésta (Figura 27). De esta manera, lo que impresiona en la retina no son puntos del objeto transformados en puntos de imagen sino círculos de difusión de mayor tamaño, proyectándose una imagen visual borrosa. Debido a que la retina está más cerca del punto focal, la imagen es más pequeña que en la emetropía. Los rayos procedentes de la retina, que en el emétrope son paralelos, en el hipermétrope son divergentes al salir del ojo, por lo que el punto remoto se encuentra detrás del globo ocular (Zamora Barrios *et al.*, 2007).

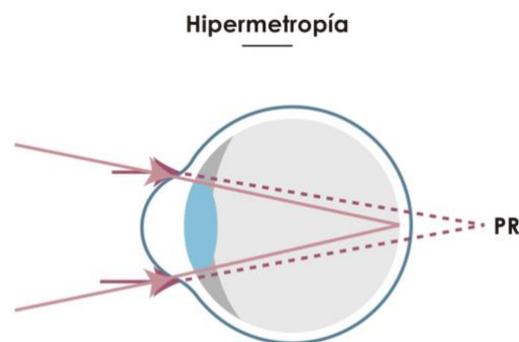


Figura 27. Focalización de los rayos de luz en la retina. El punto remoto (PR) focaliza en la retina en ojos eméticos (línea continua) y detrás de la retina en hipermétropes (línea discontinua).

La hipermetropía tiene una prevalencia aproximada de entre un 10% y un 20% según diferentes autores (Kempen *et al.*, 2004 y Attebo *et al.*, 1999). Está presente durante la etapa de desarrollo ocular normal. Al nacimiento, la mayoría de los niños son hipermétropes de

aproximadamente unas 3.00 dioptrías (Saunders, 1995), pudiendo aumentar ligeramente en los primeros meses de vida para luego disminuir a un promedio de 1.00 dioptría por año de edad (Lindsay *et al.*, 2007). Este cambio hacia la emetropía es un complejo proceso que implica cambios en el poder dióptrico de los diferentes componentes refractivos del ojo. A diferencia de la miopía, la hipermetropía parece estar relacionada, en las mismas poblaciones, con menor duración de los periodos educativos (Wang *et al.*, 1994 y Katz *et al.*, 1997).

### 1.5.2.2. CLASIFICACIÓN

Existen diversas formas de clasificar la hipermetropía:

#### A) SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS:

- *Hipermetropía axial*. Es la más frecuente y se produce por un acortamiento en la longitud del eje anteroposterior del ojo.
- *Hipermetropía de curvatura* que se presenta cuando la curvatura de alguna superficie refractiva, generalmente la córnea, es excesivamente pequeña.
- *Hipermetropía de índice* ligada a un descenso del poder refractivo eficaz del cristalino.

#### B) SEGÚN LA MAGNITUD DEL ERROR:

- *Hipermetropía baja*. Incluye defectos de 0,25 a 3 D. La agudeza visual no se afecta generalmente hasta la edad de la presbicia.

- *Hipermetropía media*. Incluye errores de 3 a 5 D. Puede afectarse la visión en pacientes jóvenes y casi siempre se altera en la edad adulta.
- *Hipermetropía alta*. Defectos mayores de 5 D. La visión suele ser más baja de lo normal incluso en edades tempranas.

### C) SEGÚN LA ACOMODACIÓN:

- *Hipermetropía latente*. Es el error refractivo corregido debido al tono fisiológico del músculo ciliar. Se mide exclusivamente bajo cicloplejia. Es la diferencia entre la hipermetropía total y la hipermetropía manifiesta.
- *Hipermetropía manifiesta*. Es el máximo valor de dioptrías positivas que permite mantener la mejor agudeza visual del paciente. Está compuesta por:
  - *Hipermetropía facultativa*. Es la que se corrige por un esfuerzo acomodativo. Resulta de la diferencia entre la hipermetropía absoluta y manifiesta.
  - *Hipermetropía absoluta*. Es la que no puede ser corregida por un esfuerzo de acomodación. Sólo puede ser corregida con lentes. Es el mínimo valor de dioptrías positivas con las que el paciente consigue su máxima agudeza visual.
- *Hipermetropía total*. Es la suma de la hipermetropía latente y manifiesta.

En los jóvenes la hipermetropía latente puede ser grande. Con el paso de los años, debido a la pérdida de la capacidad de acomodación, se tiende a pasar de la hipermetropía latente a la facultativa y finalmente a la absoluta (Zamora Barrios *et al.*, 2007).

Para una mejor comprensión de la determinación clínica de los distintos tipos de hipermetropía se muestra el siguiente ejemplo:

**Ejemplo 1:**

Un paciente para alcanzar una visión de la unidad requiere una lente de +1.00 D, lo que representaría su *hipermetropía absoluta*. Además, tolera la adición de +1.00 D (total de +2.00 D), manteniendo una visión de la unidad. Sin embargo, si ponemos +2.25 D inicia visión borrosa. Su *refracción manifiesta* es por tanto +2.00 D y la *hipermetropía facultativa* sería +1.00 D. La refracción ciclopléjica es +2.75 D (*hipermetropía total*), por lo que la *hipermetropía latente* sería +0.75 D (Kowal *et al.*, 2005).

### 1.5.2.3. CLÍNICA

Las manifestaciones clínicas de la hipermetropía dependen de la edad y del grado de hipermetropía y derivan del esfuerzo que debe realizar el individuo para ver de cerca. Cuando la amplitud de acomodación es grande, como ocurre en los jóvenes, o el defecto es pequeño, no suele aparecer sintomatología. La principal responsable de las manifestaciones clínicas es la hipermetropía absoluta ya que es la única parte de la ametropía que no puede ser corregida con el esfuerzo acomodativo.

El síntoma principal es la visión borrosa cercana, aunque si se carece de acomodación la agudeza visual será mala tanto de lejos como de cerca.

Los pacientes no corregidos presentan un cuadro clínico denominado *astenopia acomodativa* que se caracteriza por los siguientes síntomas y signos:

- Cefalea. La localización típica es a nivel frontal y occipital. Tiende a agravarse durante el día y disminuye espontáneamente al cesar el esfuerzo acomodativo.
- Lagrimeo.
- Hiperemia conjuntival.
- Prurito.
- Fotofobia.
- Parpadeo repetitivo.
- Blefaritis crónica y orzuelos de repetición debido a la congestión vascular existente en esa región.

En otras ocasiones, la hipermetropía puede ser también causa de *estrabismo convergente* al existir una relación acomodación-convergencia anómala (Ingram *et al.*, 2000).

Debemos vigilar estrechamente la posibilidad de desarrollo de ambliopía en hipermetropías no corregidas. La ambliopía es más frecuente cuando existe una marcada *anisometropía*. Este término es usado en la práctica clínica cuando la diferencia de refracción existente entre ambos ojos es superior a 2 dioptrías. Cuando la anisometropía es mayor de 3 dioptrías se produce *aniseiconia* (desigualdad en el tamaño de las imágenes

retinianas de ambos ojos), haciendo muy difícil el desarrollo de la visión binocular (Zamora Barrios *et al.*, 2007).

#### 1.5.2.4. TRATAMIENTO

Si el defecto refractivo es pequeño, la agudeza visual es normal y no existe clínica de astenopia acomodativa ni estrabismo convergente, su tratamiento es innecesario. Sin embargo, si alguna de las condiciones anteriores no se cumple será necesaria la prescripción óptica de lentes esféricas positivas, siempre previa exploración de la refracción bajo cicloplejia (Figura 28).

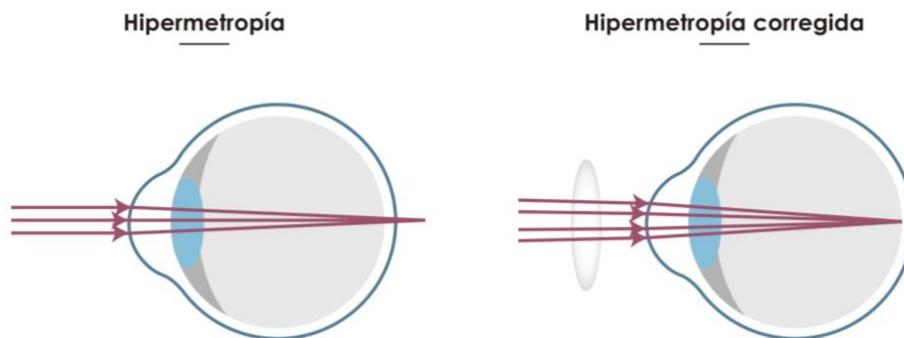


Figura 28. Lentes convergentes o positivas corrigen la hipermetropía formando la imagen sobre el plano de la retina y no detrás de la misma.

La cirugía refractiva puede ser una alternativa a la corrección óptica con lentes. Su indicación y el tipo de técnica quirúrgica de elección dependerán de la edad, la magnitud del error refractivo y el estado acomodativo del paciente (Cuadrado Escamilla, 2008).

#### 1.5.3. ASTIGMATISMO

### 1.5.3.1. GENERALIDADES

El astigmatismo es una ametropía en la cual el sistema óptico no es capaz de formar una imagen puntual a partir de un objeto debido a que la potencia del sistema óptico varía de un meridiano a otro (Figura 29). Etimológicamente deriva del griego *a* (sin) y *stigma* (punto), definiendo así el astigmatismo como la ametropía "sin punto de foco" (Cuadrado Escamilla, 2008). Se definen como meridianos principales aquellos meridianos con máxima y mínima potencia refractiva. La magnitud del astigmatismo es igual a la diferencia de potencia entre los dos meridianos principales.

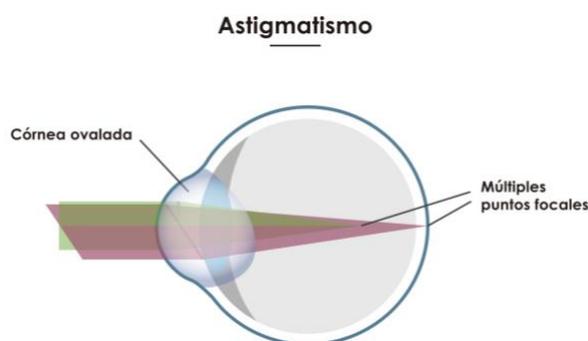


Figura 29. Representación de la curvatura corneal en el astigmatismo y la focalización de los rayos según los distintos meridianos.

A lo largo de la vida, el ojo sufre cambios en la magnitud y orientación del astigmatismo. Estas variaciones se producen especialmente en los primeros años de vida, estabilizándose a la edad de cinco o seis años. Existen datos contradictorios sobre la asociación entre astigmatismo, prematuridad y bajo peso al nacer. Durante las primeras semanas de vida es común la existencia de un astigmatismo inverso (ver clasificación más adelante) que va disminuyendo en los meses siguientes. Kleinstein y

colaboradores encontraron una prevalencia de astigmatismo de 1.00 dioptría o más del 28% en edades comprendidas entre los 5 y los 17 años (Kleinstein *et al.*, 2003). En edad escolar, predominan astigmatismos directos de baja magnitud que se mantienen durante la edad adulta. A partir de los 50 años, se produce una disminución del astigmatismo directo apareciendo astigmatismo inverso por la pérdida de tonicidad del párpado superior, permitiendo un mayor aplanamiento del meridiano vertical (Martínez de la Casa *et al.*, 2007).

### 1.5.3.2. CLASIFICACIÓN

El astigmatismo puede clasificarse de varias formas atendiendo a las distintas características del mismo:

#### A) SEGÚN LA POTENCIA Y ORIENTACIÓN:

- *Astigmatismo regular*. Es aquel en el que los meridianos principales son perpendiculares entre sí. La potencia a lo largo de cada meridiano es constante.
- *Astigmatismo irregular*. Se presenta cuando los meridianos principales no son perpendiculares entre sí y su potencia no es constante, sino que varía.

#### B) SEGÚN EL PUNTO DE FOCALIZACIÓN EN LA RETINA:

- *Astigmatismo miópico simple*: Es aquel en el que uno de los focos se encuentra en la retina y el otro por delante de la misma.

- *Astigmatismo miópico compuesto*: En este tipo de astigmatismo los dos focos se encuentran delante de la retina.
- *Astigmatismo hipermetrópico simple*: Es aquel en el que uno de los focos se encuentra en la retina y el otro por detrás de la misma.
- *Astigmatismo hipermetrópico compuesto*: En este tipo de astigmatismo los dos focos se encuentran detrás de la retina.
- *Astigmatismo mixto*: Se trata de un astigmatismo en el que un foco cae delante de la retina y el otro detrás.

### **C) SEGÚN LA DIRECCIÓN DE LOS MERIDIANOS PRINCIPALES:**

- *Astigmatismo directo o a favor de la regla*: Es aquel donde la curvatura del meridiano vertical (eje a  $0^\circ$ ) es más curvo que el horizontal (eje a  $90^\circ$ ). Es el tipo más frecuente.
- *Astigmatismo inverso o en contra de la regla*: En este tipo el meridiano horizontal es más curvo que el vertical.
- *Astigmatismo oblicuo*: Es aquel en el que los meridianos principales no coinciden con los meridianos vertical y horizontal, sino que se encuentran entre  $30-60^\circ$  y entre  $120-150^\circ$  (Martínez de la Casa *et al.*, 2007).

### **1.5.3.3. CLÍNICA**

El síntoma principal del paciente astigmata es la dificultad tanto para la visión lejana como para la visión cercana. La agudeza visual dependerá de la cantidad de astigmatismo y del tipo, ya que, por ejemplo, si se trata de un astigmatismo hipermetrópico, mediante el uso de la

acomodación, el paciente puede ser capaz de llevar una de las líneas focales a la retina y mejorar su visión. Cuando el esfuerzo acomodativo es importante puede llegar a tener signos de astenopia, como cefalea y fatiga visual, especialmente en los astigmatismos hipermetrópicos. Otro síntoma puede ser la diplopia monocular que aparece con mayor frecuencia en los astigmatismos inversos.

Entre los signos más frecuentes que muestran los pacientes con astigmatismo encontramos los siguientes:

- Reducción de la hendidura palpebral para tener un efecto estenopeico para ver con mayor nitidez.
- Adopción de una posición compensadora de la cabeza, especialmente en pacientes con astigmatismo oblicuos corregidos de forma inadecuada.

#### **1.5.3.4. TRATAMIENTO**

El tratamiento del astigmatismo depende de la cuantía del mismo. Cuando se trata de astigmatismos leves sin sintomatología no es necesaria la corrección del astigmatismo. Sin embargo, cuando aparecen síntomas de astenopia, fatiga ocular o visión borrosa debemos tratar el astigmatismo. Para ello disponemos de diferentes métodos:

- Corrección óptica con lentes cilíndricas o lentes de contacto tóricas.
- Corrección quirúrgica mediante cirugía refractiva tanto corneal como intraocular. Las diversas técnicas serán abordadas en otros apartados de este texto (Martínez de la Casa *et al.*, 2007).

## **1.6. CIRUGÍA REFRACTIVA (CR)**

### **1.6.1. INTRODUCCIÓN**

El tratamiento de los errores refractivos se ha apoyado clásicamente en dos pilares, el uso de gafas y de lentes de contacto. Sin embargo, en las últimas décadas, los avances tecnológicos han permitido la evolución de nuevas técnicas quirúrgicas para el tratamiento de las ametropías, apareciendo un tercer pilar, la cirugía refractiva (Gil Ruiz *et al.*, 2007). Las técnicas usadas para el tratamiento de los defectos refractivos han ido evolucionando a lo largo de la historia, desde la tradición china de dormir con bolsas de arena sobre la córnea para inducir un aplanamiento de ésta y así reducir la miopía, hasta el uso de los actuales avances tecnológicos en cirugía refractiva que modifican el poder dióptrico ocular (Martínez-Costa *et al.*, 2003).

El carácter definitivo del tratamiento del defecto refractivo, el resultado estético, la comodidad y la independencia de gafas o lentes de contacto, resultados del tratamiento con cirugía refractiva, han hecho que estas técnicas sean cada vez más demandadas por parte de la población. La creciente demanda junto con el avance tecnológico han sido los responsables de la gran diversidad de las técnicas quirúrgicas refractivas. No se pretende en esta tesis exponer todos los procedimientos existentes de forma extensa, sino que se aspirará simplemente a enumerar los principales y a describirlos de manera sucinta, centrándonos

en las técnicas que se llevaron a cabo en este trabajo: LASIK, PRK, monovisión y cirugía de cristalino transparente.

## **1.6.2. CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS QUIRÚRGICAS**

Los diferentes procedimientos quirúrgicos se pueden dividir en: cirugía corneal o queratorrefractiva, intraocular o lenticular y cirugía de la presbicia.

### **1.4.2.1. CIRUGÍA CORNEAL**

#### **A) TÉCNICAS INCISIONALES:**

- Queratotomía radial (KR)

Es una técnica que actualmente ha caído en desuso pero que tiene gran protagonismo en la historia de la cirugía refractiva. Consiste en realizar incisiones radiales en la superficie anterior de la córnea, respetando el eje visual. Se utilizaba en miopías medias y bajas, inferiores a 4 dioptrías.

- Queratotomía arqueada (KA)

En esta técnica se realizan incisiones en forma de arco de una profundidad del 95% del espesor corneal en el meridiano más curvo consiguiendo el aplanamiento de la cornea. Su uso va dirigido principalmente a corregir astigmatismos de 1 a 4 D.

**B) LÁSER EXCÍMER:**

El láser de excímeros actúa a nivel del estroma anterior corneal permitiendo moldear la córnea, corrigiendo así miopías, hipermetropías y astigmatismos. Ha supuesto un avance significativo en la cirugía refractiva. Consiste en un láser de fluoruro de argón de 193 nm de longitud de onda que, aplicado sobre la córnea, rompe las uniones inter e intramoleculares ablacionando su superficie. Dependiendo del error refractivo que se quiera corregir, la zona de aplicación de la ablación varía. En el caso de miopía, la zona ablacionada es la córnea central. Para la hipermetropía se aplica en la periferia media corneal y para el astigmatismo se elimina un cilindro de tejido en un eje determinado. El espesor de estroma ablacionado dependerá de la cantidad de dioptrías a corregir. Existen diversas técnicas que usan este tipo de láser:

- Queratectomía fotorrefractiva con láser excímer (PRK)

Fue la primera técnica refractiva con la que se llevaron a cabo los primeros ensayos clínicos en ojos de cadáver aplicando el láser excímer (Trokel *et al.*, 1983). El primer procedimiento de PRK aplicado en un ojo humano fue realizado por McDonald en 1989 y fue aprobada por la *Food and Drug Administration* (FDA) en el año 1995. La técnica consiste en la desepitelización de la córnea seguida de la ablación mediante el láser excímer del estroma superficial indicado según el grado de ametropía. El área ablacionada se deja reepitelizar, por lo que el dolor postoperatorio

es bastante característico, así como la lenta recuperación visual. Previo a la aparición del LASIK, la PRK era la técnica más usada para corregir la miopía y el astigmatismo. Está indicada en miopías leves o moderadas inferiores a -6D, siendo en estos casos los resultados visuales ligeramente mejores que con técnicas LASIK y LASEK (Ghadhfan *et al.*, 2007), hipermetropías de hasta +4D y cilindros de hasta 4D. Por encima de estos valores, la probabilidad de regresión es alta. Es la técnica de elección en pacientes con espesor corneal bajo, erosiones corneales recidivantes y pacientes que, por su condición deportiva o profesión, estén más expuestos a sufrir traumatismos. La principal complicación es la aparición del “haze” corneal (opacidad estromal) responsable del deslumbramiento y disminución de agudeza visual (Gil Ruiz *et al.*, 2007 y Cuadrado Escamilla, 2008). Tiene una incidencia del 2 al 4% dependiendo de la profundidad de la ablación. El uso de mitomicina-C intraoperatoria ha demostrado reducir la aparición de *haze* corneal al frenar la proliferación de queratocitos postoperatoria (Sia *et al.*, 2014 y Razmjoo *et al.*, 2013). A pesar del *haze* como complicación, la PRK puede considerarse más segura que el LASIK debido a la ausencia de complicaciones asociadas al *flap*, ya que tras la reepitelización corneal la córnea recupera su estructura de forma íntegra.

- Queratectomía subepitelial asistida con láser excímer (LASEK)

Se trata de una variante quirúrgica de la PRK cuyo objetivo es conservar el epitelio corneal del paciente. La técnica consiste en aplicar una solución de alcohol puro al 20% durante 35 a 45 segundos para debilitar el epitelio y posteriormente levantar un colgajo epitelial. Seguidamente el láser excímer ablaiona el estroma corrigiendo el defecto refractivo.

Por último, se recoloca el colgajo epitelial y se coloca una lente de contacto terapéutica (Ghadhfan *et al.*, 2007).

- Queratomileusis in situ asistida con láser excímer (LASIK)

Fue desarrollada por Pallikaris en 1988 y es la combinación de dos técnicas refractivas: la realización de un *flap* corneal (colgajo corneal con bisagra) y la ablación estromal con láser excímer. Tras la ablación, se reposiciona el *flap* adhiriéndose al lecho estromal. Es la técnica más empleada en cirugía refractiva corneal (Corcoran, 2015), gracias a la mayor rapidez de recuperación visual (Hersh *et al.*, 1998), un postoperatorio menos doloroso (Danasoury *et al.*, 1999), la baja incidencia de *haze* (Helmy *et al.*, 1996) y la mayor estabilidad refractiva en su uso para la miopía (Pallikaris *et al.*, 1994). Está indicada en miopías de hasta -10 D, hipermetropías de hasta +4D y astigmatismos con cilindros de hasta 6D siempre que la paquimetría no sea inferior a 500  $\mu\text{m}$  y el lecho residual calculado no sea menor de 300  $\mu\text{m}$ .

A pesar de los buenos resultados visuales y refractivos conseguidos con la técnica de LASIK, existen algunas complicaciones como la ectasia corneal y las asociadas al *flap* corneal. La obtención del *flap* puede realizarse de forma mecánica con microqueratomos o con láser de *femtosegundo*, que permite realizar con gran precisión y seguridad el *flap* corneal (Sugar, 2002).

El láser de femtosegundo emplea una luz infrarroja (1053nm) que emite pulsos de luz ultracortos (en el orden de femtosegundos, de ahí su

nombre) que al impactar sobre el tejido genera un plasma caliente que se expande dentro del estroma formando micro-burbujas de cavitación que al coalescer permiten la fotodisrupción del tejido creando un corte lamelar. Posteriormente el láser delimita los bordes del *flap* respetando un sector lateral que servirá de bisagra para el mismo. Tras la creación del *flap*, se continúa con el procedimiento habitual de LASIK, por lo que la técnica recibe el nombre de femto-LASIK.

	PRK	LASIK
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de complicaciones asociadas al <i>flap</i> corneal.</li> <li>- Menor riesgo de ectasia corneal.</li> <li>- Ablación estromal más superficial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperación visual rápida.</li> <li>- Postoperatorio indoloro.</li> </ul>
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dolor postoperatorio.</li> <li>- Recuperación visual más lenta.</li> <li>- Tratamiento prolongado con corticoides.</li> <li>- Riesgo de <i>haze</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complicaciones asociadas al <i>flap</i> corneal</li> <li>- Riesgo de ectasia.</li> <li>- Ablación estromal más profunda.</li> </ul>

Tabla 3. Tabla comparativa entre las técnicas LASIK y PRK (Yu *et al.*, 2000).

- Epi-LASIK

Esta técnica es una variante del LASEK que también permite conservar el epitelio sin la necesidad de aplicar alcohol para la separación del mismo, sino que se realiza de forma mecánica con un microqueratomo que lleva incorporado una hoja roma y una lámina de aplanado que separa mecánicamente el epitelio.

- Extracción de lentículo por microincisión, SMILE (Small Incision Lenticule Extraction)

Esta técnica fue aprobada por la FDA en 2016 y supone un avance espectacular en cirugía refractiva corneal, siendo actualmente la menos invasiva. Consiste en delimitar con el láser de femtosegundo un lentículo intracorneal (porción de estroma que se debe extraer para corregir el defecto refractivo) y posteriormente, con el mismo láser, se realiza una microincisión en córnea por donde se retira el mismo. Se trata por tanto de una cirugía mínimamente invasiva que ha demostrado ser tan segura, predecible y eficaz como el femto-LASIK (Shen *et al.*, 2016).

### **C) ANILLOS INTRAESTROMALES**

El implante de anillos de PMMA semicirculares en la periferia de la córnea permite corregir miopías de hasta 3 dioptrías. Sin embargo, el uso refractivo de esta técnica ha caído en desuso, reservándose principalmente para estabilizar alteraciones corneales como queratoconos y ectasias corneales.

### **1.6.2.2. CIRUGÍA INTRAOCULAR**

Existen dos grupos de técnicas quirúrgicas dentro de este apartado: la introducción de lentes fáquicas (sin actuar sobre el cristalino) y la cirugía de cristalino transparente, también denominada lensectomía refractiva. Cabe destacar que las lentes fáquicas han sido aprobadas por la FDA para la corrección de la miopía, mientras que las lentes pseudofáquicas

con propósito exclusivamente de corregir un error refractivo en ausencia de catarata clínicamente significativa todavía no han sido aprobadas.

En ambos tipos de cirugía, la apertura del globo ocular tiene una serie de riesgos asociados de los que carece la cirugía corneal, como son la endoftalmitis postquirúrgica y el desprendimiento de retina.

### **A) LENTES FÁQUICAS**

Consiste en la introducción de un implante intraocular sin actuar en el cristalino. Podemos diferenciar varios tipos de técnicas según la ubicación de la lente:

- *Lentes fáquicas de cámara anterior de apoyo angular.* La ventaja de estas lentes es su facilidad para implantarlas en la cámara anterior.
- *Lentes fáquicas de cámara anterior de anclaje iridiano.* Ha resultado ser una técnica eficaz, segura, estable y de gran predictibilidad. Para su implantación, los hápticos se fijan en el iris mediante la técnica de "enclavamiento".
- *Lentes fáquicas de cámara posterior epicapsulares.* El procedimiento consiste en la implantación, a través de una pequeña incisión, de una lente plegable en el sulcus ciliar.

A grandes rasgos, las lentes fáquicas están indicadas en pacientes cuyo defecto refractivo está próximo o por encima de los límites aprobados por la FDA para corregir los errores refractivos con láser.

## **B) CIRUGÍA DE CRISTALINO TRANSPARENTE**

El procedimiento quirúrgico consiste en la sustitución del cristalino por una lente intraocular, por lo que la técnica es semejante a una facoemulsificación por cataratas, aunque por lo general, los núcleos suelen ser blandos y no requieren la aplicación de ultrasonidos.

Las indicaciones son similares a las de las lentes fáquicas: cuando la córnea es demasiado delgada o cuando el defecto refractivo supera los límites aprobados por la FDA para el tratamiento con láser. La diferencia fundamental con la introducción de lentes fáquicas es la pérdida de la acomodación, que está siendo compensada con el desarrollo de lentes intraoculares acomodativas bifocales y trifocales (Gil Ruiz *et al.*, 2007).

### **1.6.2.3. CIRUGÍA DE LA PRESBICIA**

La presbicia es la pérdida fisiológica progresiva de la acomodación que comienza a partir de los 40-45 años. Los pacientes presbíteros con errores refractivos han supuesto un reto para el cirujano refractivo, ya que debe corregir no sólo la ametropía sino también la presbicia. Se ha intentado su corrección quirúrgica con diversos métodos basados en la cirugía de la córnea, el cristalino y la esclera:

- *Esclerotomía ciliar anterior e implantes esclerales* que buscan aumentar la distancia de trabajo mediante la expansión escleral, sin embargo, las complicaciones observadas y su escasa efectividad han contribuido a que esta técnica esté en desuso (Hamilton *et al.*, 2002 y Qazi *et al.*, 2002).

- *Termoqueratoplastia láser y queratoplastia conductiva* que, mediante la aplicación de calor en la córnea, buscan un aplanamiento periférico y abombamiento central de la misma. Su efecto temporal y baja predictibilidad de los resultados ha hecho que su aplicación no se haya popularizado (Taneri *et al.*, 2013).
- *Ablación corneal multifocal con láser excímer*, también conocida como *presbiLASIK*, creando dos zonas ópticas circulares concéntricas, una para la visión lejana y otras para la visión cercana (Alió *et al.*, 2006).
- *Técnica INTRACOR (intrastromal correction of presbyopia)* con láser de femtosegundo. Es un procedimiento puramente intraestromal, de ahí su nombre, que no requiere ninguna incisión a través del epitelio corneal. El láser genera una fotodisrupción del colágeno corneal, redistribuyendo las tensiones corneales e induciendo una curvatura central corneal que mejora la visión cercana. Los resultados en la corrección de la visión próxima son bastante favorables, pero no está exenta de algunas limitaciones como pérdida de visión lejana, fenómenos disfotópsicos y satisfacción moderada de los pacientes (Holzer *et al.*, 2009).
- *Lensectomía refractiva con implante de LIO multifocal*. El desarrollo de la tecnología de las lentes multifocales y la evolución de la cirugía facorrefractiva ha convertido a este método en el más empleado para la corrección de la presbicia (Zhang *et al.*, 2011).
- *Estrategias de monovisión*. Por su importancia en nuestro trabajo se le dedica un apartado completo.

## **A) MONOVISIÓN O VISIÓN COMBINADA**

La monovisión es un método óptico consistente en la utilización de un ojo para ver de cerca y el otro ojo para lejos. Por lo general, el ojo elegido para la visión cercana suele quedar con un defecto refractivo miópico de -1,25 a -1,5 D (que compensa ópticamente la capacidad acomodativa perdida) y el seleccionado para la visión lejana, emétrope (Gil Ruiz *et al.*, 2007 y Braun *et al.*, 2008).

Su uso inicial fue en portadores de lentes de contacto y, dados sus buenos resultados visuales, se planteó su aplicación quirúrgica con diversas técnicas, siendo las más comunes: monovisión tras implante de LIOs monofocales y monovisión inducida por cirugía queratorefractiva. Se fundamenta en un mecanismo de adaptación sensorial ya comentado, la supresión. En la mirada lejana el cerebro suprime la imagen borrosa del ojo seleccionado para la visión cercana mientras que para la visión próxima el cerebro suprime la imagen borrosa del ojo corregido para lejos. De esta manera se genera cierta disociación binocular que en pacientes de riesgo puede generar diplopia. Por ello se debe tener especial precaución en pacientes operados de estrabismo o pacientes con forias y tropias intermitentes, ya que tienen mayor riesgo de desarrollar diplopia postoperatoria.

Generalmente, aunque no necesariamente, el ojo dominante suele elegirse para la visión lejana y el no dominante para la cercana por lo que es imprescindible una adecuada exploración preoperatoria incluyendo la determinación de la dominancia ocular y la prueba con lente de contacto (LC) para ver la tolerancia de la situación refractiva esperada tras la cirugía con el fin de garantizar el éxito de la técnica quirúrgica.

### 1.6.3. PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN EN CIRUGÍA REFRACTIVA

En 2011, la Sociedad Española de Oftalmología (SEO) presentó el *Protocolo de Cirugía Refractiva* donde se exponen las recomendaciones de evaluación preoperatoria del paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva.

Posteriormente, en 2014, Llovet Osuna y colaboradores publican el libro *Cirugía refractiva: Protocolos*, donde desarrollan cada uno de los puntos de la evaluación con el fin de orientar al oftalmólogo en la buena praxis clínica, determinar el procedimiento refractivo a realizar, detectar factores de riesgo para la cirugía, establecer estándares de tratamiento y así poder realizar una cirugía segura y de calidad.

A continuación se exponen los elementos importantes de la evaluación preoperatoria para cirugía refractiva (Abreu *et al.*, 2011 y Llovet Osuna *et al.*, 2014).

- **ANAMNESIS:** incluyendo el estado funcional real del paciente, su estado médico general, sus condiciones psíquicas y físicas y todos los factores que pueden influir en el resultado de la cirugía como inmunosupresión, medicación concomitante, etc.
  
- **EXPLORACIÓN OCULAR,** valorando:
  - Agudeza visual preoperatoria de lejos y cerca.

- Determinación de la refracción y agudeza visual corregida bajo cicloplejia.
  - Examen externo: párpados, pestañas, sistema lagrimal.
  - Exploración de la motilidad ocular.
  - Estudio de la motilidad pupilar.
  - Biomicroscopía con lámpara de hendidura del segmento anterior.
  - Medida de la presión intraocular.
  - Examen con dilatación pupilar del cristalino, vítreo, mácula, nervio óptico y retina periférica.
- **PRUEBAS ESPECÍFICAS PARA CIRUGÍA REFRACTIVA CON LÁSER EXCÍMER:**
    - Queratometría Javal
    - Pupilometría
    - Topografía Corneal
    - Paquimetría
    - Test de Schirmer
- **PRUEBAS ESPECÍFICAS PARA CIRUGÍA REFRACTIVA CRISTALINIANA:**
    - A) IMPLANTE DELENTE CON EXTRACCIÓN DEL CRISTALINO:**
      - Biometría y cálculo de la lente intraocular. Para alcanzar la refracción postoperatoria deseada es fundamental la

elección y cálculo de la potencia de la lente intraocular.

Para ello resulta imprescindible:

- Medir con exactitud el eje antero-posterior del ojo.
  - Determinar el poder refractivo de la córnea.
  - Utilizar la fórmula de cálculo de la lente adecuada.
- o Queratometría Javal
  - o Pupilometría
  - o Topografía corneal
  - o Contaje endotelial
  - o Longitud axial

**B) IMPLANTE DE LENTES FÁQUICAS:**

- o Queratometría Javal
- o Pupilometría
- o Topografía corneal
- o Contaje endotelial
- o Longitud axial
- o Exploración y medida de las estructuras de cámara anterior, cámara posterior y cristalinianas.

**C) IMPLANTE DE SEGMENTOS CORNEALES INTRAESTROMALES:**

- o Queratometría Javal
- o Pupilometría
- o Topografía corneal
- o Paquimetría
- o Test de Schirmer

- Contaje endotelial

- **INFORMACIÓN:**

Engloba toda la información que debe conocer el paciente sobre los hallazgos en la exploración, alternativas médicas y quirúrgicas y sus riesgos y de la que se ha de dejar constancia documental en el formulario de consentimiento informado.

Como podemos observar en las recomendaciones de la SEO, la exploración de la motilidad ocular extrínseca (MOE) debe realizarse como parte de la exploración oftalmológica general. La integridad de la MOE es crucial para una adecuada visión binocular, por lo que su exploración es importante para detectar factores que puedan suponer un riesgo para el paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva. Según las recomendaciones de la SEO, la exploración de la MOE debe incluir:

- Estudio de la motilidad: Cover test con corrección y sin corrección, lejos y cerca. Estudio de versiones y ducciones.
- Estudio de la convergencia.
- Test de fusión (por ejemplo, Test de Worth) (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2014).

#### **1.6.4. CIRUGÍA REFRACTIVA COMO TRATAMIENTO DEL ESTRABISMO**

La cirugía refractiva ha surgido también como una forma de tratamiento en pacientes con diversos tipos de estrabismo inducidos por un defecto refractivo.

#### **1.6.4.1. ESTRABISMO ACOMODATIVO Y CIRUGÍA REFRACTIVA**

La *endotropia acomodativa* ocurre cuando un paciente hipermetrope tiene que acomodar excesivamente para ver nítido al tener que compensar su defecto refractivo hipermetrópico. Dado que la convergencia está a demanda de la acomodación, un exceso de acomodación conllevará una mayor convergencia, dando lugar a un estrabismo convergente. Con la cirugía refractiva, al eliminar el error refractivo, se elimina tanto la desviación ocular como la dependencia de gafas (Minnal *et al.*, 2011). La FDA aprobó por primera vez el uso del láser excímer para corregir la hipermetropía en 1998. Actualmente el LASIK hipermetrópico (H-LASIK) es capaz de corregir refracciones preoperatorias de entre +0,50 a +6,00 dioptrías de hipermetropía con una predictibilidad de entre un 86% a un 91% (mediana, 88%) (Murray *et al.*, 2017). La PRK para hipermetropía (H-PRK) ha demostrado corregir con buena predictibilidad hipermetropías bajas de hasta +3,50 dioptrías, sin embargo, para errores mayores la predictibilidad se reduce (Murray *et al.*, 2017). En un estudio comparativo de H-LASIK y H-PRK en 2000, el-Agha y colaboradores reportaron que ambas técnicas eran comparables en eficacia y seguridad para la hipermetropía baja y moderada (el-Agha *et al.*, 2000). Sin embargo, Spadea y colaboradores también compararon las técnicas de LASIK y PRK para la corrección de la hipermetropía,

mostrando que los resultados refractivos con PRK eran menos estables, existiendo una regresión estadísticamente significativa a los 2 años en el grupo de PRK mientras que en el grupo de LASIK no hubo ninguna regresión (Spadea *et al.*, 2006). Los mecanismos de la regresión no están del todo definidos, aunque se han propuesto la hiperplasia epitelial y causas biomecánicas como posibles etiologías. La regresión tanto con PRK como con LASIK también puede estar relacionada con la tendencia a la hipermetropización con la edad o bien a hipermetropías latentes incompletamente tratadas que con el tiempo se hacen manifiestas (Kowal *et al.*, 2005).

Los primeros estudios que se publicaron utilizando la cirugía refractiva para la corrección de la hipermetropía en endotropías acomodativas mostraban resultados impredecibles en la corrección del ángulo de desviación en pacientes con endotropías acomodativas (Stidham *et al.*, 2002). Sin embargo, estudios posteriores han demostrado la eficacia y seguridad de la queratomileusis in situ con láser (LASIK) y queratectomía fotorrefractiva (PRK) en endotropías acomodativas. Hoyos y colaboradores en 2002 publicaron un estudio prospectivo con 18 pacientes hipermétropes con endotropía acomodativa que, tras ser sometidos a LASIK, se mantuvieron en ortoposición a los 20 meses de seguimiento (Hoyos *et al.*, 2002). Farahi y Hashemi en 2005 obtuvieron una reducción de la endodesviación en los 10 pacientes incluidos en el estudio tras ser sometidos a LASIK por hipermetropía (Farahi *et al.*, 2005).

Hutchinson y colaboradores realizaron un estudio retrospectivo en 2010 de 40 pacientes con endotropía acomodativa sometidos a PRK donde todos se mantenían en ortoposición en su última visita (Hutchinson *et al.*, 2010). De forma similar, Sabeti *et al.* describe en 2005 cómo 18 pacientes

con estrabismo acomodativo fueron operados con LASIK y PRK de hipermetropía corrigiendo la desviación en la mayoría de los casos y en algunos casos tenían ángulos de desviación residuales de 2 dioptrías prismáticas (Sabetti *et al.*, 2005).

También se han realizado estudios en niños y adolescentes con endotropía operados con LASIK y PRK. Polat y colaboradores, en 2009, llevaron a cabo un estudio en 21 adolescentes donde reportaron ortoforia o el mismo grado de desviación que tenían los pacientes con sus gafas tras ser tratados con LASIK (Polat *et al.*, 2009). En el mismo año, Magli y colaboradores publican un estudio de 20 pacientes (14-24 años) operados con LASIK y PRK como tratamiento de su endotropía acomodativa. Los ángulos de desviación postoperatorios fueron significativamente menores en todos ellos, consiguiendo la emetropía en el 97.5% de los ojos (Magli *et al.*, 2009).

La *endotropía parcialmente acomodativa (ETPA)* es aquella en la que, a pesar de la máxima corrección de su hipermetropía, se corrige parcialmente la endodesviación, quedando una desviación residual significativa, mayor de 10 dioptrías prismáticas (Romero y Apis, 2010). También se ha utilizado la cirugía refractiva para disminuir el ángulo de desviación en estos casos. Kirwan y colaboradores, en 2010, publican un estudio de 3 pacientes con ETPA donde consiguieron reducir el ángulo de desviación tras LASIK. En el estudio de Nemet y colaboradores en 2002 todos los pacientes operados quedaron con el mismo residual de desviación que presentaban previamente con sus gafas (Nemet *et al.*, 2002).

Por el contrario, Giannaccare y colaboradores han publicado recientemente un estudio con 32 pacientes con endotropía totalmente acomodativa (ETA) y parcialmente acomodativa (ETPA) operados con PRK donde el procedimiento, no sólo eliminó la desviación por completo en los pacientes con ETA, sino que también redujo e incluso eliminó el componente no acomodativo de la endodesviación, especialmente en pacientes de pequeño ángulo (desviación menor de 20 dp) (Giannaccare *et al.*, 2018).

#### **1.6.4.2. EXODESVIACIONES Y CIRUGÍA REFRACTIVA**

La cirugía refractiva también se ha realizado en pacientes miopes con exodesviaciones aunque los estudios realizados muestran resultados menos favorables y más impredecibles que para las endodesviaciones acomodativas (Minnal *et al.*, 2011).

Según el estudio de Kirwan y colaboradores en 2010, de 12 pacientes adultos con miopía y exotropía operados con LASIK, 6 (50%) redujeron el ángulo de desviación (Kirwan *et al.*, 2010). Del mismo modo, en el estudio de Godts y colaboradores, sólo 2 de los 7 pacientes con exotropía sometidos a CR mejoraron su estrabismo. Parte de los pacientes que no mejoraron tenían una desviación vertical de forma concomitante a la exodesviación (Godts *et al.*, 2006).

#### **1.6.5. ESTRABISMO Y DIPLOPIA COMO COMPLICACIONES DE LA CIRUGÍA REFRACTIVA**

La popularización de la cirugía refractiva es cada vez más extensa y aunque se trata de técnicas bastante seguras y exitosas, como toda intervención quirúrgica, no está exenta de riesgos y complicaciones.

Las complicaciones reportadas tras cirugía refractiva son diversas y varían según la técnica realizada. Entre las más frecuentes encontramos: ojo seco post-LASIK (hasta en un 50% de los pacientes), formación de opacidades (*haze*) transitorias en el estroma corneal, irregularidades del *flap* corneal cuando la técnica usada ha sido LASIK (Kohnen *et al.*, 2016), ectasias corneales, infecciones, aberraciones ópticas, descentrados de la lente, hipertensión ocular especialmente en implante de lentes fásicas, defectos refractivos inesperados, etc. (Ambrosio *et al.*, 2008, Cisneros-Lanuza *et al.*, 2003, Kohnen *et al.*, 2016, Melki *et al.*, 2001 y Davis, 2000).

Las complicaciones y efectos secundarios de las técnicas de fotoablación con láser excímer (PRK y LASIK), descritos en la *Guía de práctica clínica de Cirugía Refractiva y errores refractivos* de la Academia Americana de Oftalmología 2017 (Harris *et al.*, 2017), se resumen en la tabla 4.

	<b>PRK</b>	<b>LASIK</b>
Hipo e hipercorrecciones sintomáticas	X (McCarty <i>et al.</i> , 1996)	X (Perez-Santonja <i>et al.</i> , 1997)
Regresión parcial de los efectos	X (O'Brart <i>et al.</i> , 1995)	X
Pérdida de AV	X (McCarty <i>et al.</i> , 1996)	X
Disminución de la sensibilidad al contraste	X (Lahav <i>et al.</i> , 2011)	X
Astigmatismo regular o irregular inducido	X (Maguen <i>et al.</i> , 1994)	X
Anisometropía inducida	X (Maguen <i>et al.</i> , 1994)	X
Necesidad de corrección para la lectura	X (McCarty <i>et al.</i> , 1996)	X
<i>Haze</i> corneal o <i>scarring</i>	X (Meyer <i>et al.</i> , 1996)	X
Infiltrados, ulceraciones y melting corneal	X (Sher <i>et al.</i> , 1994)	X (Riaz <i>et al.</i> , 2013 y Alió <i>et al.</i> , 2000)
Ectasia corneal	X (Holland <i>et al.</i> , 2000)	X (Rad <i>et al.</i> , 2004)
Desarrollo o exacerbación de los síntomas de ojo seco	X	X
Disminución de la sensibilidad corneal	X (Campos <i>et al.</i> , 1992)	X
Erosiones corneales recurrentes	X (Hovanesian <i>et al.</i> , 2001)	X
Reactivación de queratitis por VHS	X (Vrabec <i>et al.</i> , 1992)	X
Complicaciones asociadas al uso de corticoides (hipertensión ocular, glaucoma, cataratas)	X (McCarty <i>et al.</i> , 1996)	X

<b>Efectos adversos en la alineación ocular</b>	X (Snir <i>et al.</i> , 2003)	X (Snir <i>et al.</i> , 2003)
Ptosis	X (McCarty <i>et al.</i> , 1996)	X
Complicaciones asociadas al uso de MMC (reducción del recuento endotelial)	X (Morales <i>et al.</i> , 2005)	
Queratitis lamelar difusa (DLK)		X (Smith <i>et al.</i> , 1998)
Empeoramiento de distrofia corneal endotelial		X (Awwad <i>et al.</i> , 2008)
Descentramiento y estrías del <i>flap</i>		X (Clare <i>et al.</i> , 2011)
Necrosis del <i>flap</i>		X
Dislocación traumática del <i>flap</i>		X

Tabla 4. Complicaciones y efectos secundarios de las técnicas de fotoablación con láser excímer (PRK y LASIK) (Harris *et al.*, 2017).

Los casos descritos de diplopia y descompensación de estrabismos como complicaciones de cirugía refractiva son escasos comparados con las publicaciones asociadas a otras complicaciones. De hecho, en la *Guía de práctica clínica de Cirugía Refractiva y errores refractivos* de la Academia Americana de Oftalmología de 2017 tan sólo se cita un artículo relacionado con los efectos adversos de la cirugía fotorrefractiva en la alineación ocular (Snir *et al.*, 2003).

En la literatura podemos encontrar casos de diplopia descritos tras cirugía de catarata (Rose *et al.*, 1999, Grimmett *et al.*, 1992, Capo *et al.*, 1996, Erie, 1990, Spierer *et al.*, 1999, Brown *et al.*, 1999, Johnson, 2001 y Gunton *et al.*, 2010). Las causas a las que se les ha atribuido son diversas: alteraciones previas de la fusión (heteroforias descompensadas),

estrabismo previo, enfermedades sistémicas previas como la miastenia gravis, o daño de los tejidos orbitarios o musculatura extraocular vinculada a la técnica anestésica (Duch *et al.*, 2003). Johnson publica en 2001 una incidencia de diplopia persistente tras cirugía de catarata del 0,18%, la cual aumenta al 0,23% cuando la técnica anestésica utilizada es la retrobulbar.

Aunque estas estadísticas podrían ser aplicadas a la cirugía de cristalino transparente en cirugía refractiva, los casos de diplopia y alteraciones en la visión binocular descritos tras cirugía refractiva son menos frecuentes en la práctica clínica y son pocos los estudios donde se refleje su incidencia (Gómez de Liaño-Sanchez *et al.*, 2012).

En 1987 Marmer publica por primera vez un caso de endotropía tras queratotomía radial en un paciente con antecedentes de cirugía de estrabismo.

En 1996 Zwann describe otro caso de endotropía acomodativa tras KR. Poco después se publica un caso de diplopia por descompensación de una exotropía a los 9 meses de haber realizado una PRK unilateral (Mandava *et al.*, 1996).

En 1998 se reporta un caso de síndrome de Duane diagnosticado tras cirugía combinada de KR y PRK (Chaduteau *et al.*, 1998).

Posteriormente se publica un caso de diplopia por descompensación de una parálisis de IV par craneal tras realizar cirugía combinada (Schuler *et al.*, 1999).

Sucesivamente se van publicando casos aislados de diplopia persistente en pacientes con anisometropía y ambliopía (Kim *et al.*, 2000, Holland *et al.*, 2000 y Godts *et al.*, 2004).

Yap y colaboradores publican en 2001 el caso de un paciente con exoforia preoperatoria que desarrolló diplopia tras cirugía LASIK por descentramiento del *flap* al no poder el paciente mantener la fijación durante el procedimiento quirúrgico.

Más adelante se publican las primeras series de casos donde se describen episodios temporales de diplopía tras cirugía refractiva (Kowal *et al.*, 2000, Nemet *et al.*, 2002 y Kushner *et al.*, 2003).

Como podemos observar, la bibliografía recoge diversos casos de estrabismo y diplopia tras cirugía refractiva, sin embargo, son pocas las referencias en la literatura al estatus sensorial tras cirugía refractiva. La primera publicación aparece en 1995 donde se estudia los efectos en la estereopsis tras la técnica de PRK (Algawi *et al.*, 1995).

En 2006 Kirwan y colaboradores publican el primer estudio de los efectos en la estereopsis tras cirugía refractiva con técnicas de LASIK y LASEK en pacientes miopes.

Gómez de Liaño y colaboradores también reportan alteraciones en la binocularidad en pacientes hipermétropes (Gómez de Liaño-Sanchez *et al.*, 2006) y miopes (Gómez de Liaño-Sanchez *et al.*, 1996) operados de cirugía refractiva.

#### **1.6.5.1. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO DE DIPLOPIA Y ESTRABISMO**

Los mecanismos causantes de diplopia y alteraciones en la binocularidad descritos tras cirugía refractiva son diversos.

Kowal en 2000 presenta en su trabajo una estadificación del riesgo de los pacientes de sufrir diplopia tras cirugía refractiva, dividiéndolos en tres categorías: sin riesgo, riesgo moderado y riesgo elevado en función de la presencia de diversos factores de riesgo prequirúrgicos que se muestran más adelante.

En 2012 Gómez de Liaño-Sánchez y colaboradores publican un estudio retrospectivo donde analizan los factores que pueden incidir en la descompensación del estrabismo o aparición de diplopía en pacientes sometidos a cirugía refractiva. En este estudio se cita por primera vez la prevalencia de diplopia postcirugía refractiva, siendo del 0,12%.

Según estos estudios, se han considerado de riesgo para la descompensación binocular tras cirugía refractiva los siguientes factores:

- Estrabismo (manifiesto o latente) o diplopía previa a la cirugía.
- Anisometropía mayor de 4D.
- Anisometropías elevadas que no lleven corrección.
- Altos miopes e hipermétropes.
- Ambliopía.
- Aniseiconía (Holland *et al.*, 2000 y Kushner *et al.*, 2003).
- Defectos de refracción residuales, especialmente hipercorrección del miope e hipermetropía residual.

- Monovisión, también llamada cirugía combinada, para tratamiento de la presbicia.

En 2014 la *Sociedad Española de Oftalmología* estadifica el riesgo de diplopia o descompensación de estrabismo tras cirugía refractiva según la exploración de la motilidad ocular extrínseca (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2014) de la siguiente manera:

#### GRUPO I: RIESGO BAJO

Incluye a aquellos pacientes que, a pesar de tener estrabismo, se encuentran estables desde la infancia, llevan la graduación correcta y no presentan diplopia espontánea ni durante la exploración.

#### GRUPO II: RIESGO MODERADO

Son pacientes que, por las características de su estrabismo, presentan riesgo de descompensación. Entre los estrabismos con riesgo moderado encontramos:

- *Endotropia acomodativa o parcialmente acomodativa con hipermetropía media o alta.* Si se produce hipercorrección o regresión de la hipermetropía tras la cirugía refractiva probablemente la endotropia se pondrá de manifiesto.
- *Exotropias consecutivas en pacientes hipermétropes que van hipocorregidos.* Si corregimos toda la hipermetropía, la exotropía puede empeorar.

- *Exotropias en pacientes miopes que van hiper corregidos.* Al corregir la graduación real del paciente, la exotropía puede empeorar ya que rompemos la convergencia por el esfuerzo acomodativo para compensar la hiper corrección.

## GRUPO II: RIESGO ALTO

Entre los pacientes con alto riesgo de descompensación encontramos:

- *Anisometropías elevadas sin corrección,* incluyendo afaquias unilaterales sin corrección. En estos pacientes puede darse diplopía por diferencia en el tamaño de las imágenes (aniseiconía) o ponerse de manifiesto un estrabismo que antes no se evidenciaba por la supresión del ojo anisométrico.
- *Monovisión en pacientes con desviación intermitente inestable, fácil disociación y diplopía intermitente.* La visión combinada genera cierta disociación binocular. Si se realiza en un paciente que ya tiene problemas de binocularidad podría causar diplopía. Estos pacientes deben fijar de cerca con el ojo no dominante, pudiendo desencadenar diplopía por cambio de fijación. Los mecanismos causantes de diplopía con monovisión requieren una mención especial por lo que se le dedica un apartado completo más adelante.

A continuación se muestra de forma esquemática la estadificación del riesgo de diplopía o descompensación de estrabismo tras cirugía refractiva (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2014).

<b>RIESGO BAJO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desviación desde la infancia. Estable</li> <li>• Graduación correcta</li> <li>• Nunca diplopia espontánea</li> <li>• No diplopia en la exploración</li> </ul>
<b>RIESGO MODERADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Endotropia acomodativa con hipermetropía alta</li> <li>• Exotropia con hipocorrección hipermetrópica</li> <li>• Exotropia intermitente compensada con hipercorrección miópica</li> </ul>
<b>RIESGO ALTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anisometropías altas</li> <li>• Monovisión en pacientes con desviación intermitente inestable y diplopia intermitente</li> </ul>

Tabla 5. Riesgo de diplopia en cirugía refractiva según exploración de la MOE (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2014).

#### 1.6.5.2. DIPLOPIA Y MONOVISIÓN

Como ya hemos comentado, la cirugía de monovisión implica inducir intencionadamente una supresión alterna, de manera que queda un ojo para ver de lejos (habitualmente el ojo dominante) y el ojo adelfo para cerca (dejando un residual miópico).

Las causas descritas de diplopia tras monovisión son las que siguen:

- *Parálisis previas compensadas mediante convergencia fusional.* Cuando el paciente fija con el ojo parético, la desviación es mayor (desviación secundaria mayor que la primaria – Ley de Hering) pudiendo superar las amplitudes de vergencia fusional (Schuler *et al.*, 1999 y Kushner *et al.*, 2003).
- *Estrabismos manifiestos sin diplopia* gracias al desarrollo del mecanismo de supresión. En estos casos el paciente tras la cirugía es incapaz de suprimir su ojo dominante cuando el no dominante mira de cerca, produciendo diplopia al existir un estrabismo sin supresión (Kushner, 1995 y Kushner *et al.*, 2003).
- *Estrabismos intermitentes de ángulo pequeño* donde el paciente es capaz de controlar su desviación gracias a la amplitud de fusión. Al romper la fusión con la cirugía de monovisión, se manifiesta el estrabismo y por tanto la diplopia (Kushner *et al.*, 2003).

Por tanto, la cirugía combinada o de monovisión puede descompensar un equilibrio oculomotor frágil. En pacientes con una dominancia ocular evidente (estrabismos y anisometropías altas) debemos tener especial precaución, ya que el ojo dominante sigue siendo el preferido para lejos y cerca, generando con frecuencia astenopia.

En estos casos sería imprescindible realizar una prueba con lentes de contacto para que el paciente experimente la situación refractiva con la que se le dejará tras la cirugía combinada. De todos modos, la ausencia

de diplopia con lentes de contacto no garantiza que no haya diplopia postoperatoria, ya que se han descrito casos de aparición de diplopia 3 años después de la cirugía por problemas fusionales y de motilidad (Mandava *et al.*, 1996).

Además de los riesgos de descompensación de estrabismo y aparición de diplopia, los pacientes sometidos a monovisión inducida por cirugía también pueden experimentar una disminución de la estereopsis (García-González *et al.*, 2010). Son diversas las publicaciones que evalúan la estereopsis en pacientes con monovisión inducida por LC (Jain *et al.*, 1996), existiendo consenso en que la monovisión induce una reducción de la estereopsis. Sin embargo, los estudios publicados donde se evalúa la estereopsis tras monovisión inducida por cirugía refractiva muestran resultados contradictorios. En 1999 Wright y colaboradores encontraron que la estereopsis media en el grupo de PRK con monovisión era menor (aunque no estadísticamente significativa) que el grupo control. Posteriormente, en 2001 Fawcett y colaboradores compararon pacientes sometidos a PRK y LASIK con monovisión con un grupo control de personas no operadas y estudiaron si existía asociación entre la cantidad de anisometropía inducida y el grado de estereopsis. El grupo control presentó una estereopsis media de 40'', el grupo con baja anisometropía inducida (<1.5 D) tenía una estereopsis media de 100'' y el grupo de moderada anisometropía inducida ( $\geq 1.5D$ ) de 150''. Sin embargo, la diferencia entre los grupos no fue significativa. Otro estudio encontró una discreta, pero no significativa, disminución de la estereopsis en pacientes con monovisión inducida por LASIK cuando se le comparaba con la estereopsis conseguida con corrección de lejos (García-González *et al.*, 2010). En 2011 Alarcón y colaboradores evaluaron la estereopsis a los 3 meses en pacientes miopes e hipermétropes intervenidos de LASIK y sí

encontraron una reducción significativa de la estereopsis tras la cirugía comparada con los valores preoperatorios.



## **2. OBJETIVOS**



**OBJETIVO PRINCIPAL:**

Evaluar la modificación de la visión binocular y la alineación ocular en pacientes sometidos a cirugía refractiva mediante técnicas tanto ablativas corneales como intraoculares.

**OBJETIVOS SECUNDARIOS:**

1. Evaluar la prevalencia de alteraciones en la visión binocular y el alineamiento ocular en pacientes operados de cirugía refractiva mediante las técnicas de LASIK, PRK e implante de lente intraocular pseudofáquica.
2. Analizar los factores involucrados en la descompensación del estrabismo o aparición de diplopía en pacientes sometidos a cirugía refractiva.
3. Resaltar la importancia de cumplimentar un protocolo de exploración completo en todo paciente que va a ser intervenido mediante cirugía refractiva para detectar posibles factores de riesgo de alteración de la visión binocular.
4. Proponer un protocolo de exploración oftalmológica ampliada para pacientes con riesgo de descompensación de estrabismo o diplopía tras cirugía refractiva.



### **3. METODOLOGÍA**



### **3.1. DISEÑO**

El presente trabajo es un estudio observacional, longitudinal y prospectivo con un periodo de seguimiento de 3 meses cuya recogida de datos se realizó en el periodo comprendido entre Mayo del año 2013 y Enero del año 2014 en la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, Hospital “Dr. Luis Sánchez Bulnes”. El estudio se ajusta a las normas de la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité Ético de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, Hospital “Dr. Luis Sánchez Bulnes” (ANEXO 1).

### **3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

Los sujetos incluidos en este trabajo fueron 90 pacientes del Departamento de Cirugía Refractiva de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, Hospital “Dr. Luis Sánchez Bulnes” en el periodo comprendido entre Mayo del año 2013 y Enero del año 2014 que cumplían los criterios de inclusión y exclusión especificados a continuación.

#### **3.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Se consideró a aquellos pacientes candidatos para realizar cirugía refractiva en el Departamento de Cirugía Refractiva de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México que cumplieran los siguientes criterios:

- Pacientes mayores de edad ( $\geq 18$  años).
- Ametrópía esférica (miopía o hipermetropía) igual o mayor a 1 dioptría.
- Ametrópía cilíndrica (astigmatismo) igual o mayor a 1,25 dioptrías.
- Presencia de cristalino transparente evidenciado tras la exploración mediante biomicroscopía con lámpara de hendidura.
- Cumplimiento del protocolo de seguimiento postoperatorio llevado a cabo a la semana, al mes y a los tres meses tras la cirugía.
- Consentimiento informado firmado tanto para la realización del procedimiento quirúrgico como para la participación en este proyecto (ANEXO 2).

### **3.2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN**

Los criterios de exclusión fueron los establecidos por el Departamento de Cirugía Refractiva de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) para descartar la realización de cirugía refractiva. La presencia de uno sólo de los siguientes criterios hacía que el paciente quedara excluido para ser intervenido quirúrgicamente y por tanto del estudio. Dichos criterios se exponen a continuación:

- Refracción inestable (cambio refractivo superior a 1 dioptría de defecto esférico o cilíndrico en el transcurso del último año previo a la fecha de la cirugía).

- Patología ocular que comprometiese el eje visual (distrofias corneales con afectación estromal, leucomas corneales, queratitis estromal herpética, etc.).
- Topografía corneal irregular sugerente de queratocono u otra ectasia corneal.
- Enfermedad inflamatoria intraocular activa o recurrente.
- Glaucoma avanzado o progresivo.
- Patología sistémica asociada como diabetes mellitus mal controlada y enfermedades autoinmunes activas o no controladas.
- Embarazo o pacientes en periodo de lactancia.
- Nistagmo.
- Antecedentes de cirugías refractivas previas.
- Terapias en curso que puedan afectar al proceso de curación de la herida quirúrgica.

También se excluyeron aquellos pacientes que, a pesar de ser candidatos para cirugía refractiva, rechazaron expresamente su participación en el estudio o no completaron el seguimiento en los periodos establecidos para los controles del estudio (1ª semana, 1º mes y 3º mes tras la cirugía).

Cuando se planteaba inducir monovisión, además de los criterios de exclusión anteriormente expuestos, también se excluían aquellos pacientes con estrabismo manifiesto o intermitente, ambliopía o que requieran una AV excelente lejana en condiciones de baja luminosidad

como conductores profesionales o conducción nocturna de forma habitual.

### **3.2.3. PÉRDIDAS O RETIRADAS DEL ESTUDIO**

Dos pacientes retiraron su consentimiento durante el postoperatorio inmediato. El motivo que adujeron fue la dificultad para comprometerse a asistir a las revisiones postoperatorias. Además, dos pacientes no completaron el seguimiento al no asistir al control del tercer mes. Los cuatro pacientes fueron excluidos del análisis de datos.

## **3.3. PROTOCOLO DEL ESTUDIO**

### **3.3.1. ENTREVISTA CLÍNICA**

De forma coordinada con los profesionales sanitarios del servicio de Córnea y Cirugía Refractiva de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México se fueron recopilando los datos personales de aquellos pacientes que iban a ser sometidos a cirugía refractiva. Todos los participantes del estudio fueron adecuadamente informados, aceptando su participación en este proyecto mediante la firma del consentimiento informado (ANEXO 2).

### **3.3.2. EXPLORACIÓN PREOPERATORIA**

### 3.3.2.1. ANAMNESIS

Se recogieron datos generales sobre antecedentes médico-quirúrgicos, alergias conocidas, medicación habitual y antecedentes oftalmológicos, insistiendo especialmente en el historial personal de:

- Ambliopía
- Estrabismo infantil
- Episodios de diplopia
- Cirugías de estrabismo previas

### 3.3.2.2. EXAMEN FUNCIONAL

Se determinaron prequirúrgicamente los siguientes parámetros:

- o **Refracción subjetiva** (esfera, cilindro y equivalente esférico) determinada con montura de prueba tras la realización de una refracción objetiva con auto refractómetro Ref-keratometer PRK-5000. Es la medida de la graduación que proporciona la mejor agudeza visual corregida (MAVC) y el resultado se expresa en dioptrías (D).
- o **Agudeza visual lejana con corrección óptica** ( $AVL_{CC}$ ), para cada ojo por separado, utilizando los optotipos de Snellen colocados a una distancia de 6 m del paciente. El resultado se anotaba en notación fraccional (en pies) y posteriormente se realizaba conversión a notación logarítmica ( $\log MAR$ ) para facilitar su análisis estadístico.

- **Refracción bajo cicloplejia** (esfera, cilindro y equivalente esférico) mediante la instilación de 1 gota de ciclopentolato al 1% cada 10 minutos, tres veces y medición a los 30 minutos de la última gota con el auto refractómetro Ref-keratometer PRK-5000.

### **3.3.2.3. BIOMICROSCOPIA**

Se utilizó una lámpara de hendidura Zeiss para la exploración del segmento anterior y la evaluación del fondo de ojo con lente esférica de Volk Superfield con el fin de detectar posibles lesiones retinianas periféricas de riesgo que precisaran laserterapia previa a la cirugía refractiva.

### **3.3.2.4. TONOMETRÍA**

Para la determinación de la presión intraocular se utilizó el tonómetro de aplanación Goldmann de Haag-Strreit.

### **3.3.2.5. PAQUIMETRÍA, TOPOGRAFÍA CORNEAL Y PUPILOMETRÍA**

La paquimetría permite evaluar el espesor corneal permitiéndonos estimar el espesor del lecho estromal residual postquirúrgico y detectar córneas inusualmente delgadas que tienen mayor riesgo de ectasia tras la fotoablación.

La topografía corneal aporta información sobre la curvatura, morfología y regularidad de la superficie corneal, permitiéndonos detectar astigmatismos irregulares, deformaciones corneales, signos de queratocono y otras ectasias corneales.

La pupilometría consiste en la medición del diámetro pupilar en diferentes condiciones lumínicas. Aunque la importancia de la pupilometría en el estudio preoperatorio de la cirugía refractiva sigue siendo discutida, pues los estudios publicados no demuestran una relación entre el tamaño de la pupila y la calidad visual postoperatoria (Harris *et al.*, 2017), esta prueba se realizó en todos los pacientes del estudio. Todas estas mediciones se realizaron mediante Pentacam ® (HR Premium; Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar, Germany).

#### **3.3.2.6. BIOMETRÍA**

Para el cálculo de la potencia de la lente intraocular a implantar se realizó la determinación de la longitud axial, queratometría, profundidad de cámara anterior y distancia blanco-blanco con el biómetro IOL Master® (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany). Esta prueba se llevó a cabo sólo en aquellos pacientes candidatos a cirugía de cristalino transparente con implante de LIO.

La valoración de todos los parámetros previos formaba parte del protocolo de valoración para cirugía refractiva existente en la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México. De forma adicional, como

parte del protocolo para éste trabajo, se determinaban algunas variables sensorio-motoras de los pacientes mediante las siguientes exploraciones:

### **3.3.2.7. EXPLORACIÓN MOTORA**

A todos los pacientes se les realizó las siguientes pruebas exploratorias:

- o Valoración de la presencia o ausencia de posición compensadora de la cabeza (PCC) o tortícolis.
- o *Cover test*. Nos permite conocer la existencia o no de estrabismo y algunas características del mismo, pudiendo clasificar los resultados de la exploración de la siguiente manera:
  - Ortoforia.
  - Foria (endoforia, exoforia, hipoforia o hiperforia).
  - Tropia (endotropia, exotropia, hipotropia o hipertropia).
- o Medición de la desviación en dioptrías prismáticas. Las mediciones preoperatorias de la alineación ocular se tomaban con y sin corrección.
- o Exploración de las versiones y ducciones, obteniendo información del tipo de estrabismo:
  - Estrabismo comitante.
  - Estrabismo incomitante, sugerente de parálisis o restricciones.

### **3.3.2.8. EXPLORACIÓN SENSORIAL**

La valoración del estado sensorial binocular de los pacientes se realizó valorando la fusión sensorial binocular de lejos, la supresión de cerca y la estereopsis, utilizando los test que se detallan a continuación.

### A) FUSIÓN Y SUPRESIÓN CERCANA

- **Test de Worth** situado a 40 cm del paciente para valorar la presencia de fusión o supresión en visión cercana.

### B) FUSIÓN Y SUPRESIÓN LEJANA

- **Test de Worth.** Después de que el paciente describiera el número de luces que observaba a 40 cm, se le pedía que se alejase lentamente hasta una distancia de 3 metros e indicara si observaba algún cambio en el número de luces, valorando de esta manera la presencia de fusión o supresión lejana. Con la realización de este test podemos tener gran información sobre las características de la supresión, en caso de existir. Podemos conocer el tamaño de la supresión (central o periférica), la frecuencia de la misma, pudiendo ser constante o intermitente. Podemos conocer qué ojo suprime y si es monocular (siempre suprime el mismo ojo) o alternante (unas veces suprime el ojo derecho y otras el ojo izquierdo).

### C) ESTEREOPSIS

- **Test de estereoagudeza de la mariposa** (Butterfly stereo acuity test) para la evaluación y cuantificación de la estereopsis. La estereoagudeza se define como la mínima disparidad retiniana que puede ser percibida. De esta manera, según la capacidad del paciente de percibir las imágenes dispares en tres dimensiones, la estereopsis se clasificaba como: ausencia de estereopsis, estereopsis de 2000'' (segundos) de arco, 800'' de arco, 400'' de arco, 200'' de arco, 100'' de arco, 80'' de arco, 60'' de arco, 40'' de arco y 20'' de arco. Es importante resaltar que la cuantificación de la estereopsis en segundos de arco es inversamente proporcional al porcentaje de estereopsis que presenta el individuo. De esta manera una estereopsis de 20'' de arco corresponde a un 100% de estereopsis.

La exploración sensorial se ampliaba en aquellos pacientes candidatos para realizar, de forma adicional, técnica de monovisión. En ellos se realizaba, además de las pruebas anteriormente descritas, una prueba para la determinación de la dominancia ocular.

- **Exploración de la dominancia ocular.** Para ello se determinaba la dominancia empleando el "test del agujero" utilizando una hoja de papel. Se le pedía al paciente que, en visión binocular, mirara a través del agujero un objeto lejano. Posteriormente, se le pedía que se acercara el papel a los ojos sin dejar de mirar el objeto. El ojo sobre el que recaía el agujero se determinaba como ojo dominante. En aquellos pacientes seleccionados para monovisión se les programó para técnica convencional donde el ojo

dominante se elegía para la visión lejana y el ojo no dominante para la visión cercana.

### **3.3.3. EXPLORACIÓN POSTOPERATORIA**

Los controles postoperatorios se realizaron a la semana, al mes y a los tres meses tras la cirugía. En cada visita se recogían de nuevo los siguientes datos:

- Agudeza visual lejana monocular sin corrección ( $AVL_{sc}$ ). En pacientes sometidos a monovisión también se tomaba la  $AVL_{sc}$  binocular y la agudeza visual cercana binocular sin corrección ( $AVC_{sc}$ ).
- Error refractivo.
- Presencia de posición compensadora de la cabeza.
- Cover test.
- Medición de la desviación en dioptrías prismáticas. Las mediciones de la alineación ocular se tomaban sin corrección óptica en las visitas postoperatorias.
- Exploración de versiones y ducciones.
- Test de Worth de cerca y lejos.
- Test de Titmus.

En la siguiente tabla se detalla el protocolo de seguimiento del estudio.

		PREOP	CIRUGÍA	1 SEM	1 MES	3 MES
DATOS DEMOGRÁFICOS		X				
ANAMNESIS		X				
REGISTRO DEL TIPO DE CIRUGÍA			X			
AGUDEZA VISUAL LEJANA	Con corrección	X				
	Sin corrección			X	X	X
AGUDEZA VISUAL CERCANA SIN CORRECCIÓN (MONOVISIÓN)				X	X	X
ERROR REFRACTIVO SUBJETIVO		X		X	X	X
ERROR REFRACTIVO BAJO CICLOPLEJIA		X				
PCC		X		X	X	X
COVER TEST		X		X	X	X
MEDICIÓN DESVIACIÓN		X		X	X	X
EXPLORACIÓN VERSIONES Y DUCCIONES		X		X	X	X
TEST DE WORTH		X		X	X	X
TEST DE TITMUS		X		X	X	X
TEST DE DOMINANCIA OCULAR (MONOVISIÓN)		X				

Tabla 6. Protocolo de seguimiento del estudio.

### 3.3.4. TÉCNICA QUIRÚRGICA REFRACTIVA

La elección de la técnica quirúrgica se determinó tras una exploración oftalmológica preoperatoria exhaustiva, donde el grado del defecto refractivo, las características morfológicas de la córnea, la edad del paciente y sus exigencias profesionales fueron los factores determinantes para optar por un procedimiento u otro.

De esta manera, en pacientes jóvenes no presbitas, con edades comprendidas entre 18 y 40 años, la cirugía refractiva con láser excímer en sus variantes LASIK y PRK supuso la primera opción quirúrgica para el tratamiento de la mayoría de las ametropías (miopía menor de -10.0 D, hipermetropía inferior a + 4.0 D y cilindro menor de -6.0 D), mientras que el implante de lentes intraoculares se reservó para aquellos pacientes en los que la cirugía corneal no era recomendable, bien por presentar ametropías elevadas (miopía mayor de -10.0 D, hipermetropía superior a + 4.0 D y cilindro mayor de -6.0 D) o por presentar grosor corneal insuficiente (paquimetría central < 490  $\mu\text{m}$  o lecho estromal residual < 300  $\mu\text{m}$ ).

En pacientes presbitas mayores de 45 años, se plantearon dos opciones quirúrgicas, implante de LIO multifocal o técnica de monovisión, dejando la elección de la técnica al paciente tras una explicación detallada de las ventajas e inconvenientes de ambas técnicas quirúrgicas.

Todas las cirugías fueron realizadas por dos cirujanos experimentados. Las cirugías refractivas corneales fueron realizadas por C.A.B., experimentado en las técnicas ablativas de LASIK y PRK, mientras que las

cirugías refractivas intraoculares (cirugía de cristalino transparente con implante de LIO) se realizaron por la cirujano MJ.M.

Las cirugías de LASIK y PRK se llevaron a cabo de forma bilateral en el mismo día y los controles postoperatorios a la semana, al mes y a los tres meses de la cirugía. La cirugía intraocular se realizaba de forma diferida espaciando la cirugía de un ojo y otro en un plazo de una semana. Los controles postoperatorios se realizaron a la semana de la cirugía del primer ojo y a la semana, al mes y al tercer mes del segundo ojo.

#### **3.3.4.1. LASIK**

La cirugía se realiza bajo anestesia tópica con tetracaína 2,5 mg (Ponti Ofteno®). Tras la colocación y alineación del paciente se aplica povidona yodada al 10% en región periocular y al 5% en fondo de saco conjuntival. Se coloca un paño quirúrgico estéril y un blefarostato. Posteriormente se procede a la obtención de un *flap* corneal con bisagra nasal con el microqueratomo EVO 3E (Antony, France). Se levanta el *flap*, se seca el lecho estromal con hemosteta y se centra el marcador de rastreo ocular en la pupila. Se realiza la fotoablación con el láser excímer Visx Star S4 CustomVue™ (Abbott Medical Optics, Johnson & Johnson Vision, Santa Ana California, EUA) sobre el estroma subyacente según los parámetros programados utilizando el nomograma estandarizado de cirugía refractiva (detallado en las tablas 7, 8 y 9) para una zona óptica de entre 6 y 7 mm, en función del tamaño pupilar en condiciones mesópicas determinado preoperatoriamente. Terminada la ablación, se lava el lecho estromal con BSS, se recoloca el *flap* y se constata la alineación y adherencia del mismo. Finalmente se aplica una gota de

antibiótico (ciprofloxacino 3mg/ml) y una gota de corticosteroide (dexametasona 1mg/ml) que se continuará durante el tratamiento postoperatorio.

### NOMOGRAMA DE CIRUGÍA REFRACTIVA 2013

Servicio de Córnea y Cirugía Refractiva de la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC)

EDAD	MIOPÍA	TRATAR
<b>&lt; 30 años</b>	< -2.50 D	100 %
	-2.50 a -6.00 D	- 10 %
	> -6.00 D	- 15 %
<b>&gt; 30 años</b>	< -2.50 D	- 10 %
	-2.50 a -6.00 D	- 10 %
	> -6.00 D	- 15 %
<b>&gt; 40 años</b>	< -2.50 D	- 10 %
	-2.50 a -6.00 D	- 15 %
	> -6.00 D	- 15 %

Tabla 7. Nomograma de CR para miopía. Detalla el porcentaje de defecto refractivo a tratar según la edad del paciente y la cantidad de miopía.

EDAD	HIPERMETROPÍA	TRATAR
<b>Cualquiera</b>	Cualquiera	100 %

Tabla 8. Nomograma de CR para hipermetropía.

EDAD	CILINDRO	TRATAR
< 40 años	< - 3.00 D	100 %
> 30 años	> - 3.00 D	- 10 %
> 40 años	Cualquiera	- 10 %

Tabla 9. Nomograma de CR para astigmatismo. Detalla el porcentaje de defecto refractivo a tratar según la edad del paciente y la cantidad de astigmatismo.

### 3.3.4.2. PRK

La cirugía se realiza bajo anestesia tópica con tetracaína 2,5 mg (Ponti Ofteno®). Tras la colocación y alineación del paciente se aplica povidona yodada al 10% en región periocular y al 5% en fondo de saco conjuntival. Se coloca un paño quirúrgico estéril y un blefarostato. Posteriormente se instila una solución de alcohol al 20% dejándola actuar durante un minuto y después se lava con abundante BSS. Se elimina el epitelio corneal de forma manual con un escarificador y se centra el marcador de rastreo ocular en la pupila. Se realiza la fotoablación con el láser excímer Visx STAR S4IR (IMEX) sobre el estroma subyacente según los parámetros programados, utilizando el nomograma estandarizado de cirugía refractiva (detallado en las tablas 7, 8 y 9) para una zona óptica de entre 6 y 7 mm, en función del tamaño pupilar en condiciones mesópicas determinado prequirúrgicamente. Terminada la ablación, se

lava el lecho estromal con BSS y se coloca una lente de contacto terapéutica (LCT), que se mantendrá durante una semana. En pacientes en los que la profundidad de ablación superaba las 40  $\mu\text{m}$ , antes de la colocación de la LCT, se aplicaba mitomicina C (MMC) diluida al 0.02% sobre el lecho estromal durante 30 a 45 segundos para reducir el riesgo de desarrollo de *haze* subepitelial. Posteriormente se aplica tratamiento en gotas de antibiótico (ciprofloxacino 3mg/ml) y corticosteroide (dexametasona 1mg/ml), que se continuará durante el tratamiento postoperatorio.

### **3.3.4.3. CIRUGÍA DE CRISTALINO TRANSPARENTE (CCT) CON IMPLANTE DE LENTE INTRAOCULAR.**

La cirugía se realiza bajo anestesia tópica con tetracaína 2,5 mg (Ponti Ofteno®). Tras la colocación y alineación del paciente se aplica povidona yodada al 10% en región periocular y al 5% en fondo de saco conjuntival. Se coloca un paño quirúrgico estéril y un blefarostato. Posteriormente se procede a la realización de la paracentesis, se inyecta 0,1 ml de lidocaína 1% en cámara anterior y se rellena con viscoelástico (Amvisc®, Bausch & Lomb, Rochester, NY). Después se realiza la incisión corneal tunelizada en el eje visual más curvo y se procede a la realización de la capsulorrexis circular continua con cistitomo. La facoemulsificación del cristalino transparente se realiza con sistema coaxial de Infiniti® Vision System (Alcon Labs, Inc, Fort Worth, Texas), empleando fundamentalmente el sistema de irrigación-aspiración y minimizando, en la medida de lo posible, el empleo de ultrasonidos. Tras el llenado del saco capsular con viscoelástico, se procede a la inyección de la LIO

(lente monofocal acrílica hidrofóbica IQ Acrysoft SN60WF de ALCON) en el mismo. Posteriormente se aspira el viscoelástico y se hidratan las incisiones con suero fisiológico. A continuación, se inyecta en cámara anterior 0,1 ml de cefuroxima 1 mg/0,1 ml o 0,1 ml de vancomicina 1 mg/0,1 ml en pacientes alérgicos a  $\beta$ -lactámicos. Por último, se hidrata la incisión principal y se comprueba la estanqueidad de las incisiones. Se aplica una gota de tratamiento antibiótico (ciprofloxacino 3mg/ml) y corticoideo (dexametasona 1mg/ml) que se continuará durante el tratamiento postoperatorio.

#### **3.3.4.4. TÉCNICA DE MONOVISIÓN**

Para la técnica de monovisión, el ojo dominante se programó para la emetropía y el no dominante para una situación refractiva miópica residual que variaba según la edad del paciente y se hacía en función del siguiente nomograma:

- Residual miópico de 1,00 D: pacientes entre 45-50 años.
- Residual miópico de 1,25 D: pacientes entre 51-55 años.
- Residual miópico de 1,50 D: pacientes mayores de 55 años.

#### **3.3.5. CONFLICTO DE INTERESES**

Apoyándose en las directrices de la Declaración de Helsinki, este proyecto de tesis doctoral fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, I.A.P., Hospital "Dr. Luis Sánchez Bulnes" (ANEXO 1).

### 3.3.6. ESTUDIO ESTADÍSTICO

El procesamiento de los datos se realizó con la ayuda del software SPSS 20.0 (IBM Sciences, Chicago, Illinois, Estados Unidos).

Para el análisis descriptivo se utilizaron los estadísticos más relevantes para las variables de estudio:

- Medidas de tendencia central: media y mediana para variables continuas.
- Frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) para las variables categóricas.
- Medidas de dispersión: desviación estándar, desviación mediana y como medida de dispersión relativa el coeficiente de variación (CV%). Cuando éste tiene un valor  $< 10\%$  significa que la media representa adecuadamente el conjunto de datos, en caso contrario es mejor usar la mediana como medida representativa ya que la media tiene alta sensibilidad ante valores atípicos y muy dispersos. En nuestro trabajo, los valores de estereopsis presentaron una variabilidad muy alta y marcada asimetría positiva, por lo que se utilizó la mediana tanto para la descripción como para el análisis comparativo al ser más representativa de la muestra.

La representación gráfica de los resultados se realizó mediante gráficos de sectores y barras para variables cualitativas nominales y ordinales, respectivamente. Las variables cuantitativas se representaron a través de medias y medianas en gráficos de barras y líneas con barras de error

(desviaciones estándar en el caso de la media y desviaciones medianas en el caso de la mediana). También se emplearon gráficos de cajas y bigotes para representar la evolución de los pacientes en el tiempo.

En el **análisis inferencial** se utilizaron tanto pruebas paramétricas como no paramétricas. Para determinar el uso de unas u otras se aplicaron las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov ( $n > 50$ ) y de Shapiro-Wilk ( $n \leq 50$ ) para determinar si los valores seguían una distribución normal o no. También se usaron el coeficiente de asimetría y exceso de curtosis para establecer la forma de la distribución de las variables. En el caso de que ésta se alejara de una campana de Gauss, se usaron pruebas no paramétricas. Cuando los grupos de comparación o momentos de tiempo comparados presentaron tamaños de muestra superiores a 30 y la presencia de valores atípicos no era muy marcada, se usaron pruebas paramétricas.

Las pruebas estadísticas empleadas en las comparaciones de variables de estudio se describen a continuación:

- PRUEBAS PARAMÉTRICAS
  - ✓ *T de Student para muestras relacionadas*. La prueba se calcula sobre la diferencia de las puntuaciones obtenidas por un sujeto en dos momentos de tiempo. En particular se empleó para comparar, con respecto a la puntuación preoperatoria, la evolución postoperatoria en los controles de la 1ª semana, al mes y a los tres meses después de la cirugía, de los valores de la agudeza visual y evolución de la esfera, cilindro y equivalente esférico.

- PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS
  - ✓ *Prueba U de Mann Whitney*. Es la prueba equivalente a una prueba t de Student para grupos independientes. Compara las distribuciones de los datos en dos grupos independientes. Para la presente investigación fue empleada para comparar la estereopsis preoperatoria entre los grupos de ametropía (miopes y astígmatas, ya que el grupo de hipermetropía fue excluido del análisis de datos por estar compuesto por sólo 2 pacientes), equivalente esférico (alto  $\geq 6$  D y bajo  $< 6$  D), anisometropía (presencia y ausencia), ambliopía (presencia y ausencia) y tropías y forias respecto a los pacientes con ortoforias. También se empleó para comparar la evolución de la estereopsis postoperatoria en la primera semana, 1º mes y tres meses posteriores a la cirugía en los grupos por equivalente esférico (alto  $\geq 6$  D y bajo  $< 6$  D) y anisometropía (presencia y ausencia). Los tamaños de la muestra en estos grupos fueron pequeños y se observó una marcada asimetría positiva en las puntuaciones de estereopsis con presencia de valores atípicos.
  - ✓ *Prueba de Kruskal-Wallis*. Es una prueba que compara las distribuciones entre tres o más grupos independientes. En este caso, la prueba fue empleada para comparar la estereopsis (todos los tiempos medidos) entre las distintas ametropías (miopes altos, astígmatas altos y control), tropías, forias y ortoforias y las técnicas empleadas en la cirugía (implante de LIO, PRK y LASIK). La prueba muestra si alguno de los grupos comparados tienen diferencias significativas. Si la prueba resulta significativa, posteriormente se realizan las comparaciones por pares que indican qué grupos presentan las diferencias significativas.

- ✓ *Prueba de Friedman*. Se usa para comparar la evolución de las puntuaciones en los diferentes instantes de tiempo. En nuestro trabajo se usó para comparar la estereopsis entre los cuatro instantes de tiempo en los que se evaluó al paciente (preoperatorio, 1 semana, 1 mes, 3 meses) de la muestra general, y con los grupos según ametropía, equivalente esférico, anisometropía, ambliopía, forias, tropias y ortoforias. En caso de resultar valores estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ), se evalúan las comparaciones por pares para determinar los momentos en que la estereopsis registró cambios significativos entre pacientes. En particular en este estudio sólo se muestran las diferencias de la estereopsis postoperatoria con relación a su puntaje inicial (preoperatorio).
- ✓ *Prueba de  $\chi^2$  Cuadrado de Pearson para tablas de contingencia*. Se calcula sobre dos variables cualitativas organizadas en tablas de contingencia y permite contrastar la hipótesis de independencia entre las dos variables. En nuestro trabajo se calculó para el cambio en la estereopsis final respecto a la inicial (clasificado en mejoría, sin cambios o empeoramiento) de la muestra general, de los grupos según tipo de ametropía (miopía y astigmatismo; el grupo de hipermétropes quedó excluido del análisis de datos por estar compuesto únicamente por 2 pacientes) en grupos de ametropías altas (miopes altos y astígmatas altos), y en grupos según equivalente esférico (bajo y alto).
- ✓ *Prueba de Wilcoxon*. Es una prueba equivalente a la prueba  $t$  de Student para muestras relacionadas (descrita anteriormente). Compara el cambio en las puntuaciones de una variable medidas en dos momentos de tiempo. Para esta tesis se usó en las comparaciones de las modificaciones en el ángulo de desviación

entre los grupos de forias y tropias. En cada caso se compararon los valores de las desviaciones preoperatorias y a los 3 meses de la cirugía.

- ✓ *Coefficiente de Correlación Rho de Spearman.* Es un coeficiente con puntuaciones que varían entre -1 y 1. Si la puntuación obtenida es cercana a -1 se afirma que las variables están relacionadas inversamente; si el valor es cercano a 1, están directamente relacionadas y si la correlación es cercana a cero, no hay relación lineal entre las variables. En esta investigación se calcularon las correlaciones entre la agudeza visual y la estereopsis en los diferentes momentos de tiempo en que se midieron ambas variables.

El nivel de significación estadística utilizado ha sido el 5% ( $\alpha=0.05$ ) (cualquier p-valor menor a 0.05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por contra, un p-valor mayor o igual a 0.05 indica ausencia de relación).

## **4. RESULTADOS**



## 4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En el estudio se incluyeron 90 pacientes (180 ojos) a los que se les realizó cirugía refractiva bilateral mediante distintas técnicas quirúrgicas refractivas: LASIK, PRK y cirugía de cristalino transparente con implante de lente intraocular asociado a monovisión. Todos los casos incluidos completaron un seguimiento mínimo de 3 meses.

### 4.1.1. DATOS DEMOGRÁFICOS

La edad media de los pacientes fue  $28,23 \pm 6,21$  años, con un rango entre 18 y 45 años. El 50% de las edades registradas fueron inferiores a 27 años y sólo el 30% presentaron edades superiores a 31 años. Estos datos están representados en la figura 30.

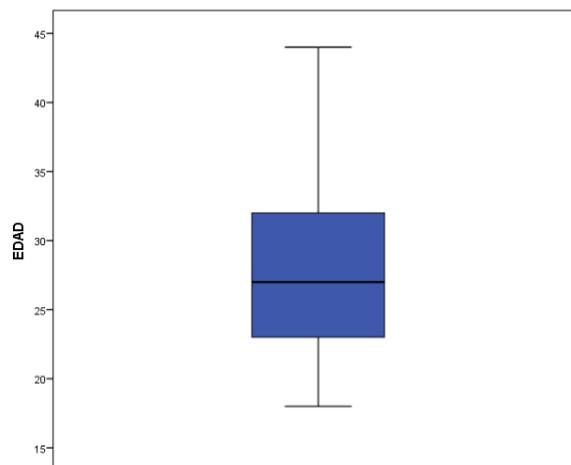


Figura 30. Gráfico box-plot. Distribución etaria de la muestra.

Según la distribución por sexo, un 72% fueron mujeres y el 28% restante, varones. Los datos de distribución por sexo están representados en la figura 31.

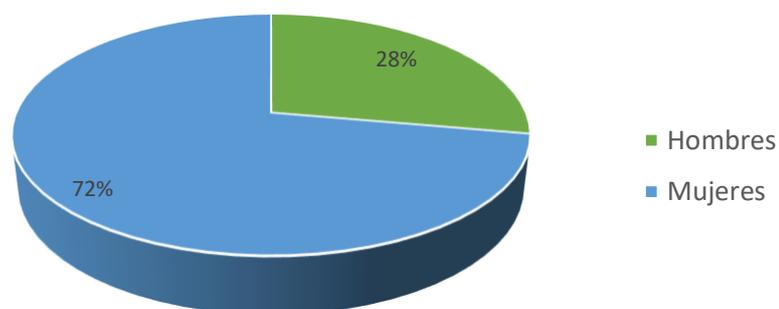


Figura 31. Distribución por sexo de la muestra.

#### 4.1.2. COMORBILIDAD OCULAR

Tras la anamnesis y una exploración oftalmológica completa, se registró la frecuencia de alteraciones oculares concomitantes. Un 45,5% de la muestra (41 pacientes) presentó trastornos de superficie ocular manifestados como intolerancia a lentes de contacto y un 10% (9 pacientes) mostró blefaritis crónica. Tras el examen fundoscópico, sólo un paciente (1,1%) presentó degeneración retiniana periférica bilateral tipo Lattice que precisó tratamiento con laser argón. Estos datos se recogen en la tabla 10.

#### COMORBILIDAD OCULAR

	Frecuencia	%
<b>Intolerancia a LC</b>	41	45,5%
<b>Blefaritis crónica</b>	9	10%
<b>Degeneración retiniana</b>	1	1,1%

Tabla 10. Comorbilidad ocular de la muestra.

### 4.1.3. VARIABLES FUNCIONALES PREOPERATORIAS

#### 4.1.3.1 . AGUDEZA VISUAL PREOPERATORIA

El valor promedio de la mejor agudeza visual corregida (MAVC) preoperatoria, expresado en escala logMAR, resultó de 0,0383 con una desviación típica de 0,08. Los valores descriptivos de la agudeza visual preoperatoria de la muestra se detallan en la siguiente tabla.

	<b>MAVC PREOPERATORIA (LogMAR)</b>
N	180
Media	0,0383
D. E	0,08
CV%	208,9
Mediana	0
d.m.	0,04
Asimetría	2,573
Curtosis	7,82

Tabla 11. Mejor agudeza visual corregida (MAVC) preoperatoria de la muestra en escala logMar. Nota: CV%= coeficiente de variación, d.m.= desviación mediana.

#### 4.1.3.2 DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS

**A) DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS DE LA MUESTRA**

Las características de la situación refractiva subjetiva y bajo cicloplejia preoperatorias de los 180 ojos (90 pacientes) de la muestra se representan en la tabla 12.

<b>REFRACCIÓN PREOPERATORIA DE LA MUESTRA</b> N=180		
	REFRACCIÓN SUBJETIVA	REFRACCIÓN CICLOPLÉJICA
<b>ESFERA</b> (D) (media ± DE)	-3,15 ± 2,87	-2,85 ± 3,04
<b>CILINDRO</b> (D) (media ± DE)	-2,10 ± 1,7	-1,95 ± 2,34
<b>EE</b> (D) (media ± DE)	-4,2 ± 2,83	-3,82 ± 3,05

Tabla 12. Valores de la refracción preoperatoria general (n=180) en dioptrías (D).  
Nota: D= dioptrías, DE= desviación estándar, EE= equivalente esférico.

**B) DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS POR GRUPOS DE AMETROPIÁS**

En función del estado refractivo, los pacientes se clasificaron según el tipo de ametropía en miopes, hipermétropes y astígmata. Por motivos prácticos para el análisis, cuando el paciente presentaba defectos refractivos esféricos y cilíndricos, se le clasificaba como astígmata cuando el valor del cilindro era mayor de 3 dioptrías. En la tabla 13 se

detallan los datos refractivos y la proporción de los pacientes miopes, hipermétropes y astígmatas y en la figura 32 se representan los mismos.

REFRACCIÓN PREOPERATORIA DE LOS PACIENTES POR AMETROPIÁS				
N= 90				
AMETROPIA	N	ESFERA (D) Promedio ambos ojos Media (± DE)	CILINDRO (D) Promedio ambos ojos Media (± DE)	EE (D) Promedio ambos ojos Media (± DE)
<b>MIOPE</b> (61,1%)	55	-3,93 ± 2,24	-1,22 ± 0,95	-4,54 ± 2,32
<b>ASTÍGMATAS</b> (36,7%)	33	-2,32 ± 2,79	-3,59 ± 1,28	-4,11 ± 2,76
<b>HIPERMÉTROPES</b> (2,2%)	2	4,31 ± 1,86	-1,81 ± 0,27	3,41 ± 1,72

Tabla 13. Datos refractivos preoperatorios (esfera, cilindro y equivalente esférico) por grupos de ametropía: miopes, hipermétropes y astígmatas.

Nota: EE= equivalente esférico, DE: desviación estándar, D= dioptrías.

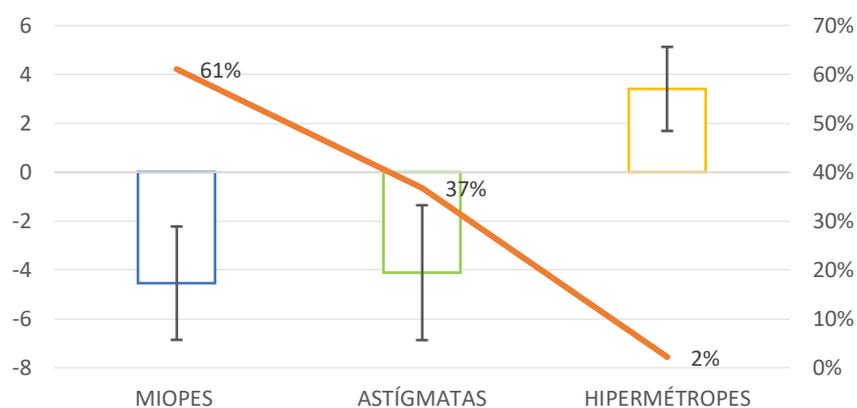


Figura 32. Representación gráfica de la proporción (línea naranja) y valores refractivos (cajas) de los grupos de pacientes según tipo de ametropía en la muestra.

Al mismo tiempo, de todos los pacientes del estudio, se seleccionó a aquellos pacientes que presentaban ametropías altas, de acuerdo a la clasificación establecida en la *Guía de práctica clínica de Cirugía Refractiva y errores refractivos* de la Academia Americana de Oftalmología, 2017 (Harris *et al.*, 2017), considerando como tales a pacientes con:

- Equivalentes esféricos mayores a 6.00 dioptrías.
- Miopía mayor o igual a 6 dioptrías.
- Astigmatismo mayor o igual a 3 dioptrías.
- Hipermetropía mayor o igual a 3 dioptrías.

De acuerdo a esta clasificación, un 16,6% de la muestra presentaba miopía alta, un 24,4% astigmatismo alto y tan sólo un 1,1% (1 paciente) tenía hipermetropía alta. En la tabla 14 se muestran la proporción y los valores refractivos promedio del equivalente esférico de ambos ojos de los distintos grupos de ametropías altas y en la figura 33 se representan los mismos.

<b>AMETROPIAS ALTAS</b>	N	%	<b>EE</b> Media (± DE)
MIOPÍA(D)	15	16,6%	-7,13 (±0,87)
ASTIGMATISMO (D)	22	24,4%	-4,18 (±0,92)
HIPERMETROPÍA (D)	1	1,1%	5,63

Tabla 14. Proporción y valores refractivos (en equivalente esférico) de los pacientes con ametropías altas.

Nota: D= dioptrías, EE= equivalente esférico, DE=desviación estándar.

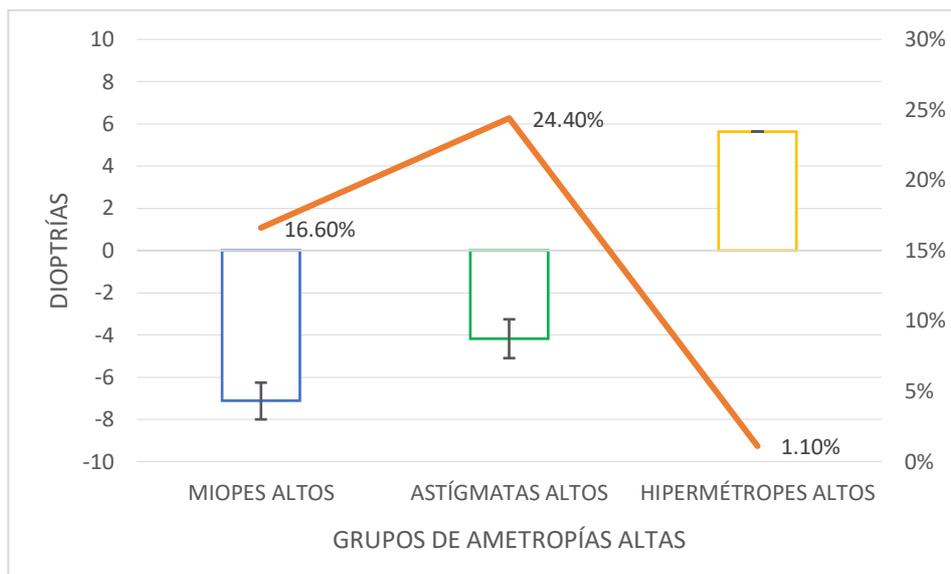


Figura 33. Representación gráfica de la proporción (línea naranja) y valores refractivos (cajas) de los pacientes con ametropías altas.

### C) DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS EN PACIENTES CON ANISOMETROPÍA

Los pacientes con anisometropía representaron un 6,6% (6 pacientes) de la muestra. Se consideró anisométricos a aquellos pacientes con diferencias entre los equivalentes esféricos de ambos ojos igual o mayor a 2 dioptrías. Los datos refractivos preoperatorios en términos de equivalente esférico de los pacientes con anisometropía se muestran en la tabla 15.

REFRACCIÓN PREOPERATORIA EN PACIENTES CON ANISOMETROPÍA			
N	%	EE (D) (media ± DE)	
		Ojo de mayor refracción	Ojo de menor refracción
6	6,6%	-7,08 ± 3,15	-3,817 ± 2,797

Tabla 15. Proporción y datos refractivos en equivalente esférico de los pacientes con anisometropía.

Nota: D= dioptrías, EE= equivalente esférico, DE=desviación estándar.

### D) DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS EN PACIENTES CON AMBLIOPÍA

Se determinó la proporción de pacientes con ambliopía (diferencia de 2 o más líneas de visión entre ambos ojos), representando el 6,6% de la muestra (6 pacientes). En todos los casos el grado de ambliopía fue leve

(2 líneas de diferencia entre ambos ojos). Los datos refractivos preoperatorios en términos de equivalente esférico y los valores de agudeza visual corregida preoperatoria de los pacientes con ambliopía se muestran en la tabla 16.

<b>PACIENTES CON AMBLIOPÍA</b>					
N	%	<b>AV<sub>cc</sub></b> (Log MAR)		<b>EE (D)</b> (media ± DE)	
		Ojo con mejor AV (media ± DE)	Ojo con peor AV (media ± DE)	Ojo de mayor refracción	Ojo de menor refracción
6	6,6%	0,033±0,052	0,33±0,082	-4,395±3,02	-3,83±2,9

Tabla 16. Agudeza visual y datos refractivos de los pacientes con ambliopía.

Nota: AV<sub>cc</sub>: agudeza visual con corrección, D= dioptrías, EE= equivalente esférico, DE=desviación estándar.

### **E) DATOS REFRACTIVOS PREOPERATORIOS DEL PACIENTE CANDIDATO PARA MONOVISIÓN**

Un paciente de la muestra fue candidato para realizar monovisión al tener una edad de 45 años. Los datos de la refracción subjetiva y ciclopléjica del paciente se reflejan en la tabla 17.

### **REFRACCIÓN PREOPERATORIA DEL PACIENTE CANDIDATO PARA MONOVISIÓN**

	ESFERA (D)		CILINDRO (D)		EE (D)	
	OD	OI	OD	OI	OD	OI
Rx subjetiva	-9,50	-8,75	-0,75	-0,50	-9,875	-9,00
Rx Ciclopléjica	-9,25	-8,50	-0,75	-0,75	-9,625	-8,875

Tabla 17. Refracción subjetiva y ciclopléjica del paciente candidato para monovisión. Nota: D= dioptrías, Rx= refracción, OD= ojo derecho, OI= ojo izquierdo.

#### 4.1.4. VARIABLES SENSORIALES PREOPERATORIAS

##### 4.1.4.1. ESTEREOPSIS PREOPERATORIA

###### A) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA DE LA MUESTRA

Los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria de los 90 pacientes de la muestra se detallan en la tabla 18.

	<b>Estereopsis preoperatoria de la muestra</b> (segundos de arco)
<b>Media</b>	137,931
<b>Desviación estándar</b>	314,680
<b>CV%</b>	228%
<b>Mediana</b>	40,000
<b>d.m.</b>	97,9310
<b>Asimetría</b>	4,207
<b>Curtosis</b>	19,757

Tabla 18. Datos descriptivos de la estereopsis preoperatoria de la muestra. Nota: CV%=coeficiente de variación porcentual, d.m.=desviación mediana.

Los datos muestran que los valores de estereopsis preoperatoria presentaron una variabilidad muy alta y una marcada asimetría positiva,

siendo mas representativo de la muestra el valor de la mediana que el de la media. La mediana indica que el 50% de los pacientes presentaban niveles de estereopsis por encima de 40.

### B) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA SEGÚN TIPO DE AMETROPÍA

La tabla 19 resume los valores de la estereopsis preoperatoria en los distintos grupos de ametropías: miopes, hipermetropes y astigmatas.

Se compararon los valores de estereopsis preoperatoria en términos de mediana (dada la alta variabilidad de los datos y marcada asimetría, como se ha comentado anteriormente) entre los grupos de miopes y astigmatas. El grupo de hipermetropes se excluyó del análisis comparativo de datos por presentar sólo 2 sujetos.

<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA POR TIPO DE AMETROPÍA</b> (segundos de arco)			
	MIOPE	HIPERMÉTROPES	ASTÍGMATAS
N	55	2	33
Media	123,33	420,0	145,16
Desviación estándar	286,15209	537,40115	351,90786
CV%	232,02	127,95	242,4
Mediana	40,0	420,0	60,0
d.m.	83,33	-	101,94
Asimetría	5,789	-	5,215
Curtosis	36,598	-	28,121
U	959,5		
P	0,225		

Tabla 19. Datos descriptivos de la estereopsis preoperatoria por grupos de ametropía.

Nota: CV%= coeficiente de variación porcentual, d.m.= desviación mediana, U= U de Mann Whitney. El grupo de hipermétropes estuvo constituido exclusivamente por dos pacientes con valores de estereopsis preoperatoria de 40'' de arco y 800'' de arco, razón por la que, comparativamente con los otros grupos, el valor promedio y de la mediana de la estereopsis resultó llamativamente superior.

Los datos indican que los pacientes con astigmatismo presentaban estereopsis ligeramente inferiores a la de los pacientes con miopía, aunque estas diferencias no fueron significativas ( $p= 0,225$ ). La mediana de la estereopsis en el grupo de miopía fue de 40, indicando que el 50% de los pacientes miopes tenían una estereopsis preoperatoria inferior a ese valor. Por otro lado, el 50% de los pacientes con astigmatismo presentaban una estereopsis preoperatoria inferior a 60. Estos datos se representan de forma gráfica en la figura 34.

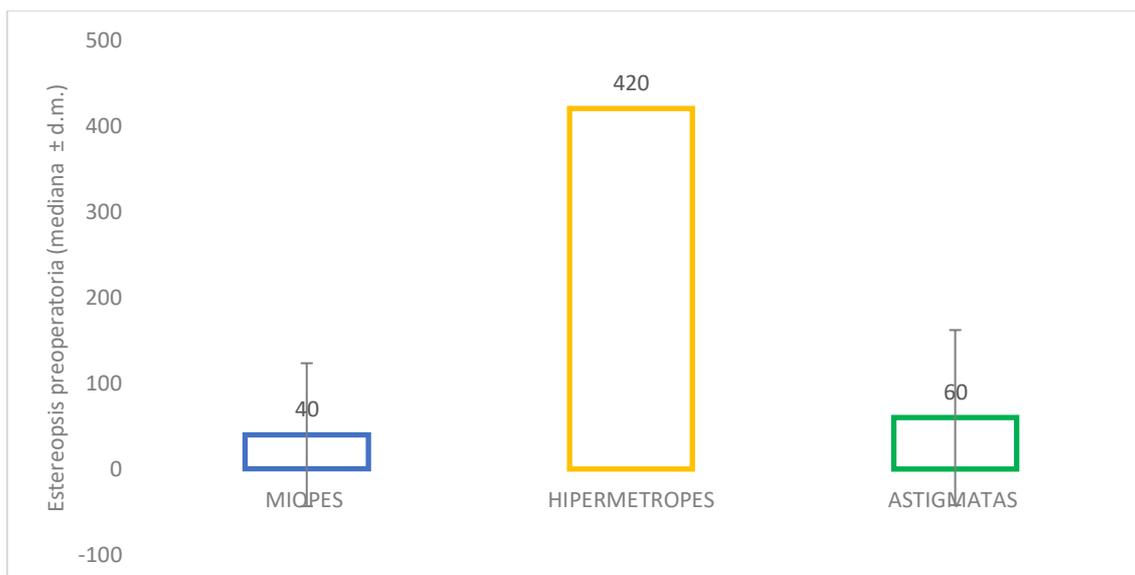


Figura 34. Representación gráfica con diagrama de cajas de la estereopsis preoperatoria (en términos de mediana) de los distintos grupos de ametropía.

Nota: d.m= desviación mediana. El grupo de hipermétropes estuvo constituido exclusivamente por dos pacientes con valores de estereopsis preoperatoria de 40'' de arco y 800'' de arco, razón por la que, comparativamente con los otros grupos, el valor promedio y de la mediana de la estereopsis resultó llamativamente superior.

### C) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA POR GRUPOS SEGÚN EQUIVALENTE ESFÉRICO

Los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria por grupos según el EE se muestran en la tabla 20 y se representan en la figura 35. Los datos indican que el 27,8% de los pacientes presentaban un equivalente esférico preoperatorio mayor o igual a 6 dioptrías, teniendo una estereopsis mediana de 100'' de arco ( $\pm 200,83$ ), mientras que el 72,2% restante con EE menor de 6 dioptrías tenía una estereopsis mediana de 40'' de arco ( $\pm 57,4$ ). Se compararon los valores de las medianas de estereopsis preoperatoria entre los grupos, concluyendo que el grupo con  $EE \geq 6$  tenía menor estereopsis preoperatoria de forma significativa ( $p < 0.001$ ).

		Grupos por Equivalente Esférico		
		EE < 6	EE $\geq$ 6	P <sup>U</sup>
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA (segundos de arco)</b>	N	65	25	U= 410 P<0.001*
	Media	91,94	252	
	Desviación estándar	148,54	528,89	
	CV%	161,6%	209,9%	
	Mediana	40,00	100,00	

	d.m.	57,40	200,83
	Asimetría	3,96	3,24
	Curtosis	16,22	8,87

Tabla 20. Comparación de la estereopsis preoperatoria entre pacientes por grupos según el valor de equivalente esférico.

Nota: EE= equivalente esférico, CV= coeficiente de variación, d.m.=desviación mediana,  $P^U$  = prueba U de Mann-Whitney para comparación de dos muestras independientes, \* Estadísticamente significativo.

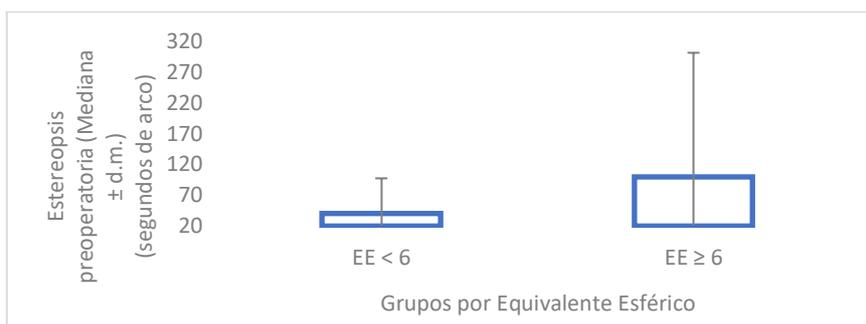


Figura 35. Representación gráfica de la estereopsis preoperatoria por grupos según el equivalente esférico (EE).

#### D) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA POR GRUPOS DE AMETROPIAS ALTAS

La estereopsis preoperatoria de los distintos grupos de ametropías altas se describe en la tabla 21 y sus valores se representan gráficamente en la

figura 36. El grupo de ametropías leves-moderadas fue usado como control para el análisis comparativo.

		GRUPOS DE AMETROPIÁS			
		Miopes altos	Astigmatas altos	Hipermétrope alto <sup>a</sup>	Control amétropes leves-moderados
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA</b> (segundos de arco)	N	15	22	1	52
	Media	469	189	800	73
	Desviación estándar	759	434	-	113
	CV%	161,83	229,62	-	154,8
	Mediana	140	70	800	40
	d.m.	380	143	-	33
	Asimetría	1,902	4,221	-	5,373
	Curtosis	1,990	18,308	-	31,989

Tabla 21. Datos descriptivos de la estereopsis preoperatoria por grupos de ametropías altas y el grupo control (ametropías leves-moderadas).

Nota: a= se excluye de las comparaciones, d.m= desviación mediana.

Estos datos reflejan que, en lo referente a la estereopsis preoperatoria entre los distintos grupos de ametropías, el grupo con peor estereopsis fue el de miopes altos con una mediana de 140'' de arco, los cuales también mostraron la mayor dispersión de los datos. Le seguían los astigmatas altos con una estereopsis mediana de 70'' de arco, mientras que el grupo de ametropías leves y moderadas presentó mejor estereopsis (40'' de arco) y con menor dispersión de los valores.

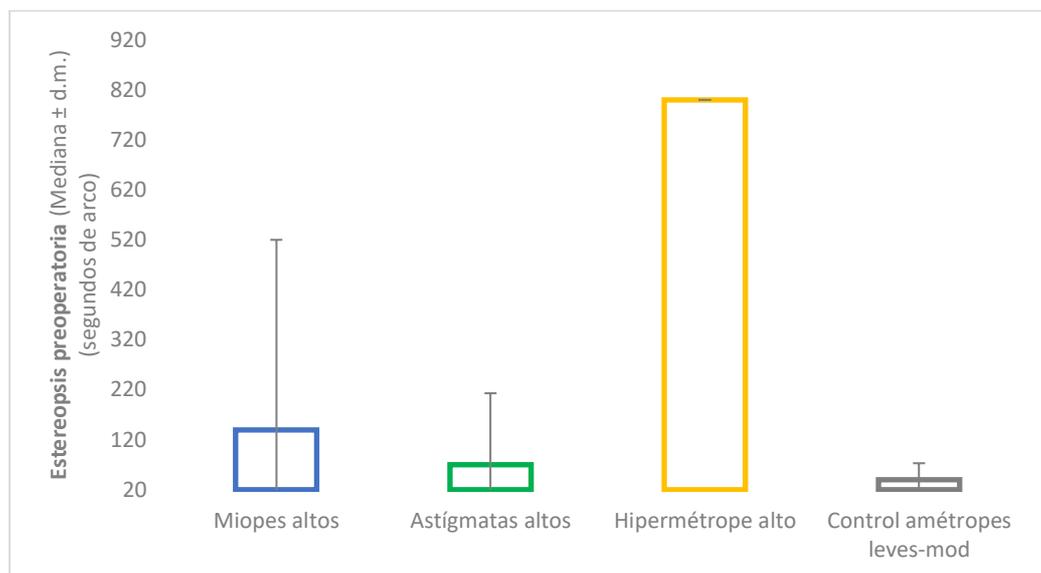


Figura 36. Representación gráfica de la estereopsis preoperatoria por grupos de ametropías altas y el grupo control (ametropías leves-moderadas).

Se compararon los valores de estereopsis preoperatoria de cada grupo con los del grupo de amétropes leves-moderados y entre sí. El grupo de hipermetropes altos quedó excluido del análisis comparativo al estar compuesto por sólo 1 paciente, no siendo comparable. Los resultados indicaron que los pacientes con errores refractivos altos tenían peor estereopsis que el grupo de ametropías leves-moderadas (tabla 22), siendo la diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.01$ ).

Variable	Grupos	Mediana	Rangos promedio	$K_w$	gl	p
Estereopsis preoperatoria	Astigmatismo	70	53,13	27,078	2	$p < 0,001^*$
	Miopía	140	73,18			
	Control	40	35,92			

Tabla 22. Comparación no paramétrica de la estereopsis preoperatoria de los astigmatas altos y miopes altos con el grupo control. La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas en los promedios, lo que implica que la estereopsis inicial era significativamente menor en los astigmatas altos y miopes altos con respecto al grupo control.

Nota:  $K_w$ = estadístico Kruskal-Wallis,  $gl$ = grados de libertad, \*= Estadísticamente significativo.

Para establecer qué grupo de pacientes presentaba diferencias significativas en la estereopsis preoperatoria, se realizaron comparaciones múltiples, reflejadas en la tabla 23, encontrando que los pacientes con miopía alta fue el grupo con peor estereopsis ( $p < 0,001$ ) con una media de 140'' de arco. Los astigmatas altos también presentaban significativamente menor estereopsis que el grupo control ( $p = 0,013$ ). No existieron diferencias significativas entre los miopes altos y los astigmatas altos ( $p = 0,067$ ).

Par de comparaciones	Estadístico de contraste	Error estándar	p
Control-Astigmatismo	17,254	6,067	0,013*
Control-Miopía	-37,261	7,687	<0,001**
Astigmatismo-Miopía	-20	8,762	0,067

Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para comparaciones entre grupos de la estereopsis preoperatoria.

Nota: \*=  $p < 0,05$ , \*\*=  $p < 0,001$ .

**E) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA EN PACIENTES CON ANISOMETROPÍA**

Los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria de los pacientes con y sin anisometropía se muestran en la tabla 24 y se representan en la figura 37.

Los pacientes anisométricos (6,6%) presentaron una estereopsis promedio preoperatoria de 480 ( $\pm$  851,9) segundos de arco, mientras que los no anisométricos (93,3%) tenían una estereopsis promedio de 117 ( $\pm$  248,25) segundos de arco. Dada la dispersión de los datos, el valor de la mediana resultó más representativo de la muestra. De esta manera, el 50% de los pacientes anisométricos (6,6%) presentaron una estereopsis preoperatoria inferior a 100 ( $\pm$  420) segundos de arco, mientras que los no anisométricos (93,3%) tenían una estereopsis mediana de 40 ( $\pm$  77,02) segundos de arco. Se compararon las medianas de ambos grupos y, en términos descriptivos, los pacientes anisométricos tenían estereopsis preoperatorias inferiores al resto, aunque la diferencia no resultó significativa ( $P=0,083$ ).

		Grupos por anisometropía		
		ANISOMETROPÍA	NO ANISOMETROPÍA	P <sup>U</sup>
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA (segundos de arco)</b>	N	6	84	U=117,5 P=0.083
	Media	480	117	
	Desviación estándar	851,9	248,25	
	CV%	177,48	212,18	
	Mediana	100,00	40,00	
	d.m.	420,00	77,02	

	Asimetría	2,207	6,07
	Curtosis	4,89	42,46

Tabla 24. Comparación de la estereopsis preoperatoria entre pacientes anisométricos y no anisométricos.

Nota: CV= coeficiente de variación, d.m.=desviación mediana, P<sup>U</sup> = prueba U de Mann-Whitney para comparación de dos muestras independientes.

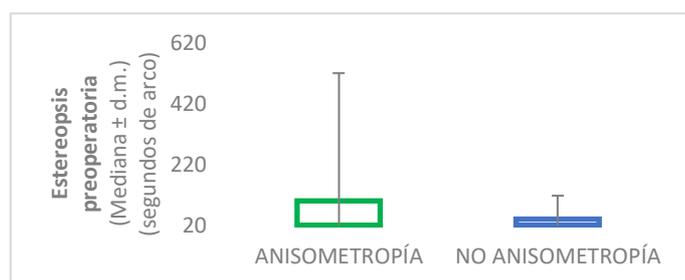


Figura 37. Representación gráfica de la estereopsis preoperatoria por grupos según presencia o no de anisometropía.

En la figura 37 se observa la elevada dispersión de los puntajes de estereopsis preoperatoria en los pacientes con anisometropía y con peores valores de estereopsis. Por otro lado, los no anisométricos mostraron puntajes más homogéneos entre ellos y con puntuaciones que no superan 130 segundos de arco, en la mayoría de los casos.

#### F) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA EN PACIENTES CON AMBLIOPÍA

Los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria de los pacientes con y sin ambliopía se muestran en la tabla 25 y se representan gráficamente en la figura 38. En el análisis comparativo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de estereopsis preoperatoria (P=0,383) entre los pacientes que presentaban ambliopía y los que no.

		Grupos por ambliopía		
		AMBLIOPÍA	NO AMBLIOPÍA	P <sup>U</sup>
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA (segundos de arco)</b>	N	6	84	U= 291,0 P=0,383
	Media	53,33	144,19	
	Desviación estándar	20,66	325,35	
	CV%	38,74	225,64	
	Mediana	40,00	40,00	
	d.m.	13,33	104,2	
	Asimetría	0,968	4,959	
	Curtosis	-1,875	25,875	

Tabla 25. Comparación de la estereopsis inicial entre pacientes ambliópes y no ambliópes. Nota: CV= coeficiente de variación, d.m.= desviación mediana, P<sup>U</sup>= p-valor de la prueba U de Mann-Whitney.

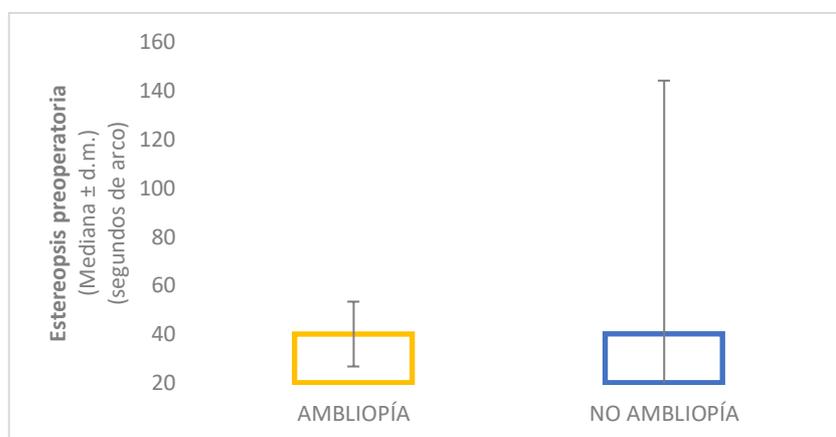


Figura 38. Representación gráfica de la estereopsis por grupos de ambliópes y no ambliópes.

En la figura 38 se observa cómo en los pacientes ambliópes la estereopsis preoperatoria tuvo valores de alrededor de 40" con una baja dispersión

de los puntajes en su entorno. En los pacientes sin ambliopía, la mediana es similar pero los puntajes en este grupo mostraron una dispersión mayor.

**G) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA POR GRUPOS SEGÚN EXPLORACIÓN DE LA MOE**

- o Estereopsis preoperatoria en pacientes con forias

La tabla 26 detalla los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria del grupo de pacientes con forias y del grupo de pacientes con ortoforia. Los mismos datos se representan gráficamente en la figura 39. En el análisis comparativo, no se encontraron diferencias significativas en los valores de estereopsis entre el grupo de pacientes que presentaba forias en la exploración de la MOE y los que tenían ortoforia.

		<b>FORIAS</b>	<b>ORTOFORIA</b>	<b>P<sup>U</sup></b>
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA (segundos de arco)</b>	N	45	38	U= 722,5 P= 0,266
	Media	111,50	143,33	
	Desviación estándar	308,608	321,943	
	CV%	276,78	225,13	
	Mediana	40	40	
	d.m.	71,5	103,13	
	Asimetría	6,178	5,121	
	Curtosis	38,698	28,510	

Tabla 26. Comparación de la estereopsis inicial entre pacientes que presentaron exotropía y los que presentaron ortoforia.

Nota: CV= coeficiente de variación, d.m.=desviación mediana, P<sup>1</sup>=p-valor de la prueba U de Mann-Whitney.

o Estereopsis preoperatoria en pacientes con tropias

Los valores descriptivos de la estereopsis preoperatoria del grupo de pacientes con tropias y del grupo de pacientes con ortoforia se detallan en la tabla 27. Los mismos datos se representan gráficamente en la figura 39. En el análisis comparativo, no se encontraron diferencias significativas en los valores de estereopsis entre el grupo de pacientes que presentaron tropias en la exploración de la MOE y los que presentaban ortoforia.

		TROPIAS	ORTOFORIA	P <sup>U</sup>
<b>ESTEREOPSIS PREOPERATORIA (segundos de arco)</b>	N	7	38	U= 155  P= 0,746
	Media	202,86	143,33	
	Desviación estándar	294,941	321,943	
	CV%	245,7	145,4	
	Mediana	40	40	
	d.m.	162,86	103,13	
	Asimetría	1,822	5,121	
	Curtosis	2,733	28,510	

Tabla 27. Comparación de la estereopsis inicial entre pacientes que presentaron tropias y los que presentaron ortoforia.

Nota: CV= coeficiente de variación, d.m.=desviación mediana, P<sup>U</sup>= p-valor de la prueba U de Mann-Whitney.

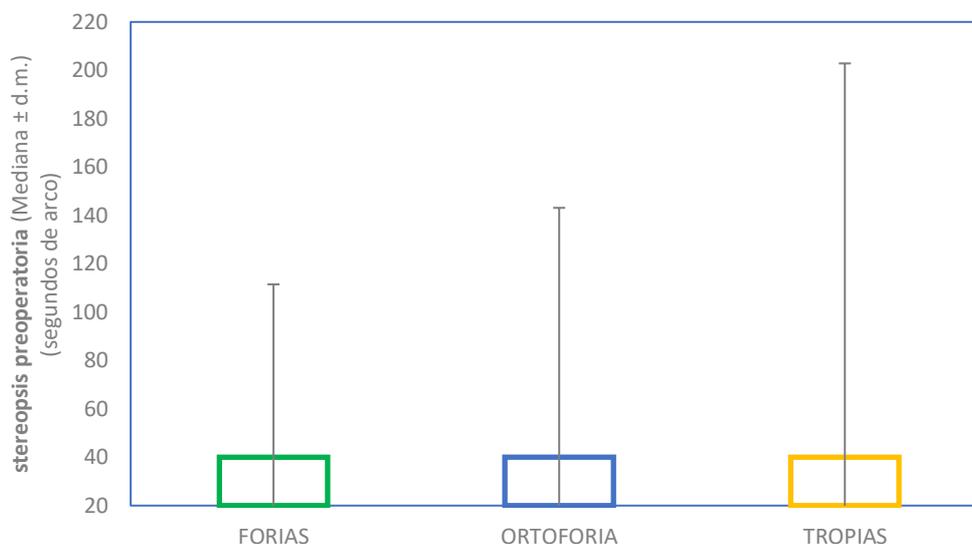


Figura 39. Representación gráfica de la estereopsis preoperatoria en los grupos de forias, tropias y ortoforia.

En la figura 39 se aprecia la similitud de la estereopsis preoperatoria en los grupos de forias, tropias y ortoforia ya que todos presentan el mismo valor mediana (40"). Es importante destacar que la variabilidad de la estereopsis en pacientes con tropias es mayor que en el resto de grupos. Sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre ningunos de los grupos comparados ( $P= 0,746$ ).

#### H) ESTEREOPSIS PREOPERATORIA EN EL PACIENTE CANDIDATO PARA MONOVISIÓN

El paciente candidato para técnica de monovisión presentó una estereopsis preoperatoria de 80 segundos de arco.

#### 4.1.4.2. FUSIÓN Y SUPRESIÓN PREOPERATORIAS

### A) FUSIÓN Y SUPRESIÓN PREOPERATORIA DE LA MUESTRA

En relación a las características sensoriales de la muestra, encontramos que dos pacientes con *exotropia intermitente (X(T))* presentaban supresión lejana debido a que en visión lejana el estrabismo se hacía manifiesto.

El paciente que presentaba *endotropia acomodativa* sólo mostró supresión sin corrección óptica, mientras que con su corrección conseguía la ortotropía y, consecuentemente, la fusión tanto de cerca como de lejos.

Los 87 pacientes restantes, un 96.7% de la muestra, tenían una adecuada fusión tanto de cerca como de lejos. Los datos relacionados con la fusión y la supresión de la muestra se exponen en la tabla 28.

TEST DE WORTH	FRECUENCIA	%
Fusión de lejos	87	96,7%
Supresión de lejos	2 (X(T)) 1 (ET sin corrección)	3,3%
Fusión de cerca	89	98,8%
Supresión de cerca	1 (ET sin corrección)	1,1%

Tabla 28. Frecuencia de fusión y supresión preoperatorias de la muestra.

Nota: X(T)= exotropia intermitente, ET= endotropia.

## **B) FUSIÓN Y SUPRESIÓN PREOPERATORIA EN EL PACIENTE CANDIDATO PARA MONOVISIÓN**

El paciente candidato para monovisión presentó fusión en el test de Worth realizado tanto de cerca como de lejos.

### **4.1.4.3. DOMINANCIA OCULAR EN PACIENTE CANDIDATO PARA MONOVISIÓN**

Se realizó el test del agujero para determinar la dominancia ocular en el paciente candidato a monovisión, evidenciando su ojo izquierdo como ojo fijador.

### **4.1.5. VARIABLES MOTORAS PREOPERATORIAS**

Durante el interrogatorio 4 pacientes conocían la existencia de su estrabismo. Una paciente refirió tener endodesviación desde los 6 años, corregida con el uso de gafas. Los otros 3 pacientes referían exodesviación ocasional en situaciones de cansancio o nerviosismo.

Durante la exploración de la motilidad ocular, 38 pacientes (42,2%) presentaron ortoforia, 45 pacientes tenían exoforia (50%) y 7 pacientes presentaban tropías, de las cuales, una se trataba de una endotropía acomodativa (ETA) (1.1%) y las 6 restantes fueron exotropías intermitentes (6.6%). Estos datos se representan en la figura 40.

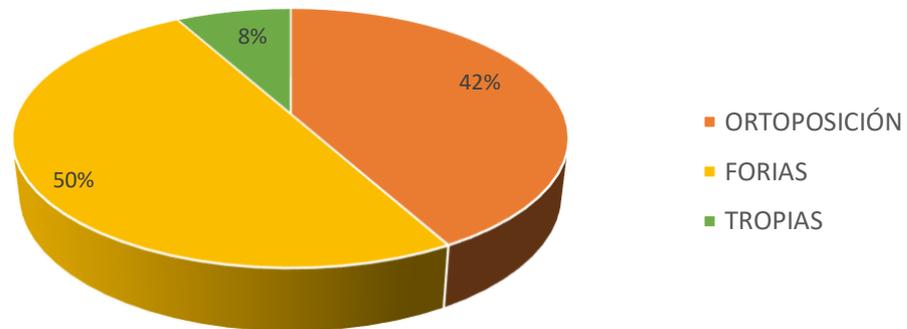


Figura 40. Proporciones de los hallazgos en la exploración de la MOE.

Los resultados promedio y de la desviación estándar de la medición del ángulo de desviación, en dioptrías prismáticas, de los grupos de pacientes que presentaron alteración en la MOE se muestran en la siguiente tabla.

Alteración de la MOE	Medición del ángulo de desviación (dp) (media ± DE)
Exotropia intermitente	15,14 (± 6,042) dp
Endotropia acomodativa	10 dp
Exoforias	7,58 (± 2,78) dp

Tabla 29. Cuantificación del ángulo de desviación en los pacientes con alteraciones en la motilidad ocular extrínseca (MOE).

Nota: dp: dioptrías prismáticas, DE= Desviación Estándar.

#### 4.1.6. TÉCNICA QUIRÚRGICA REFRACTIVA

Un total de 90 pacientes (180 ojos) fueron intervenidos quirúrgicamente mediante cirugía refractiva. Todas las cirugías fueron realizadas por dos cirujanos experimentados. Las cirugías refractivas corneales fueron realizadas por C.A.B., experimentado en las técnicas ablativas de LASIK y PRK, mientras que las cirugías refractivas intraoculares (cirugía de cristalino transparente con implante de LIO) se realizaron por la cirujano M.J.M.

La elección de la técnica refractiva se realizó teniendo en cuenta los criterios expuestos en el apartado de Metodología. De esta manera, la técnica quirúrgica más practicada fue LASIK, realizándose en 80 pacientes (160 ojos), representando al 89% de la muestra y en 9 pacientes (18 ojos) se realizó PRK, representando un 10% del total. La cirugía intraocular con implante de lente intraocular (LIO) bilateral se realizó en sólo un paciente debido a su alta ametropía (OD con EE= -9,875 y OI con EE= -9,00) y un lecho estromal residual de 290  $\mu\text{m}$ . Dicho paciente tenía una edad de 45 años por lo que se le propuso asociar técnica de monovisión, aceptando dicha técnica. Se realizó técnica de monovisión convencional donde el ojo izquierdo (dominante) se programó para la visión lejana (emetropía) y el ojo derecho para la visión cercana (residual miópico en términos de EE de 1.00 D) (Figura 41).

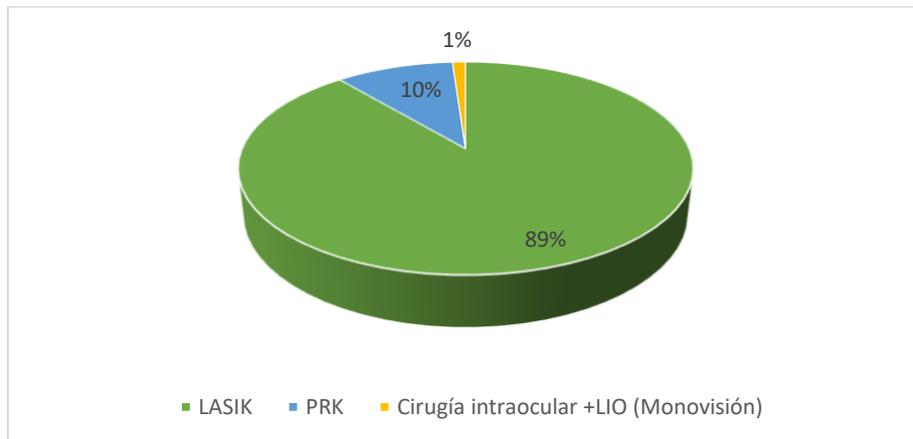


Figura 41. Técnicas quirúrgicas refractivas realizadas en los pacientes del estudio.

## 4.2. EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES TRAS LA CIRUGÍA

### 4.2.1. EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES FUNCIONALES

#### 4.2.1.1. EVOLUCIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL DE LA MUESTRA

Se analizaron los cambios en la agudeza visual con corrección ( $AV_{CC}$ ) preoperatoria comparándola con la agudeza visual sin corrección ( $AV_{SC}$ ) registrada en los diferentes controles tras la cirugía (1 semana, 1 mes y 3 meses). Se observó una reducción estadísticamente significativa respecto a su valor preoperatorio en la primera semana ( $p < 0,001$ ),

mejorando en los controles sucesivos, no presentando cambios significativos en el control de los 3 meses con respecto al preoperatorio ( $p=0,180$ ). Todos los resultados obtenidos se muestran en la tabla 30 y se representan gráficamente en la figura 42.

<b>EVOLUCIÓN DE LA AGUDEZA VISUAL (LogMAR)</b>				
N=180				
VISITA	PREOPERATORIA	1 SEMANA	1 MES	3 MESES
Media	0,04	0,14	0,07	0,05
D.E.	0,08	0,14	0,11	0,09
LIC 95%	0,027	0,115	0,053	0,033
LSC 95%	0,05	0,155	0,086	0,061
P=	-	<0,001*	<0,001*	0,180

Tabla 30. Evolución de la agudeza visual de la muestra tras la cirugía. Nota: D.E.= Desviación Estándar, P= prueba t de Student para comparación de medidas repetidas respecto a visita preoperatoria, LIC=Límite inferior de confianza, LSC=Límite superior de confianza, \*= Estadísticamente significativo.

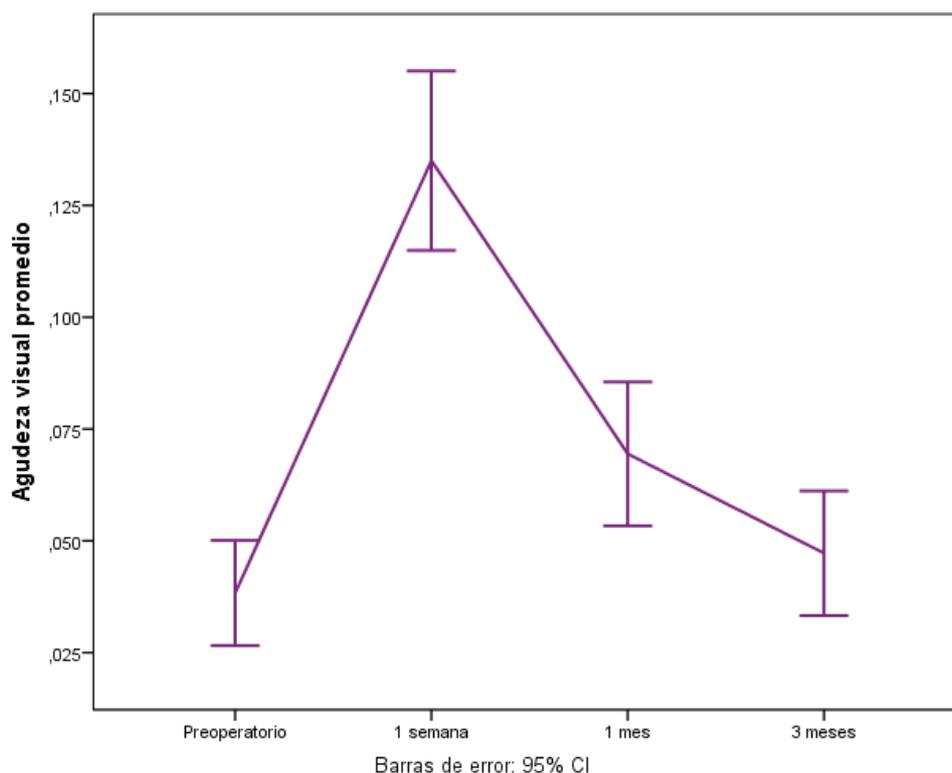


Figura 42. Evolución de la AV (logMAR) tras la cirugía.

Nota: CI= intervalo de confianza.

En la figura 42 se observa la evolución de los pacientes de forma conjunta, los peores valores de agudeza visual se presentan en el primer control postoperatorio (1 semana) y los puntajes de AV presentan mejoría con el tiempo hasta alcanzar los valores de AV preoperatorios en el control del tercer mes en la mayoría de los pacientes.

#### 4.2.1.2. EVOLUCIÓN REFRACTIVA DE LA MUESTRA

Los resultados refractivos se valoraron en relación a los cambios en la esfera, el cilindro y el equivalente esférico (EE) en los distintos controles

postoperatorios (1 semana, 1 mes y 3 meses) y se detallan en las tablas 31, 32 y 33.

En todos los instantes medidos (1 semana, 1 mes y 3 meses) los valores refractivos postoperatorios tuvieron una disminución estadísticamente significativa respecto al valor preoperatorio ( $P < 0,001$  para todas las comparaciones).

En la tabla 31 se detalla la evolución refractiva de la esfera tras la cirugía refractiva y en la figura 43 queda representada gráficamente.

VISITA	PREOPERATORIA	1 SEMANA	1 MES	3 MESES
<b>ESFERA (D)</b> (media $\pm$ DE)	-3,154 $\pm$ 2,87	-0,181 $\pm$ 1,23	-0,168 $\pm$ 0,86	-0,089 $\pm$ 0,811
Diferencia media <sup>1</sup> $\pm$ DE	-	2,973 <sup>a</sup> $\pm$ 2,84	2,986 <sup>a</sup> $\pm$ 3	3,07 <sup>a</sup> $\pm$ 3,10
P=	-	<0,001*	<0,001*	<0,001*

Tabla 31. Resultados refractivos de la esfera.

Nota: D= dioptrías, DE= desviación estándar, P= prueba t de Student para muestras relacionadas respecto a la visita preoperatoria, 1= reducción promedio con respecto al preoperatorio, a= las diferencias tienen una distribución normal  $p > 0,200$  según la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

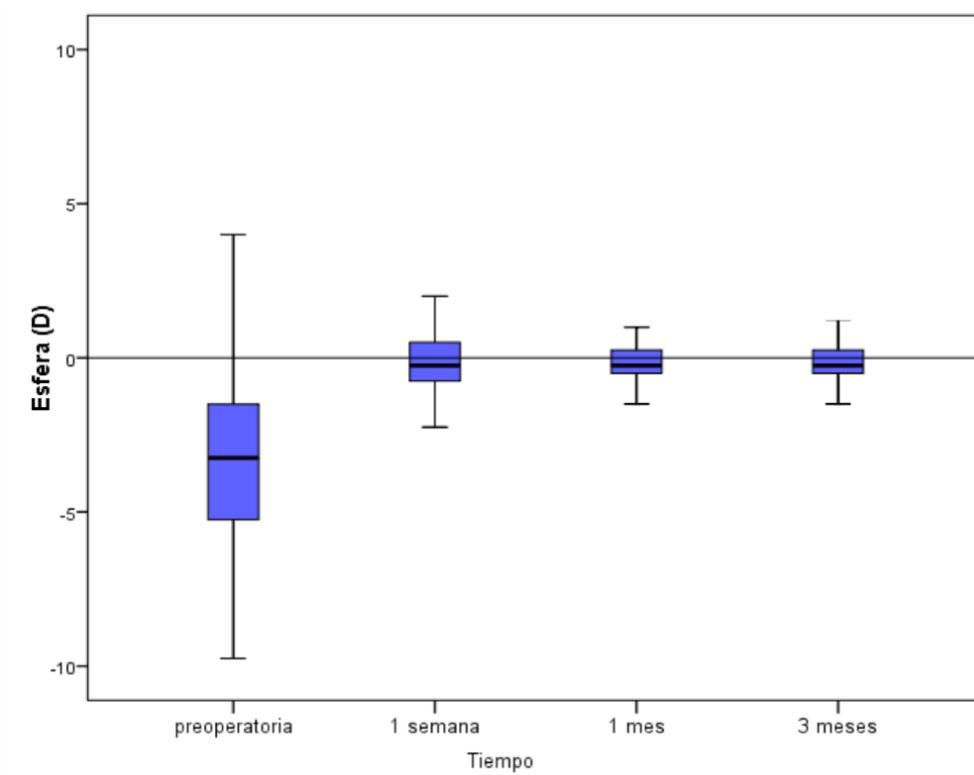


Figura 43. Representación gráfica de la evolución refractiva de la esfera tras la cirugía.

Nota: D= dioptrías, CI= intervalo de confianza.

En la tabla 32 se detalla la evolución refractiva del cilindro tras la cirugía refractiva y en la figura 44 se representa de forma gráfica.

VISITA	PREOPERATORIA	1 SEMANA	1 MES	3 MESES
--------	---------------	----------	-------	---------

<b>CILINDRO (D)</b> (media ± DE)	-2,1 ± 1,699	-0,88 ± 0,813	-0,71 ± 0,639	-0,52 ± 0,56
Diferencia media <sup>1</sup> ± DE	-	1,22 <sup>a</sup> ± 1,72	1,39 <sup>a</sup> ± 1,61	1,578 <sup>a</sup> ± 1,65
P=	-	<0,001	<0,001	<0,001

Tabla 32. Resultados refractivos del cilindro.

Nota: D=dioptrías, DE= desviación estándar, P= prueba t de Student para muestras relacionadas respecto a la visita preoperatoria, 1= reducción promedio con respecto al preoperatorio, a= las diferencias tienen una distribución asintóticamente normal.

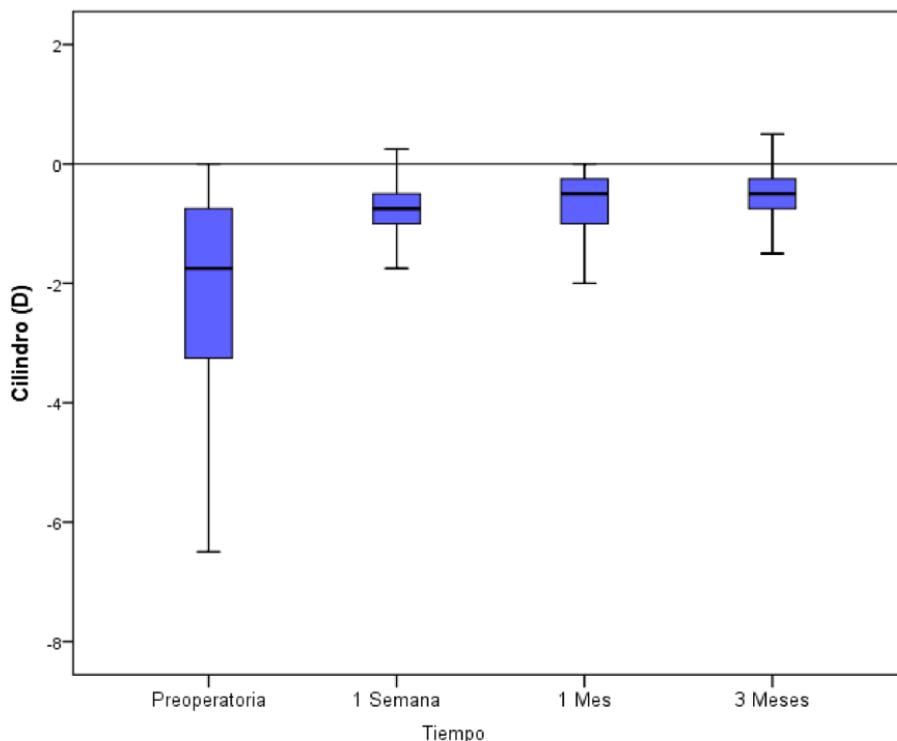


Figura 44. Representación gráfica de la evolución refractiva del cilindro tras la cirugía. Nota: D= dioptrías.

En la tabla 33 se detalla la evolución refractiva del equivalente esférico tras la cirugía refractiva y en la figura 45 se representa gráficamente.

VISITA	PREOPERATORIA	1 SEMANA	1 MES	3 MESES
<b>EE (D)</b> (media ± DE)	-4,2 ± 2,825	-0,621 ± 1,187	-0,524 ± 0,805	-0,351 ± 0,743
Diferencia media <sup>1</sup> ± DE	-	3,584 <sup>a</sup> ± 2,759	3,68 <sup>a</sup> ± 2,561	3,85 <sup>a</sup> ± 2,466
P=	-	<0,001	<0,001	<0,001

Tabla 33. Evolución refractiva del equivalente esférico.

Nota: D=dioptrías, P=prueba t de Student para muestras relacionadas respecto a la visita preoperatoria, 1= reducción promedio con respecto al preoperatorio, a=las diferencias tienen una distribución normal p>0,05 según la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

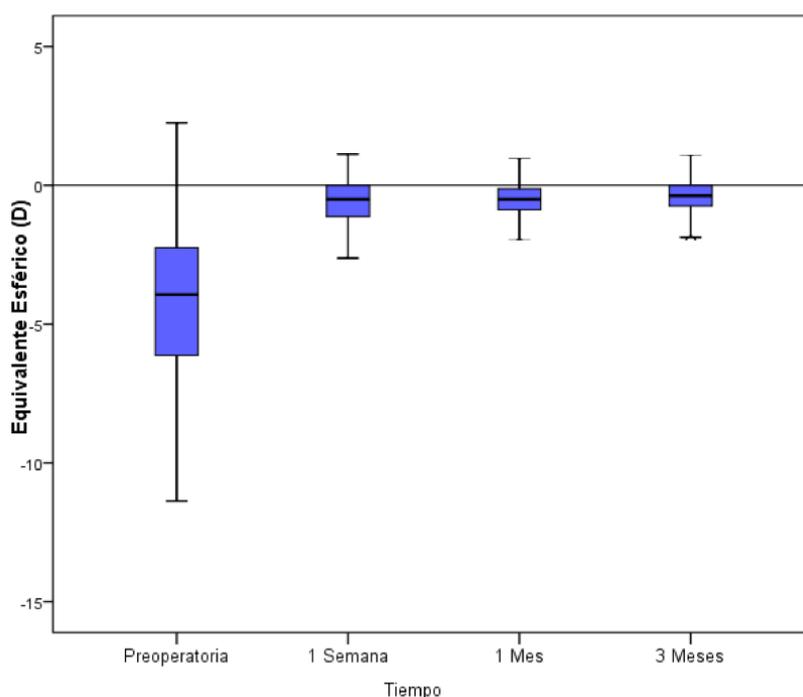


Figura 45. Representación gráfica de la evolución refractiva del equivalente esférico. Nota: D= dioptrías.

## 4.2.2. EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES SENSORIALES

### 4.2.2.1. EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS

### A) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS EN LA MUESTRA

Los valores de estereopsis de la muestra medidos en las distintas visitas postoperatorias se detallan en la tabla 34 y se representan gráficamente en la figura 46. Al examinar los cambios en la estereopsis tras la cirugía se observó un empeoramiento no significativo ( $p= 0,172$ ) de la estereopsis en la primera semana tras la cirugía, recuperándose en las siguientes visitas, mostrando valores de estereopsis significativamente mejores ( $p= 0,042$ ) que las iniciales en el control del tercer mes.

<b>Estereopsis</b> (segundos de arco)				
<b>VISITA</b>	<b>Preoperatoria</b>	<b>1 semana</b>	<b>1 mes</b>	<b>3 meses</b>
<b>Media</b>	137,931	187,7	112,05	82,069
<b>Desviación estándar</b>	314,680	379,36	242,35	124,332
<b>CV%</b>	228	202,12	216,29	151
<b>Mediana</b>	40,000	80	80	40,000
<b>d. m.</b>	97,9310	138,43	85,23	42,0690
<b>Asimetría</b>	4,207	3,853	6,143	5,765
<b>Curtosis</b>	19,757	14,636	43,932	39,341
<b>P</b>		0,172	0,087	0,042*

Tabla 34. Evolución de la estereopsis de la muestra tras la cirugía refractiva en los distintos instantes medidos. Nota: CV= coeficiente de variación, d.m.= desviación mediana, P= p-valor de la prueba de Friedman para la comparación de cada instante con la estereopsis preoperatoria, \* estadísticamente significativo.

La estereopsis presentó puntajes muy dispersos, esto convierte el promedio en una medida inadecuada para representar la evolución de los pacientes después de la cirugía. Como se observa en la figura 46, la mediana muestra que la estereopsis disminuyó ligeramente en la primera

semana tras la cirugía, mejorando significativamente en el control de los tres meses.

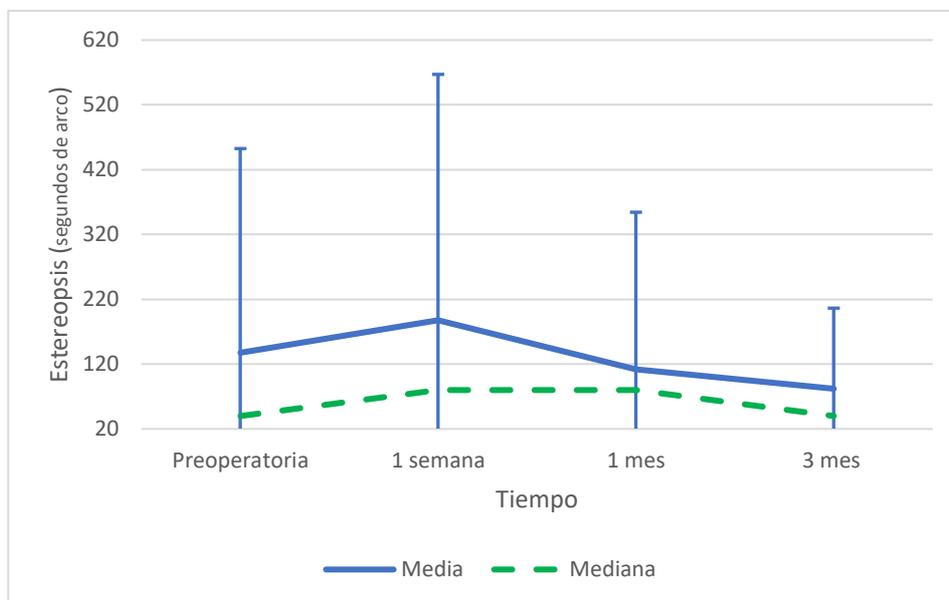


Figura 46. Representación gráfica de la evolución de la estereopsis de la muestra tras la cirugía refractiva en los distintos instantes medidos.

Se evaluó cualitativamente las variaciones registradas en la estereopsis a los 3 meses de la cirugía en términos de *mejoría*, *sin cambios* y *empeoramiento*. Estos datos se representan de forma gráfica en la figura 47. Se observó que un 40% de los pacientes mejoraron sus niveles de estereopsis, un 55,5% no presentó cambios y en un 4,5% (4 pacientes) empeoró su estereopsis tras la cirugía. Tras aplicar la prueba de Friedman y revisar las comparaciones por parejas se comprobó que la mejoría en la estereopsis tras la cirugía fue significativa al nivel de 0,05 ( $p= 0,042$ ).

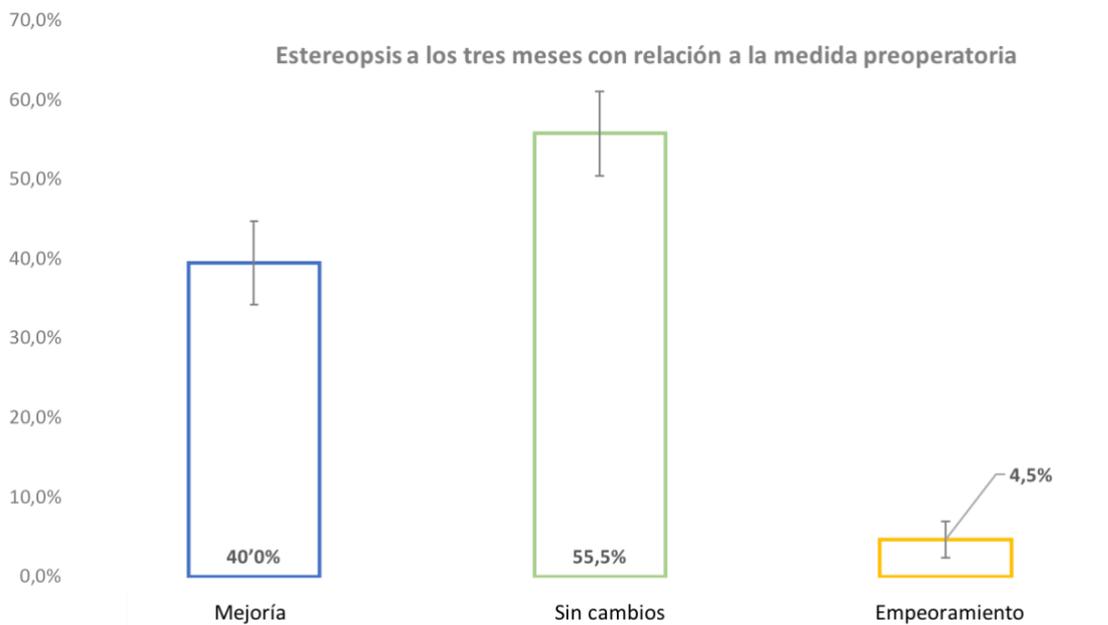


Figura 47. Representación cualitativa de los cambios en la estereopsis, en términos de *mejoría*, *sin cambios* o *empeoramiento*, a los 3 meses de la cirugía de todos los pacientes de la muestra con respecto a la estereopsis preoperatoria.

Observamos que la estereopsis tras la cirugía tuvo un comportamiento similar al que tuvo la agudeza visual, por lo que decidimos realizar un análisis de correlación lineal de Spearman entre ambas variables. Los resultados de dicha correlación se muestran en la tabla 35.

Correlación AV y estereopsis				
	Estereopsis preoperatoria	Estereopsis 1 semana	Estereopsis 1 mes	Estereopsis 3 meses

Rho de Spearman	<b>AVL<sub>CC</sub></b> <b>Preoperatoria</b>	<i>r</i>	,385**	,335**	,455**	,434**
		<i>p</i>	,000	,001	,000	,000
		<i>n</i>	90	90	90	90
	<b>AVL<sub>SC</sub></b> <b>1 semana</b>	<i>r</i>	,195	,460**	,355**	,256*
		<i>p</i>	,067	,000	,001	,015
		<i>n</i>	90	90	90	90
	<b>AVL<sub>SC</sub></b> <b>1 mes</b>	<i>r</i>	,375**	,580**	,571**	,453**
		<i>p</i>	,000	,000	,000	,000
		<i>n</i>	90	90	90	90
	<b>AVL<sub>SC</sub></b> <b>3 meses</b>	<i>r</i>	,432**	,545**	,583**	,523**
		<i>p</i>	,000	,000	,000	,000
		<i>n</i>	90	90	90	90

Tabla 35. Correlación lineal de Spearman entre las variables agudeza visual y estereopsis.

Nota: AV= Agudeza visual, AVL<sub>CC</sub>= Agudeza visual lejana con corrección, AVL<sub>SC</sub>= Agudeza visual lejana sin corrección, *r*= valor de la prueba Rho de Spearman, *p*= *p*-valor de la prueba Rho de Spearman, *n*= número de pacientes, \*\*= estadísticamente significativo a nivel de 0,001.

Se observó correlación significativa entre los valores de estereopsis y la agudeza visual. En todos los casos la correlación fue positiva y significativa, lo que indica que a mayor agudez visual, mayor estereopsis.

En la siguiente figura se muestra como la agudeza visual y la estereopsis cambian a lo largo del tiempo, observando comportamientos similares tras el postoperatorio.

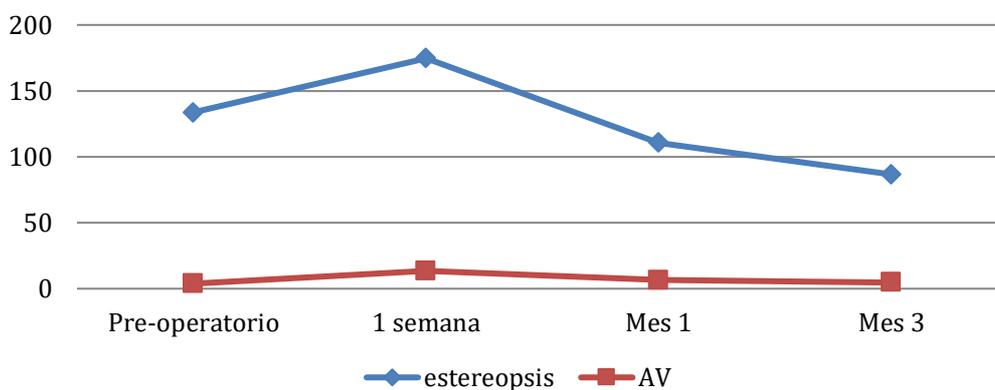


Figura 48: Representación gráfica de la correlación entre agudeza visual y estereopsis. La AV se expresa en logMAR y la estereopsis en segundos de arco en el mismo eje.

### B) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS SEGÚN TIPO DE AMETROPÍA

Al analizar la evolución de la estereopsis tras la cirugía en los pacientes miopes, hipermétropes y astigmatas en los distintos instantes de tiempo medidos tras la cirugía, observamos que en los pacientes con astigmatismo hubo una mejoría significativa ( $p=0,010$ ) de la estereopsis a los tres meses de la cirugía mientras que, en los pacientes con miopía las puntuaciones de estereopsis no presentaron cambios significativos con relación al valor preoperatorio ( $p=0,167$ ). El grupo de hipermétropes quedó excluido del análisis comparativo al estar compuesto sólo por 2 pacientes, no siendo comparable. Estos datos se detallan en la tabla 36 y se representan en la figura 49.

**Estereopsis**

(segundos de arco)				
VISITA	Preoperatoria (mediana ± d.m)	1 semana (mediana ± d.m)	1 mes (mediana ± d.m)	3 meses (mediana ± d.m)
<b>Astigmatismo</b>	60 ± 101,94	60 ± 88	40 ± 28,5	40 ± 21,1
<b>P<sup>1</sup>=</b>		0,093	0,289	0,010*
<b>Miopía</b>	40 ± 83,33	80 ± 196,8	50 ± 126,9	40 ± 74,8
<b>P<sup>2</sup>=</b>		0,194	0,345	0,167
<b>Hipermetropía<sup>a</sup></b>	420	600	400	140

Tabla 36. Evolución de la estereopsis tras la cirugía según tipo de ametropía. Nota: a= se excluye de las comparaciones, d.m=desviación mediana, P<sup>1</sup>= prueba de comparación de muestras pareadas de Friedman de cada instante con la estereopsis preoperatoria en pacientes con astigmatismo, P<sup>2</sup>= prueba de comparaciones por pares de Friedman de cada instante con la estereopsis preoperatoria en pacientes con miopía, \*= estadísticamente significativo.

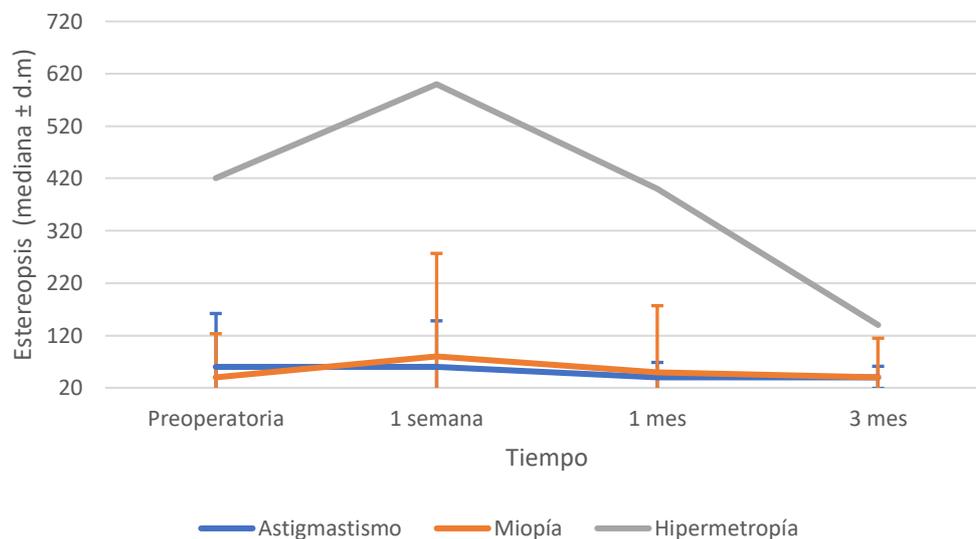


Figura 49. Representación gráfica de la evolución de la estereopsis tras la cirugía refractiva según el tipo de ametropía.

Al evaluar los cambios en la estereopsis en términos cualitativos (mejoría, sin cambios y empeoramiento) encontramos que un 60% de los pacientes miopes y un 53% de los astigmatas no registraron cambios en la estereopsis tras la cirugía. La proporción de pacientes que experimentó mejoría fue un 38,9% de los miopes, un 40% de los astigmatas y un 50% (1 paciente) de los hipermétropes. El 1,9% de los miopes (1 paciente), el 6,7% de los astigmatas (2 pacientes) y el 50% (1 paciente) de los hipermétropes registraron empeoramiento de la estereopsis tras la cirugía. Se aplicó la prueba de independencia de Xi-Cuadrado  $\chi^2_{(2)}$  para determinar si los cambios en la estereopsis estaban relacionados con el tipo de ametropía resultando un valor de  $\chi^2_{(gl=2)} = 1,376$ , no siendo significativo ( $p = 0,520$ ), por lo que no se puede afirmar que los cambios en la estereopsis estén relacionados con el tipo de ametropía. Estos datos se representan gráficamente en la figura 50.

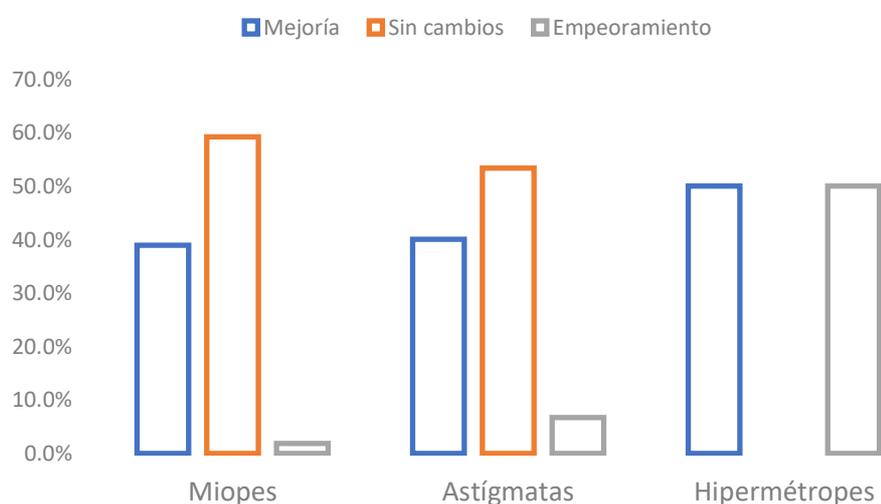


Figura 50. Representación cualitativa de los cambios en la estereopsis, en términos de mejoría, sin cambios o empeoramiento, a los 3 meses tras la cirugía con respecto a la estereopsis preoperatoria según los grupos de ametropías.

### **C) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS POR GRUPOS SEGÚN EQUIVALENTE ESFÉRICO**

Se estudió el comportamiento de la estereopsis tras la cirugía en los siguientes grupos según el valor del equivalente esférico: grupo de ametropías leves y moderadas ( $EE < 6$ ) y grupo de ametropías altas ( $EE \geq 6$ ). Encontramos que en ambos grupos la estereopsis se reducía de forma estadísticamente no significativa en la primera semana tras la cirugía, recuperándose a partir del primer mes, obteniendo valores de estereopsis mejores que los preoperatorias al tercer mes en ambos grupos, aunque sólo fue una mejoría estadísticamente significativa ( $P = 0,002$ ) en el grupo de ametropías altas ( $EE \geq 6$ ).

En todos los instantes medidos la estereopsis de los amétropes altos fue significativamente menor ( $P < 0,001$ ). Estos datos están reflejados en la tabla 37 y representados en la figura 51.

	Estereopsis (mediana $\pm$ d.m.)
--	----------------------------------

<b>EQUIVALENTE ESFÉRICO</b>	Preoperatoria	1 semana	1 mes	3 meses
<b>Bajo (&lt;6)</b> 71,27 %	40,00 ± 57,40	60 ± 85,23	40 ± 41,25	40,00 ± 51,75
P <sup>1</sup> =	-	0,163	0,507	0,094*
<b>Alto (≥6)</b> 28,73 %	100,00 ± 200,83	110 ± 266,67	70 ± 142,5	60,00 ± 209,17
P <sup>2</sup> =	-	0,520	<0,001*	0,002*
P <sup>3</sup> =	<0,001*	<0,001*	<0,001*	0,001*

Tabla 37. Evolución de la estereopsis tras la cirugía en los grupos de pacientes con ametropías leves-moderadas (EE<6) y con ametropías altas (EE≥6).

Nota: P<sub>1</sub> = Prueba de comparaciones por pares de Friedman de cada instante postoperatorio con la estereopsis preoperatoria en el grupo de EE < 6, P<sub>2</sub>= Prueba de comparaciones por pares de Friedman de cada instante postoperatorio con la estereopsis preoperatoria en el grupo de EE ≥ 6, P<sub>3</sub>= Prueba U de Mann Whitney para comparación entre los grupos de EE ≥6 o <6.

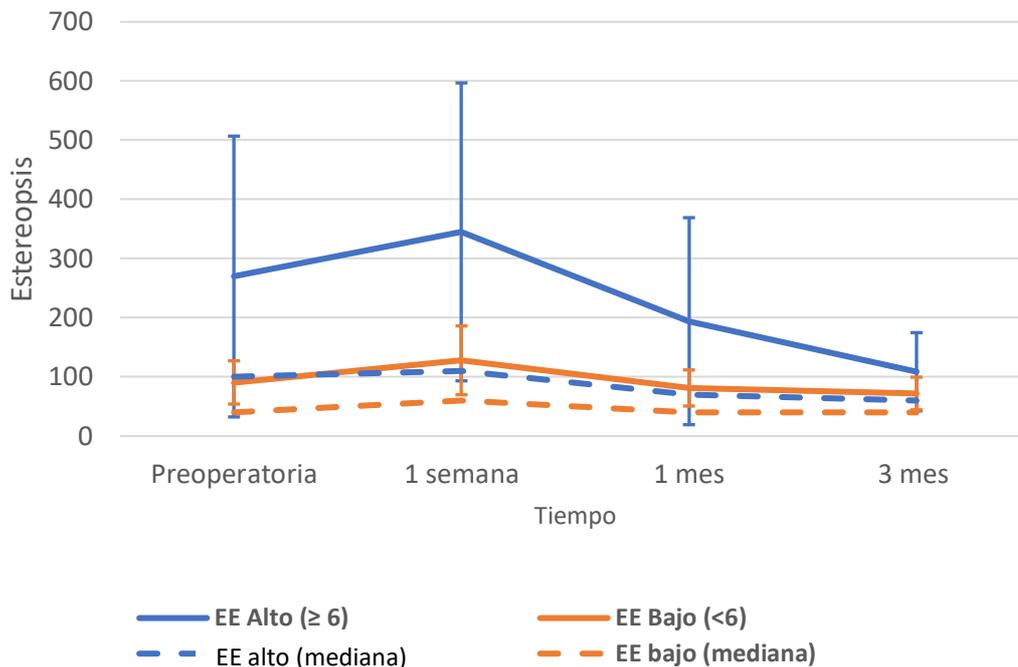


Figura 51. Evolución de la estereopsis tras la cirugía en los distintos instantes medidos entre los pacientes con ametropías leves y moderadas ( $EE < 6$ ) y pacientes con ametropías altas ( $EE \geq 6$ ).

Nota: EE= equivalente esférico.

En la siguiente tabla se muestran los detalles descriptivos de la estereopsis final (al tercer mes de la cirugía refractiva) de los grupos de ametropías leves-moderadas ( $EE < 6$ ) y ametropías altas ( $EE \geq 6$ ). Al comparar la estereopsis encontramos que el grupo de ametropías altas ( $EE \geq 6$ ) presentaba estereopsis postoperatorias significativamente más bajas ( $p=0,005$ ).

		GRUPOS POR EQUIVALENTE ESFÉRICO		
		EE < 6	EE ≥ 6	P <sup>U</sup>
<b>ESTEREOPSIS AL 3 MES</b>	N	62	24	U= 520,5 P=0,005
	Media	72,74	103,46	
	Desviación estándar	111,2	151,07	
	CV%	152%	154%	
	Mediana	40,00	60,00	
	d.m.	51,75	209,17	
	Asimetría	5,32	4,24	
	Curtosis	31,99	19,63	

Tabla 38. Valores descriptivos de la estereopsis final (al tercer mes de la cirugía refractiva) en pacientes con ametropías leves y moderadas (EE < 6) y pacientes con ametropías altas (EE ≥ 6). Nota: P<sup>U</sup>= Prueba U de Mann-Whitney .

Para conocer el efecto real de la cirugía sobre ambos grupos, se ha tenido que eliminar el efecto de que el grupo de amétropes altos (EE ≥ 6) partía de peor valor preoperatorio de estereopsis. Para ello se comparó la diferencia entre la estereopsis preoperatoria y a los tres meses entre ambos grupos de EE, usando la prueba U de Mann Whitney. Se encontró diferencias significativas (U= 520,5; p= 0,005) en los cambios en la estereopsis tras la cirugía entre ambos grupos. En el análisis cualitativo, en términos de *mejoría*, *sin cambios* y *empeoramiento* de la estereopsis tras la cirugía, encontramos que los amétropes altos se beneficiaron más de la cirugía en términos de estereopsis, mejorando sus valores en el 68% de los pacientes, mientras que en el grupo de ametropías bajas (EE <6) sólo un 29,2 % presentó mejoría en su nivel de estereopsis. Por otro lado, un 3,1% (2 pacientes) de los amétropes bajos y un 8% (2 pacientes) de los amétropes altos mostraron empeoramiento en su estereopsis tras la cirugía. La relación entre la mejoría de la estereopsis tras la cirugía según

el tipo de ametropía (alta o leve-moderada) fue estadísticamente significativa según la prueba Xi-Cuadrado de Pearson ( $\chi^2_{(2)} = 8,45; p = 0,011$ ). Estos datos se muestran de forma gráfica en la siguiente figura:

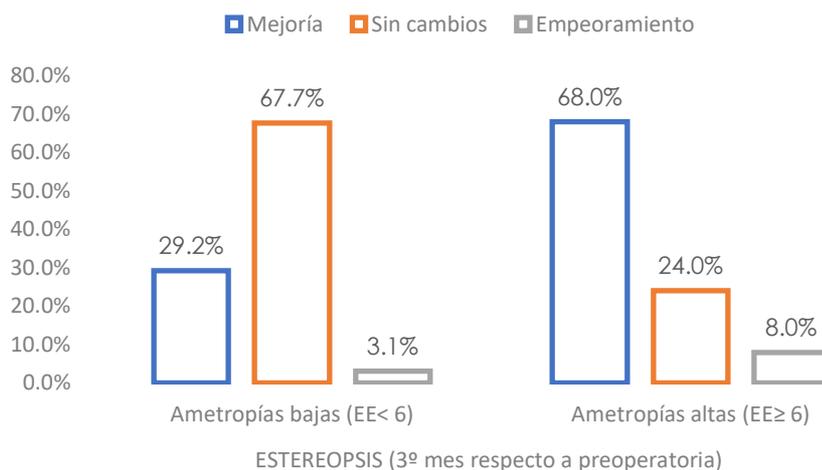


Figura 52. Representación cualitativa de los cambios en la estereopsis en términos de *mejoría*, *sin cambios* o *empeoramiento*, a los 3 meses tras la cirugía con respecto a la estereopsis preoperatoria según los grupos de ametropías altas ( $EE \geq 6$ ) y ametropías bajas ( $EE < 6$ ).

Se aplicó la prueba de independencia de Xi-Cuadrado  $\chi^2_{(gl=2)}$  para determinar si los cambios en la estereopsis estaban relacionados con el valor del equivalente esférico, resultando un valor de  $\chi^2_{(2)}=13,974$ , siendo significativo ( $p=0,001$ ), por lo que se puede afirmar que los cambios en la estereopsis tras la cirugía refractiva están relacionados con el grado de equivalente esférico, mejorando significativamente la estereopsis de los pacientes con equivalentes esféricos preoperatorios altos.

#### **D) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS POR GRUPOS DE AMETROPÍAS ALTAS**

Se estudió el comportamiento de la estereopsis tras la cirugía en las distintas visitas postoperatorias en los grupos de pacientes con ametropías altas: miopes altos, astígmatas altos e hipermétropes altos. El grupo de hipermétropes altos estuvo compuesto por un único individuo por lo que quedó excluido del análisis de datos. En la tabla 39 y la figura 53 se muestran estos datos. Encontramos que, tanto el grupo de astígmatas como el de miopes, mejoraron su estereopsis al tercer mes tras la cirugía, pero solamente en los miopes altos fue significativo ( $p= 0,002$ ). Sin embargo, el paciente con alta hipermetropía sufrió un empeoramiento de la estereopsis ya que en todos los controles postquirúrgicos mostró ausencia de la misma.

<b>AMETROPÍA</b>	<b>Estereopsis preoperatoria</b>	<b>Estereopsis 1 semana</b>	<b>Estereopsis 1 mes</b>	<b>Estereopsis 3 meses</b>
------------------	----------------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------------

	(mediana ± d.m)	(mediana ± d.m)	(mediana ± d.m)	(mediana ± d.m)
<b>Astigmatas altos</b>	60 ± 34,78	80 ± 109,17	50 ± 103,33	40 ± 25,22
<b>P1=</b>	-	0,599	0,479	0,072
<b>Miopes altos</b>	100 ± 288	100 ± 260	60 ± 72.67	60 ± 64.67
<b>P2=</b>	-	0,289	0,118	0,002*
<b>Hipermétrope alto<sup>a</sup></b>	800	No tuvo	No tuvo	No tuvo

Tabla 39. Evolución de la estereopsis tras la cirugía en los grupos por ametropía alta. Nota: a= excluido del análisis de datos al constar de un sólo individuo, d.m= desviación mediana, P<sub>1</sub> = Prueba de comparaciones por pares de Friedman de cada instante postoperatorio con la estereopsis preoperatoria en el grupo de astigmatas altos, P<sub>2</sub>= Prueba de comparaciones por pares de Friedman de cada instante postoperatorio con la estereopsis preoperatoria en el grupo de miopes altos, \*= estadísticamente significativo.

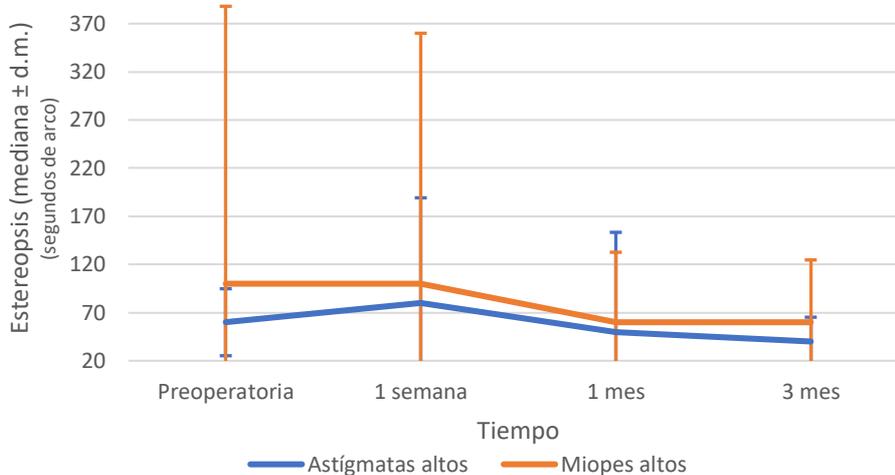


Figura 53. Evolución de la estereopsis tras la cirugía en grupos por ametropías altas: astigmatas altos y miopes altos.

En la tabla 40 se muestran los valores descriptivos de la estereopsis al tercer mes de los pacientes con ametropías altas (miopes altos, astigmatas altos e hipermétropes altos) y del grupo con ametropías leves-

moderadas que se usó como control para el análisis comparativo. Los miopes altos presentaron una estereopsis media postoperatoria al tercer mes de 155'' de arco, los astigmatas de 180'' de arco, mientras que el grupo de ametropías leves-moderadas presentaba una estereopsis media de 67''.

		GRUPOS DE AMETROPÍAS			
		Miopes altos	Astigmatas altos	Hipermétrope alto	Control amétropes leves-moderados
<b>Estereopsis al 3 mes</b>	n	11	20		57
	Media ('' de arco)	155	180	No tuvo	67
	Desviación estándar	219	438		112
	CV%	141%	243%		168%
	Mediana ('' de arco)	80	40	No tuvo	40
	d.m.	99	140		27
	Asimetría	3,031	4,192		5,682
	Curtosis	9,554	18,109		34,783

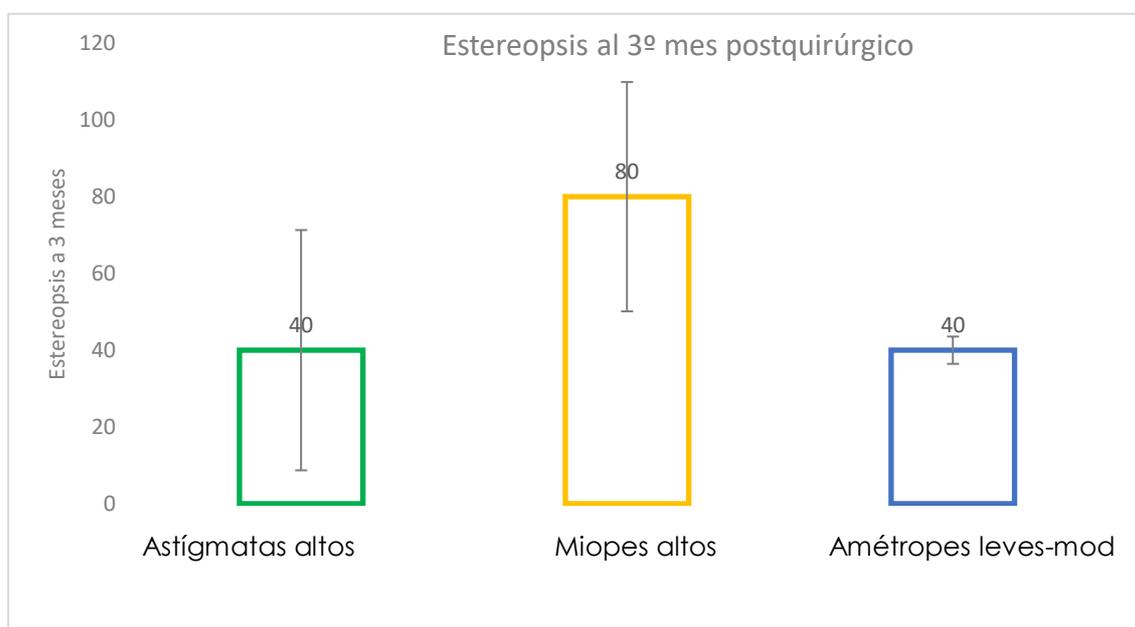
Tabla 40. Valores descriptivos de la estereopsis final (al tercer mes de la cirugía refractiva) en pacientes con ametropías altas y ametropías leves-moderadas.

Notas: '' de arco= segundos de arco.

En la siguiente figura se representan los valores de estereopsis (mediana) al tercer mes de la cirugía en los grupos de pacientes astigmatas altos, miopes altos y amétropes leves-moderados, pudiendo observar como los

miopes altos tuvieron peor estereopsis que el resto al tercer mes de la cirugía.

Figura 54. Diagrama de cajas de la estereopsis al tercer mes de los pacientes con ametropías altas (miopes altos, astígmatas) y del grupo con ametropías



leves-moderadas.

Se analizó el comportamiento de la estereopsis tras la cirugía de los pacientes con ametropías altas (miopes altos, astígmatas altos e hipermétropes altos) y se comparó con el comportamiento de la estereopsis del grupo de ametropías leves-moderadas. Estos datos se muestran en la tabla 41. El grupo de hipermétropes altos quedó excluido del análisis comparativo al estar compuesto por sólo 1 paciente, no siendo, por tanto, comparable. Se encontró que los pacientes con miopía alta tuvieron estereopsis postoperatorias significativamente peores que el resto ( $p < 0,001$ ). Los astígmatas altos también presentaban menor

estereopsis que el grupo control, pero no fueron diferencias significativas ( $p= 0,013$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas en la estereopsis a los tres meses de la cirugía entre los miopes altos y los astigmatas altos ( $p= 0,067$ ).

Par de comparaciones	Estadístico de contraste	Error estándar	p
Control-Astigmatismo	12,875	5,545	0,061
Control-Miopía	-31,188	7,026	<0,001**
Astigmatismo-Miopía	-18,314	8,008	0,067

Tabla 41. Prueba de Kruskal-Wallis entre grupos de ametropías altas (astigmatismo alto y miopía alta) y grupo control para el valor de los cambios en la estereopsis al tercer mes con respecto a la estereopsis preoperatoria.

Nota: \*\*=  $p<0,001$ .

Para conocer el efecto de la cirugía sobre los grupos de miopes altos y astigmatas altos, se realizó un análisis cualitativo, en términos de mejoría, sin cambios y empeoramiento de la estereopsis tras la cirugía. Estos datos se representan gráficamente en la figura 55. Encontramos que los miopes altos se beneficiaron más de la cirugía en términos de estereopsis, mejorando sus valores en el 80,0% de los pacientes, mientras que en el grupo de astigmatismo alto sólo un 45,5 % presentó mejoría en su nivel de estereopsis, sin embargo, estas diferencias no resultaron significativas ( $p= 0,067$ ). El porcentaje de pacientes sin cambios en el grupo de miopes altos fue de 20% y en el de astigmatismo alto el 50% no registraron cambios. Para verificar si los cambios de la estereopsis a los 3 meses tras la cirugía estaban relacionados con la presencia de miopía alta o astigmatismo alto se calculó la prueba de Xi-Cuadrado de Pearson para

tablas de contingencia, no habiendo suficiente evidencia para confirmar la relación ( $\chi^2_{(2)} = 4,59; p = 0,101$ ).

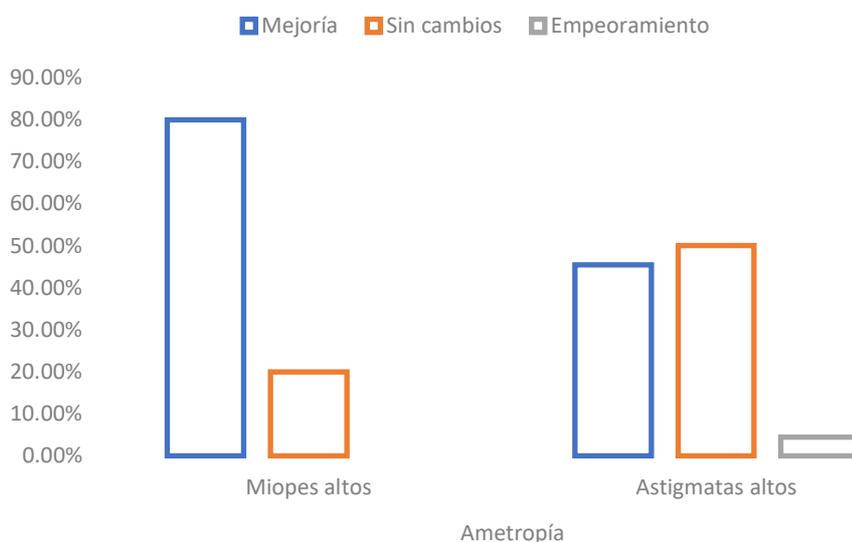


Figura 55. Representación cualitativa, en términos de mejoría, sin cambios y empeoramiento, de los cambios en la estereopsis a los 3 meses tras la cirugía con respecto a la estereopsis preoperatoria en los grupos de ametropías altas, miopes altos y astigmatas altos.

### E) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS EN PACIENTES CON ANISOMETROPÍA

Se estudió el comportamiento de la estereopsis tras la cirugía en los grupos de pacientes con anisometropía y sin ella en los distintos instantes postoperatorios. Encontramos que en el grupo de anisométricos mejoró la estereopsis al mes y al tercer mes de la cirugía sin ser estadísticamente significativa la mejoría. En el grupo de pacientes no anisométricos también se objetivó una mejoría de la estereopsis, siendo significativa al tercer mes de la cirugía ( $p = 0,002$ ). Cuando se compararon los valores de estereopsis en cada visita entre ambos grupos, se encontró que los

anisométricos tuvieron valores de estereopsis finales inferiores al resto de forma significativa ( $p= 0,034$ ). Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

ANISOMETROPÍA	Estereopsis (mediana $\pm$ d.m.)			
	Preoperatoria	1 semana	1 mes	3 meses
<b>Si</b> (n=6) 6,5%	100 $\pm$ 420	100 $\pm$ 412	80 $\pm$ 164	60 $\pm$ 168
P <sup>1</sup> =	-	0,327	0,391	0,668
<b>No</b> (n=84) 93,5%	40 $\pm$ 77,02	80 $\pm$ 121,9	40 $\pm$ 65,1	40 $\pm$ 33,66
P <sup>2</sup> =	-	0,053	0,069	0,002*
P <sup>3</sup> =	0,083	0,122	0,011*	0,034*

Tabla 42. Evolución de la estereopsis en los distintos instantes tras la cirugía en pacientes anisométricos y no anisométricos.

Nota: D.m=desviación mediana, P<sup>1</sup>= prueba de comparación por parejas de Friedman entre el postoperatorio y el valor preoperatorio en pacientes con anisometropía, P<sup>2</sup>= prueba de comparación por parejas de Friedman entre el postoperatorio y el valor preoperatorio en pacientes sin anisometropía, P<sup>3</sup> prueba de comparaciones U de Mann Whitney entre grupos con o sin anisometropía, \*= estadísticamente significativo.

En la figura 56 se representan gráficamente los valores de estereopsis en los distintos instantes de tiempo medidos en los grupos con y sin anisometropía.

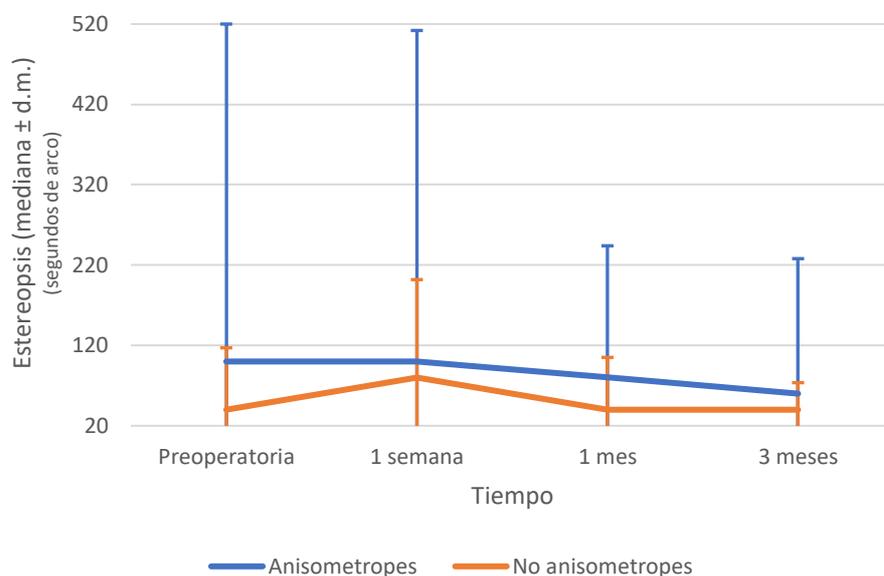


Figura 56. Representación de los valores de estereopsis en los distintos instantes de tiempo medidos de los pacientes con anisometropía y sin anisometropía.

En la figura 56 se aprecia la enorme dispersión de la estereopsis en los pacientes anisométricos, especialmente en los valores preoperatorios y a la semana de la cirugía. En los pacientes no anisométricos, las puntuaciones variaron de forma moderada alrededor de la mediana, con mejores puntuaciones en todos los momentos de tiempo con respecto a los no anisométricos.

### F) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS EN PACIENTES CON AMBLIOPÍA

La evolución de la estereopsis tras la cirugía en los pacientes con y sin ambliopía se detalla en la tabla 43. Al analizar los cambios en la

estereopsis tras la cirugía en el grupo de pacientes ambliopes se observó que no hubo cambios significativos en ninguno de los momentos medidos ( $p=0,112$ ) con respecto al valor preoperatorio. En los pacientes que no presentaron ambliopía, se observó una disminución significativa ( $p=0,037$ ) a la semana de la cirugía, recuperándose al mes para, al tercer mes, presentar mejor estereopsis que al inicio de forma significativa ( $p=0,001$ ). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en el valor de estereopsis registrado en ninguno de los controles.

AMBLIOPÍA	Estereopsis (segundos de arco) (mediana $\pm$ d.m.)				Prueba de Friedman
	Preoperatoria	1 semana	1 mes	3 meses	P1=
Si (n=6)	40 $\pm$ 13,33	40 $\pm$ 20	40 $\pm$ 6,67	40 $\pm$ 8	0,112
No (n=84)	40 $\pm$ 104,2	80 $\pm$ 146,02	40 $\pm$ 76,83	40 $\pm$ 44,15	<0,001*
P2=	-	0,037*	0,064	0,001*	
P3=	0,383	0,125	0,409	0,873	

Tabla 43. Evolución de la estereopsis tras la cirugía en los distintos instantes medidos en los pacientes con y sin ambliopía.

Nota: d.m.=desviación mediana, P1=prueba de Friedman para medidas repetidas, P2= comparaciones por parejas entre la estereopsis inicial y los demás instantes de tiempo en los pacientes que no presentaron ambliopía. P3=prueba de comparaciones U de Mann Whitney entre grupos con o sin ambliopía, \*= estadísticamente significativo.

En la figura 57 se representan gráficamente los valores de estereopsis en los distintos instantes de tiempo medidos en los grupos con y sin ambliopía. En ella se puede apreciar que la estereopsis en pacientes ambliopes no presentó variaciones importantes tras la cirugía. Los pacientes sin

ambliopía registraron, de forma general, una disminución de la dispersión de la estereopsis en cada medición realizada a la semana, al mes y a los tres meses de la cirugía y presentaron mejor estereopsis al tercer mes que la preoperatoria.

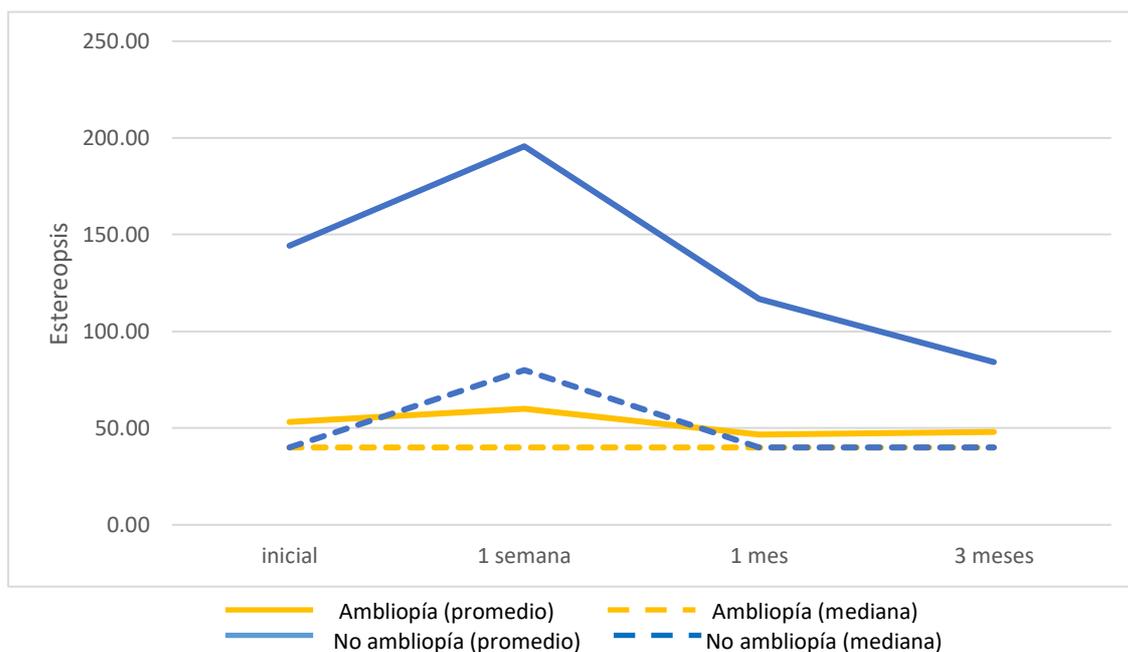


Figura 57. Representación de la evolución de la estereopsis tras la cirugía en los distintos instantes medidos en los pacientes con y sin ambliopía.

**G) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS POR GRUPOS SEGÚN LA EXPLORACIÓN DE LA MOE**

Los cambios en la estereopsis registrados en los diferentes grupos según la presencia de forias, tropias u ortoforia, en las distintas visitas

postoperatorias se detallan en la tabla 44 y se representan de forma gráfica en la figura 58.

	Estereopsis (mediana $\pm$ d.m.)				Prueba de Friedman
	Preoperatoria	1 semana	1 mes	3 meses	P <sup>1</sup> =
<b>Forias</b>	40 $\pm$ 71,5	60 $\pm$ 124	40 $\pm$ 52,25	40 $\pm$ 51,1	0,078
<b>Tropias</b>	40 $\pm$ 162,86	50 $\pm$ 362,5	50 $\pm$ 300	50 $\pm$ 87,5	0,163
<b>Ortoforia</b>	40 $\pm$ 103,3	80 $\pm$ 86,19	40 $\pm$ 27,32	40 $\pm$ 19,51	0,125
P <sup>2</sup> =	0,980	0,539	,0607	0,144	

Tabla 44. Evolución de la estereopsis en grupos de forias, tropias y ortoforia.

Nota: P<sup>1</sup>= prueba de Friedman para medidas repetidas, P<sup>2</sup>= prueba de Kruskal Wallis para la comparación de estereopsis entre grupos de diagnóstico.

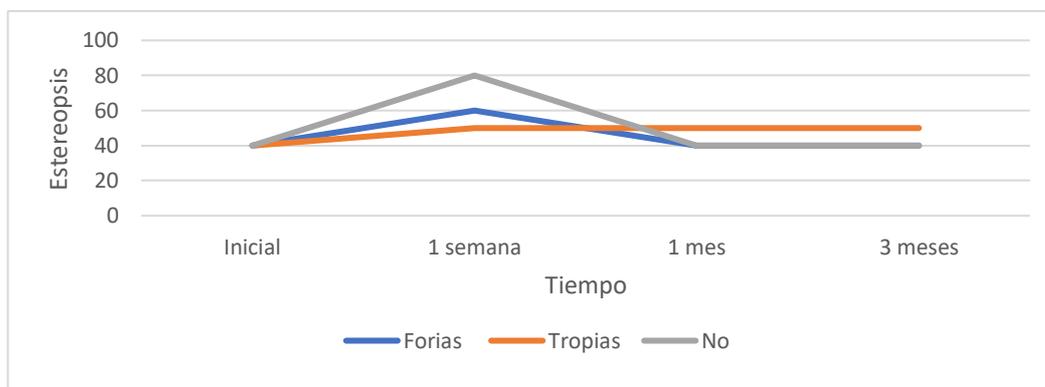


Figura 58. Representación gráfica de la evolución de la estereopsis en grupos de forias, tropias y ortoforia.

### H) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS EN PACIENTE SOMETIDO A MONOVISIÓN

La estereopsis lograda en los distintos instantes tras la cirugía por el paciente sometido a monovisión se expone en la tabla 45. La cirugía de

cristalino transparente se realizó de forma diferida, realizando en primer lugar la cirugía del ojo dominante (ojo izquierdo) y una semana después la del ojo no dominante (ojo derecho). Durante el intervalo entre cirugías el paciente mostró ausencia de estereopsis que se recuperó tras la cirugía del segundo ojo.

	<b>Estereopsis en paciente sometido a CCT+ Monovisión</b> (segundos de arco)			
Preoperatoria	1 semana tras la cirugía OI	1 semana tras la cirugía OD	1 mes	3 meses
80''	No estereopsis	200''	140''	140''

Tabla 45. Evolución de la estereopsis en el paciente sometido a cirugía de cristalino transparente (CCT) asociada a monovisión.

Nota: OI= ojo izquierdo, OD= ojo derecho.

## I) EVOLUCIÓN DE LA ESTEREOPSIS SEGÚN LA TÉCNICA QUIRÚRGICA REFRACTIVA EMPLEADA

Los valores promedio y de la mediana de la estereopsis registrada en los distintos instantes medidos en los distintos grupos según la técnica quirúrgica realizada se reflejan en la tabla 46 y se representan gráficamente en la figura 59. La cirugía intraocular de cristalino transparente con implante de LIO se realizó en un único paciente por lo que no se incluyó en el análisis comparativo de datos.

EVOLUCIÓN ESTEREOPSIS SEGÚN TÉCNICA QUIRÚRGICA REFRACTIVA							
	PRK N= 9			LASIK N= 78			CCT+ LIO+ Mono visión α N=1
	Media	Mediana	d.m.	Media	Mediana	d.m.	
<b>Estereopsis preoperatoria</b>	257,78	40,00	217,78	148,97	60,00	107,3	60
<b>1SEMANA: estereopsis</b>	626,67	400,00	484,44	132,82	60,00	86,84	200
<b>1MES: estereopsis</b>	120,00	60,00	77,78	106,15	40,00	65,32	140
<b>3MESES: estereopsis</b>	74,44	40,00	34,44	77,05	40,00	37,05	140

Tabla 46. Evolución de la estereopsis según la técnica refractiva realizada.

Nota: CCT: Cirugía de Cristalino Transparente, d.m.=desviación mediana, α= la cirugía intraocular con implante de LIO sólo se realizó en un paciente, por lo que es descartada para las comparaciones.

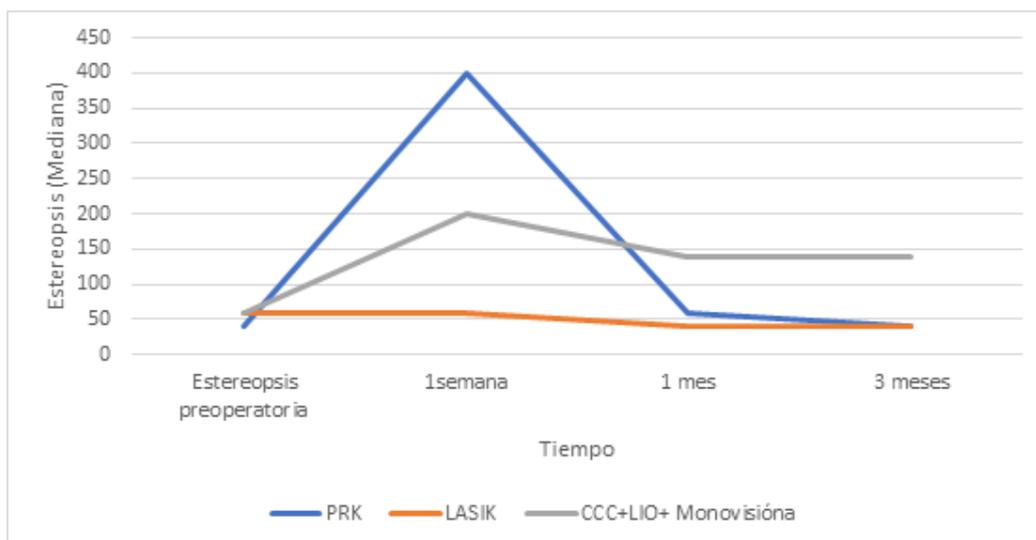


Figura 59. Evolución de la estereopsis tras la cirugía según la técnica refractiva realizada.

Se realizó un análisis comparativo de los valores de estereopsis registrados en cada instante según la técnica quirúrgica realizada. Estos valores están detallados en la tabla 47.

<b>Estereopsis</b> (segundos de arco)					
Técnica	Preoperatoria (mediana ±d.m.)	1 semana (mediana ±d.m.)	1 mes (mediana ±d.m.)	3 meses (mediana ±d.m.)	Prueba de Friedman
<b>LIO</b> (n=1)	60	200	140	140	
<b>PRK</b> (n=9)	40±217,78	400±484,44	60±77,78	40±34,44	P<0,001
P <sup>1</sup> =	-	0,004*	0,361	0,927	
<b>LASIK</b> (n=88)	60±107,34	60±86,84	40±65,32	40±37,05	P<0,001
P <sup>2</sup> =	-	0,264	0,009*	<0,001*	
P <sup>3</sup> =	0,045*	<0,001*	0,316	0,285	

Tabla 47. Tabla comparativa de los cambios en la estereopsis registrados tras la cirugía según la técnica quirúrgica.

Nota: P1=probabilidad asociada a prueba de comparaciones de Friedman entre estereopsis inicial y cada instante de tiempo con PRK, P2=probabilidad asociada a prueba de comparaciones de Friedman entre estereopsis inicial y cada instante de tiempo con LASIK, P3=prueba de Kruskal Wallis para comparaciones entre grupos de PRK y LASIK.

Los resultados indicaron que los pacientes a los que se les realizó PRK partían de estereopsis preoperatorias significativamente mejores. Tras la cirugía, registraron un empeoramiento significativo de la estereopsis en la primera semana ( $p= 0,004$ ), que se recuperó en las siguientes visitas, presentando valores de estereopsis discretamente mejores que al inicio, aunque la mejoría no fue significativa ( $p= 0,927$ ).

En los pacientes operados con LASIK, los cambios significativos se evidenciaron a partir del primer mes, registrando mejoría significativa de la estereopsis al mes ( $p= 0,009$ ) y a los tres meses ( $p=0,001$ ) con relación al valor preoperatorio. Estas afirmaciones se hacen con una confianza del 99%.

El paciente operado mediante cirugía de cristalino transparente con implante de LIO y aplicando monovisión presentó una disminución de la estereopsis en todos los instantes postoperatorios medidos. El paciente quedó excluido del análisis comparativo entre técnicas al ser un único individuo.

Al comparar la estereopsis entre las técnicas PRK y LASIK, se observó que las diferencias significativas se registraron en los valores preoperatorios

( $p= 0,045$ ) y en los registrados a la semana de la cirugía ( $p> 0,01$ ). Sin embargo, a partir del mes de la operación las técnicas reportaron niveles similares de estereopsis, sin existir diferencias significativas en los cambios en la estereopsis entre las técnicas de LASIK y PRK ( $p= 0,285$ ).

#### 4.2.2.2. EVOLUCIÓN DE LA FUSIÓN Y SUPRESIÓN

##### A) EVOLUCIÓN DE LA FUSIÓN Y SUPRESIÓN DE LA MUESTRA

Dos pacientes sufrieron cambios en los resultados del test de Worth tras la cirugía. Uno de ellos fue el paciente candidato para monovisión, al que se le dedica un apartado exclusivo mas adelante. El otro fue el paciente con endotropia acomodativa que presentó supresión del ojo derecho al aparecer un ángulo de desviación endotrópica residual tras la cirugía. El resto de pacientes no sufrieron cambios tras la cirugía. Al analizar los cambios en la fusión tras la cirugía no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

TEST DE WORTH	Preoperatorio	1 semana	1 mes	3 meses	P
<b>FUSIÓN DE LEJOS</b>	87 pacientes	86 pacientes	86 pacientes	87 pacientes	0,5
<b>SUPRESIÓN DE LEJOS</b>	2 (X(T)) 1 (ETA sin corrección)	2 (X(T)) 1 (ETA residual) # 1 (Monovisión)*	2 (X(T)) 1 (ETA residual) # 1 (Monovisión)*	2 (X(T)) 1 (ETA residual) #	
<b>FUSIÓN DE CERCA</b>	88 pacientes	87 pacientes	87 pacientes	88 pacientes	1
<b>SUPRESIÓN DE CERCA</b>	1 (ETA sin corrección)#	1 (ETA residual)# 1 (Monovisión)*	1 (ETA residual) # 1 (Monovisión)*	1 (ETA residual) #	

Tabla 48. Evolución de la fusión y la supresión preoperatorias de la muestra.

Nota: \* El paciente con monovisión alternaba momentos de fusión y supresión tanto de cerca como de lejos en las visitas de la semana y al mes de la cirugía. En el control de los 3 meses presentaba fusión, # El paciente con ETA experimentó supresión del OD tras la cirugía.

## B) EVOLUCIÓN DE LA FUSIÓN Y SUPRESIÓN EN EL PACIENTE CON MONOVISIÓN

En el test de Worth el paciente con monovisión presentó momentos de supresión alternados con momentos de fusión tanto de cerca como de lejos en los controles de la primera semana y al mes. En la visita de los 3 meses mostró fusión tanto de cerca como de lejos. Estos datos se muestran en la tabla 49.

	Fusión en paciente sometido a CCT+ Monovisión			
Preoperatoria	1 semana tras la cirugía OI	1 semana tras la cirugía OD	1 mes	3 meses
Fusión	Supresión del OD	Fusión/supresión	Fusión/supresión	Fusión

Tabla 49. Evolución de la fusión en el paciente sometido a cirugía de cristalino transparente (CCT) asociado a monovisión.

Nota: OI= ojo izquierdo, OD= ojo derecho.

### 4.2.3. EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES MOTORAS

Al evaluar la estabilidad motora se consideró descompensación significativa cuando la modificación era mayor o igual a 5 dioptrías prismáticas.

Todos los pacientes que presentaban alguna alteración en la exploración prequirúrgica de la MOE fueron sometidos a la técnica quirúrgica de LASIK. La asignación de los pacientes a una técnica u otra no tuvo ninguna relación con los resultados de la MOE, sino que se realizó teniendo en cuenta las características morfológicas de la córnea, las exigencias profesionales o, cuando eran candidatos para ambas técnicas, por elección del paciente. Por ello no se hace ningún análisis comparativo de la evolución de las variables motoras tras la cirugía entre las diferentes técnicas quirúrgicas.

Los resultados de la exploración motora en las distintas visitas postoperatorias mostraron que los pacientes que presentaban ortoforia no sufrieron ningún tipo de modificación tras la cirugía, todos permanecieron en ortoforia tras la misma. Los pacientes que en la visita preoperatoria mostraron alteración en la exploración de la motilidad ocular extrínseca se detallan a continuación.

#### **4.2.3.1. EVOLUCIÓN DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN EN PACIENTES CON FORIAS**

De los 45 pacientes con exoforia, 5 sufrieron modificación del ángulo, aunque ninguno resultó ni clínica ni estadísticamente significativo ( $p=0,183$ ). Los valores promedio de las modificaciones en las desviaciones oculares se muestran en la tabla 50.

FORIAS		
Desviación (DP) preoperatoria (media ± DE)	Desviación (DP) postoperatoria (media ± DE)	P* =
7,58 ± 2,78	7,72 ± 2,69	0,180

Tabla 50. Modificación del ángulo de desviación ocular en los pacientes con forias. Nota: \*= Test de Wilcoxon.

En la siguiente tabla se detallan los cambios refractivos y motores de cada uno de los pacientes con forias que sufrieron modificaciones en el ángulo de desviación tras la cirugía refractiva.

Pacientes con FORIAS						
N° correspondiente en la figura 60	Refracción Preoperatoria EE (dioptrías)		Desviación preoperatoria	Desviación postoperatoria	Refracción Postoperatoria EE (dioptrías)	
	OD	OI			OD	OI
<b>2</b>	-3,00	-3,125	4 dp	6 dp	-0,50	-0,50
<b>6</b>	-2,00	-1,50	4 dp	6 dp	-0,25	-0,625
<b>10</b>	-4,875	-4,625	6 dp	8 dp	-0,25	+0,25
<b>36</b>	-6,375	-8,125	10 dp	12 dp	-1,00	-0,75
<b>43</b>	-5,50	-4,75	12 dp	10 dp	-0,125	+0,00

Tabla 51. Cambios refractivos y motores en los pacientes con forias que presentaron modificación del ángulo de desviación ocular tras la cirugía refractiva.

Nota: N°= número de paciente correspondiente a la figura 60, EE= equivalente esférico, OD= ojo derecho, OI= ojo izquierdo.

En la figura 60 se representan de forma gráfica las variaciones en el ángulo de desviación tras la cirugía de los pacientes que presentaban forias en la exploración de la motilidad ocular.

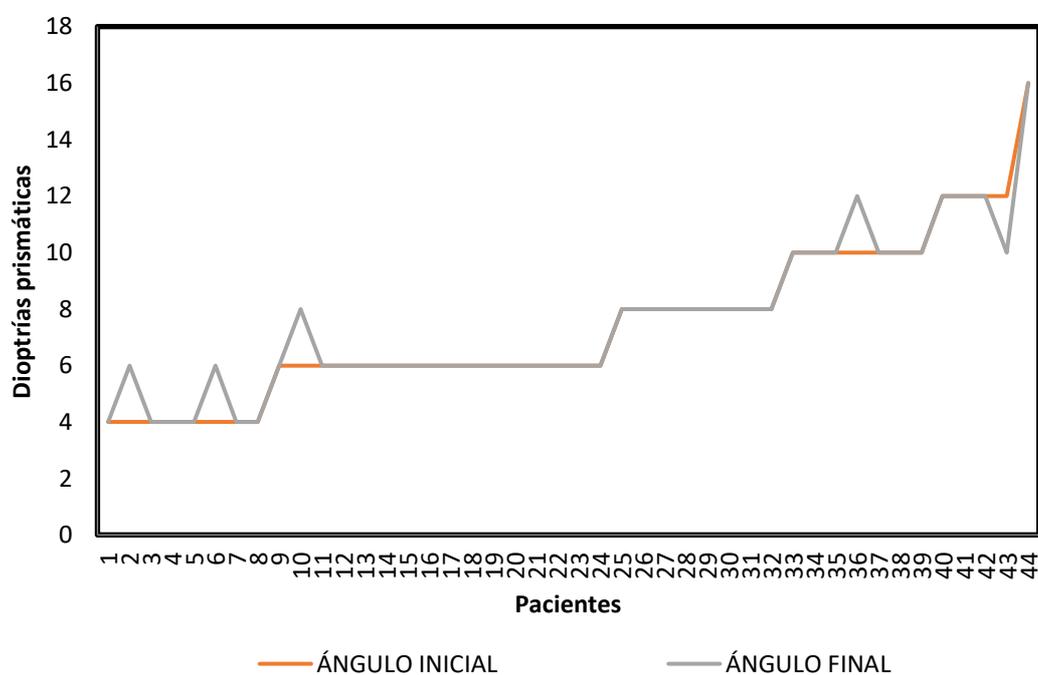


Figura 60. Representación gráfica de la modificación del ángulo de desviación (en dioptrías prismáticas) tras la cirugía refractiva en todos los pacientes con forias.

#### 4.2.3.2. EVOLUCIÓN DEL ÁNGULO DE DESVIACIÓN EN PACIENTES CON TROPIAS

Los pacientes con tropias mostraron una reducción del ángulo de desviación tras la cirugía aunque dicha disminución fue marginalmente significativa ( $p= 0,102$ ).

Los valores promedio de los cambios en las desviaciones tras la cirugía en el grupo de pacientes con tropias se muestran en la tabla 52 y se detallan de forma individual en la tabla 53. Todos los pacientes con tropias que sufrieron un cambio en el ángulo de desviación presentaron un defecto residual refractivo hipermetrópico. En la tabla 53 también se recogen las refracciones preoperatorias y las refracciones residuales tras la cirugía en los pacientes en los que se modificó el ángulo de desviación.

TROPIAS		
Desviación (DP) preoperatoria (media $\pm$ DS)	Desviación (DP) postoperatoria (media $\pm$ DS)	P* =
16,57 $\pm$ 6,18	14,14 $\pm$ 5,19	0,102

Tabla 52. Modificación del ángulo de desviación ocular en los pacientes con tropias. Nota: \* Test de Wilcoxon.

Pacientes con TROPIAS							
Tipo de tropia	Nº en figura 61	Refracción Preoperatoria EE (dioptrías)		Desviación preoperatoria	Desviación postoperatoria	Refracción Postoperatoria EE (dioptrías)	
		OD	OI			OD	OI
X(T)	1	-1,75	-4,75	25 dp	20 dp	+0,75	+1,125
	2	-5,25	-6,25	25 dp	18 dp	+0,625	+0,875

<b>ETA</b>	7	+4,75	+6,375	10 dp	5 dp	+3,125	+2,125
------------	---	-------	--------	-------	------	--------	--------

Tabla 53. Cambios refractivos y motores en los pacientes con tropías que presentaron modificación del ángulo de desviación ocular tras la cirugía refractiva. Nota: N°= número de paciente correspondiente a la figura 61, EE= equivalente esférico, OD= ojo derecho, OI= ojo izquierdo, X(T)= exotropía intermitente, ETA= endotropía acomodativa.

En la figura 61 se representan gráficamente las modificaciones de los ángulos de desviación de los pacientes con tropías.

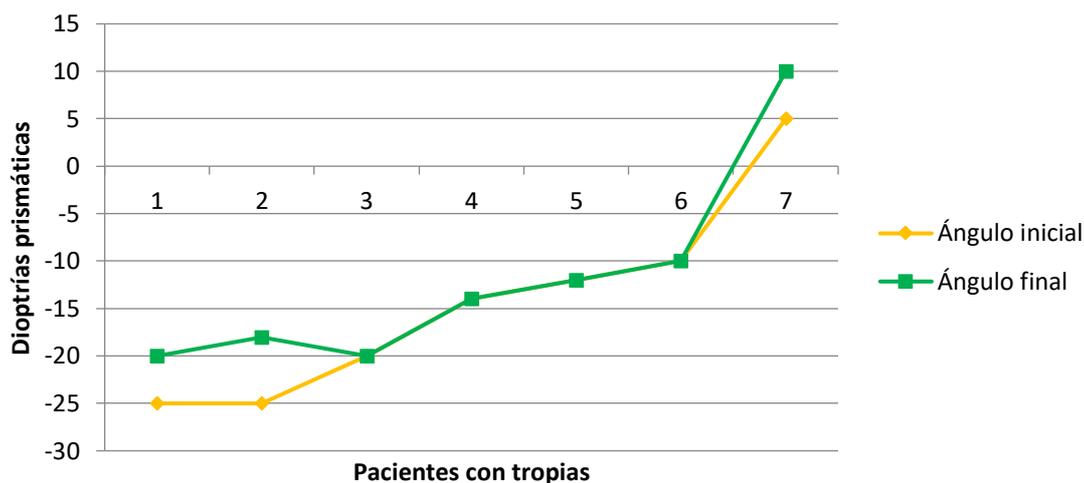


Figura 61. Variación del ángulo de desviación en pacientes con estrabismo previo a la cirugía.

Nota: Los números 1 y 2 corresponden a los pacientes con exotropía intermitente y el número 7 al paciente con endotropía acomodativa. Para la representación gráfica se consideraron dioptrías prismáticas negativas para las exodesviaciones y positivas para las endodesviaciones.

Se hizo un análisis comparativo de las modificaciones en el ángulo de desviación tras la cirugía entre el grupo de pacientes con forias y el de pacientes con tropias, encontrando diferencia significativa entre ambos ( $p= 0,003$ ) siendo más frecuente, tanto en frecuencia como en amplitud, la modificación del ángulo en el grupo de pacientes con tropias. Estos datos se reflejan en la tabla 54.

ÁNGULO DE DESVIACIÓN					
	FORIAS		TROPIAS		P=
	Pre-CR (media ± DE)	Post- CR (media ± DE)	Pre-CR (media ± DE)	Post- CR (media ± DE)	
Dioptrías prismáticas	7,58 ± 2,78	7,72 ± 2,69	16,57 ± 6,18	14,14 ± 5,19	0,003

Tabla 54. Modificación del ángulo de desviación tras la cirugía en los grupos de forias y tropias.

Nota: DE=desviación estándar, P= probabilidad asociada con la prueba de comparaciones de Wilcoxon.

En la siguiente figura se detalla el porcentaje de pacientes que sufrió cambios en el ángulo de desviación según la cantidad de modificación del ángulo medido en dioptrías prismáticas en los pacientes con forias y los pacientes con tropias. Los pacientes con forias mostraron cambios no superiores a  $\pm 2$  dioptrías, mientras que los pacientes con tropias mostraron diferencias de hasta 7 dioptrías. A pesar de los cambios en el ángulo, ningún paciente refirió sintomatología binocular tras la cirugía tipo dolor de cabeza, mareo, irritación ocular al fijar la mirada o diplopia.

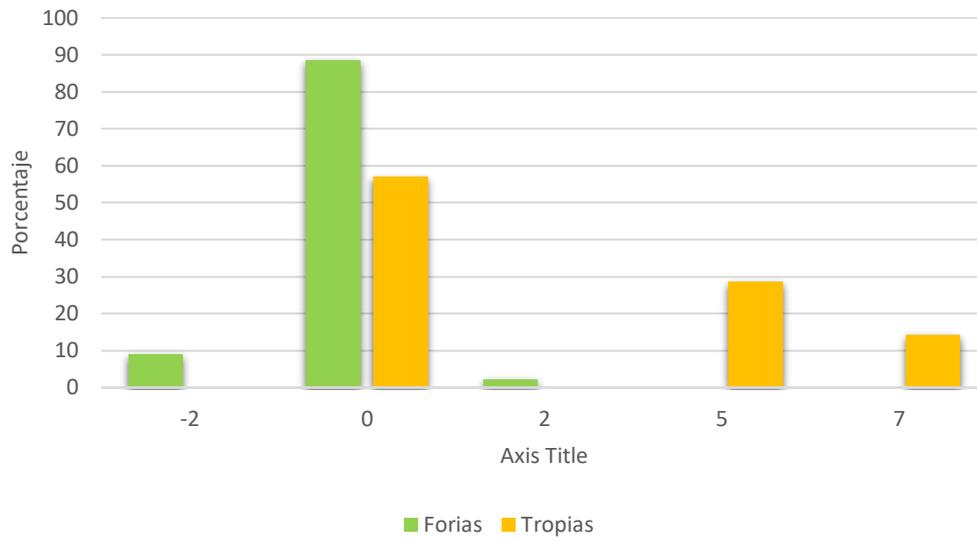


Figura 62. Proporción de pacientes que sufrió cambios en el ángulo de desviación según el grado de modificación en pacientes con tropias y en pacientes con forias.

Nota: El signo negativo (-) en el valor de dioptrías prismáticas significa que empeoró el ángulo de desviación, es decir, aumentó. El signo (+) significa que mejoró el ángulo de desviación, es decir, disminuyó.



## 5. DISCUSIÓN



La popularización de la cirugía refractiva es cada vez más extensa en todas sus modalidades, tanto los procesos quirúrgicos corneales como los procedimientos intraoculares. Aunque se trata de técnicas seguras y eficaces, como toda intervención quirúrgica, no están exentas de riesgos y complicaciones.

Muy poco se ha escrito sobre la cirugía refractiva y sus posibles efectos en la visión binocular. Afortunadamente, son pocos los casos reportados en la literatura de estrabismo y diplopía tras cirugía refractiva. Sin embargo, aunque se trate de complicaciones infrecuentes, son muy limitantes para el paciente e incluso incapacitantes en algunos casos como la diplopia. Además, no debemos olvidar que la cirugía refractiva tiene como objetivo mejorar la calidad de vida del paciente, mejorando su rendimiento visual, por lo que una complicación de este tipo anularía por completo la finalidad de dicha cirugía. Por ello, con el presente trabajo hemos tratado de clarificar los efectos de la cirugía refractiva en la visión binocular y resaltar la importancia de realizar una correcta exploración sensoriomotora preoperatoria para detectar posibles factores de riesgo que podrían inducir no sólo estrabismos y diplopía sino cualquier alteración en la binocularidad que redujese la calidad de vida del paciente.

Los resultados de nuestro trabajo aportan gran cantidad de información sobre las modificaciones en el estado sensorial y motor de los pacientes tras ser sometidos a diferentes técnicas de cirugía refractiva. Aunque consideramos que la importancia de esta tesis radica principalmente en destacar la necesidad de incorporar y aplicar al protocolo estandarizado de exploración preoperatoria del paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva una exploración sensorial y motora ocular. De esta

manera, se podrán detectar los factores de riesgo que podrían inducir complicaciones sensorio-motoras, catalogar el nivel de riesgo y, en función de éste, informar al paciente de las expectativas de la cirugía. Por ello, en el último apartado de esta discusión proponemos un protocolo ampliado de exploración preoperatoria para cirugía refractiva con el que podríamos evitar complicaciones para el paciente y frustraciones para el cirujano.

### **5.1. DISCUSIÓN SOBRE EL DISEÑO DEL ESTUDIO**

El presente trabajo es un estudio observacional, longitudinal y prospectivo con un periodo de seguimiento de 3 meses, cuyo objetivo principal fue evaluar la modificación de la alineación ocular y de los parámetros sensoriales de la visión binocular en pacientes sometidos a cirugía refractiva. La duración del seguimiento podría ser la principal limitación de nuestro estudio, ya que se trata de un seguimiento a corto plazo, por lo que algunas de las complicaciones a largo plazo observadas tras la cirugía refractiva, que pudieran afectar a los parámetros sensorio-motores evaluados en nuestro estudio, no estarían siendo detectadas.

Una de las complicaciones tardías de la cirugía refractiva es la regresión de los errores refractivos, especialmente en el caso de la hipermetropía, donde se ha visto una regresión significativa a los 2 años, especialmente con PRK. Los mecanismos de la regresión no están del todo definidos, aunque se han propuesto la hiperplasia epitelial y causas biomecánicas de la remodelación corneal como posibles etiologías (Spadea *et al.*, 2006). En otros casos, la regresión de la hipermetropía observada, tanto

después de la técnica de PRK como tras el LASIK, está relacionada con los diferentes componentes de la hipermetropía y sus variaciones con el transcurso de la vida (Kowal *et al.*, 2005). Con el paso de los años, debido a la pérdida de la capacidad de acomodación, la hipermetropía latente (hipermetropía corregida debido al tono fisiológico del músculo ciliar evidenciable exclusivamente bajo cicloplejia) tiende a hacerse manifiesta (máximo valor de dioptrías positivas que permite mantener la mejor agudeza visual del paciente) (Zamora Barrios *et al.*, 2007), por lo que la hipermetropía tiende a ser cada vez más evidente y sintomática con el tiempo. Estos cambios en la hipermetropía junto con la disminución de la amplitud acomodativa con la edad podrían generar molestias astenópicas en el paciente a medio y largo plazo tras la cirugía, e incluso podrían conllevar alteraciones motoras si las reservas fusionales no son suficientes para compensar la hipermetropía y mantener la ortoforia. Este hecho fue documentado por Shippman y colaboradores estudiando la evolución de la endotropía acomodativa en pacientes adultos. Reportaron cómo pacientes presbitas con endotropía acomodativa previamente controlada, sufrían un incremento de la endotropía en etapas tardías, requiriendo corrección hipermetrópica adicional en sus últimos años (Shippman *et al.*, 1993). Por ello, consideramos que un estudio con un periodo de seguimiento más prolongado podría evidenciar una mayor incidencia de alteraciones sensorio-motoras en los pacientes sometidos a cirugía refractiva, principalmente en los pacientes con endotropías o con defectos residuales refractivos hipermetrópicos.

Por otro lado, los criterios de inclusión de nuestro estudio fueron amplios, incluyendo a todos los pacientes candidatos para cirugía refractiva, independientemente de la edad, tipo de refracción o técnica quirúrgica refractiva empleada, abarcando todos los procedimientos quirúrgicos

refractivos realizados en el periodo comprendido entre Mayo del año 2013 y Enero del año 2014 en la Asociación Para Evitar la Ceguera (APEC) en México, Hospital "Dr. Luis Sánchez Bulnes". Dicha amplitud en los criterios de inclusión permite resultados más extrapolables a la población general, pero ello nos llevó también a tener grupos muy heterogéneos, principalmente cuando clasificamos según la técnica refractiva realizada y según el tipo de ametropía. El grupo operado con LASIK fue el mayoritario, compuesto por 80 pacientes, el de PRK lo constituyeron 9 pacientes y el de cirugía de cristalino transparente lo conformaba un único paciente. Por ello, la mayoría de los parámetros evaluados no pudieron ser comparados entre las diversas técnicas quirúrgicas para así poder determinar si existían diferencias entre ellas en la forma en que afectaban a la situación binocular del paciente en términos de estereopsis, fusión y alineación ocular. Sólo pudimos comparar con técnicas no paramétricas las modificaciones en la estereopsis entre las técnicas de LASIK y PRK, no existiendo diferencias significativas en los valores finales de estereopsis registrados ( $p= 0,285$ ). Los parámetros motores de alineación ocular no pudieron compararse ya que a todos los pacientes que presentaban alteraciones en la motilidad ocular en la exploración prequirúrgica se les realizó la técnica de LASIK. Para la elección de la técnica quirúrgica nos basamos en criterios de idoneidad para la técnica, no en dichas alteraciones motoras. Hasta la fecha, no existen estudios comparativos de las modificaciones en los parámetros binoculares entre las diversas técnicas quirúrgicas refractivas. Este es el primer estudio que compara las alteraciones en la estereopsis entre las técnicas LASIK y PRK. Consideramos que sería relevante realizar un estudio donde se pudieran comparar los cambios sensoriales y motores tras las técnicas corneales ablativas y las técnicas refractivas intraoculares.

En los criterios de inclusión también abarcamos todos los tipos de ametropía, incluyendo tanto pacientes miopes, hipermétropes como astigmatas con cualquier grado de defecto refractivo. Esta amplitud en los criterios de inclusión nos permitía una mayor extrapolación de los resultados a la población general pero, al igual que con la técnica quirúrgica, nos llevó a tener grupos muy asimétricos en relación al tipo de ametropía, principalmente a costa del grupo de hipermétropes que estuvo constituido sólo por dos individuos, no siendo comparable en el análisis de los cambios en la estereopsis.

Del mismo modo, al incluir pacientes de cualquier edad, incluyendo edades presbitas, pudimos estudiar el comportamiento de los aspectos binoculares de la visión tras aplicar la técnica de monovisión. Sin embargo, sólo un paciente de nuestra serie presentó edad presbita, por lo que los resultados obtenidos sólo nos permiten compararlos con lo ya publicado al respecto, pero no sacar conclusiones extrapolables sobre la influencia de la monovisión en la estereopsis, la fusión y la alineación ocular en pacientes sometidos a monovisión.

## **5.2. DISCUSIÓN SOBRE LAS VARIABLES DEMOGRÁFICAS**

Los datos de la muestra con respecto a la edad media fueron similares a los de otros estudios realizados en poblaciones amétropes operadas mediante cirugía refractiva. En nuestro estudio la edad media fue de  $28,23 \pm 6,21$  años, con un rango entre 18 y 45 años. Kirwan y

colaboradores, en un estudio donde evalúan el efecto de la cirugía refractiva en la estereopsis, presentan una población muestral con una edad media de  $32 \pm 7,53$  con un rango entre 19 y 56 años (Kirwan *et al.*, 2006). Alió *et al.* refieren una edad media de  $38,7 \pm 11$  años con un rango entre 18 y 55 años (Alió *et al.*, 2000). Del mismo modo, Cuadrado Escamilla reporta una edad media de  $37,47 \pm 11.35$  con un rango de entre 18 y 76 años (Cuadrado Escamilla, 2008).

Respecto a la distribución por sexos, en nuestro estudio tuvimos un claro predominio femenino en la muestra, siendo un 72% mujeres y el 28% restante varones. Estos datos coinciden con otros estudios donde la población amétrope operada de cirugía refractiva fue mayoritariamente femenina (Kirwan *et al.*, 2006 y Gómez de Liaño-Sanchez *et al.*, 2006).

### **5.3. DISCUSIÓN SOBRE LA COMORBILIDAD OCULAR**

En los hallazgos encontrados durante la exploración oftalmológica de nuestros pacientes destaca la prevalencia de intolerancia a lentes de contacto, presente en un 45,5% de la muestra. Esta alta incidencia se debe, en gran medida, a que la intolerancia a lentes de contacto es un motivo frecuente, en nuestra experiencia clínica, por el que los pacientes solicitan la intervención de cirugía refractiva. El 10% de los pacientes presentaba blefaritis crónica y disfunción de las glándulas de Meibomio, que fue manejada con higiene palpebral antes del acto quirúrgico, como recomiendan diversos estudios para prevenir las complicaciones postoperatorias (Chao *et al.*, 2002 y Ambrosio *et al.*, 2003).

Sólo un paciente con alta miopía presentó una degeneración periférica retiniana tipo lattice que se manejó con laserterapia como tratamiento preventivo, ya que en numerosos estudios se ha descrito un aumento de la incidencia de desprendimiento regmatógeno de retina (entre un 10-20%) como complicación de este tipo de degeneraciones (Arias *et al.*, 2017). La incidencia de la degeneración tipo lattice en la población general se presenta entre un 6-10%, siendo mayor en la población miope (Arias *et al.*, 2017).

#### **5.4. DISCUSIÓN SOBRE LAS VARIABLES FUNCIONALES**

El objetivo último de la cirugía refractiva es mejorar la calidad visual del paciente mediante la independencia de gafas. El concepto de calidad visual incluye muchos aspectos, todos ellos importantes para desarrollar una adecuada capacidad visual. Uno de los parámetros más usados para valorar ésta es la medida de la agudeza visual, que determina la capacidad de discriminar el detalle más pequeño en condiciones máximas de contraste. Esta medida es un factor determinante en la capacidad visual del paciente aunque, como vimos en la introducción y veremos a lo largo de esta discusión, una buena visión es mucho más que ver la unidad, existiendo otros factores como la visión binocular y el equilibrio motor que son esenciales para una adecuada percepción visual e interacción con el entorno en el que nos movemos.

En nuestro estudio la agudeza visual media con corrección prequirúrgica fue de 0,0383 en escala logMAR, que en escala decimal corresponde a un valor de 0,9, valores dentro de la normalidad y esperados, al tratarse

de una población joven, sana y sin patología ocular concomitante importante, salvo la ametropía. Un 6,6% de la muestra (6 pacientes) presentaba ambliopía, tratándose en todos los casos de una ambliopía leve (2 líneas de diferencia entra la agudeza visual de ambos ojos). Estos valores concuerdan con los publicados en otros estudios realizados en poblaciones amétropes operadas de cirugía refractiva (Cuadrado Escamilla, 2008 y Kirwan *et al.*, 2006).

Respecto a la evolución de la agudeza visual a lo largo del periodo observado, la tendencia que observamos fue una reducción estadísticamente significativa tras la primera semana de la cirugía ( $p < 0,001$ ), mejorando en las visitas sucesivas, no presentando cambios significativos en el control de los 3 meses con respecto al valor preoperatorio ( $p = 0,180$ ). Dicha evolución es similar a la reportada en otros estudios donde se analizan los resultados visuales y refractivos tras LASIK y PRK, encontrando mejoría significativa en la AV a partir del tercer mes postoperatorio (Dirani *et al.*, 2010 y Wallau *et al.*, 2009). Esta tendencia se explica por el tiempo de recuperación tras la cirugía, donde la respuesta inflamatoria a la ablación del láser y los cambios estructurales biomecánicos de la córnea son mayores en las etapas iniciales del postoperatorio. A medida que la inflamación se reduce y la biomecánica corneal se restablece, también lo hace la agudeza visual.

Acerca de las características refractivas de nuestros pacientes, el error refractivo prevalente fue la miopía con un 61,1% de los pacientes, seguido del astigmatismo (36,7%), siendo la hipermetropía la menos prevalente con un 2,2% de la muestra. El 6,6% de la serie fue anisométrico. La distribución de las ametropías en otros trabajos es similar al nuestro, donde la miopía es el defecto refractivo más frecuente,

seguido del astigmatismo que, con frecuencia, va asociado a un defecto esférico (Costin *et al.*, 2002).

Los resultados refractivos obtenidos tras la cirugía fueron, en general, bastante satisfactorios. Como es lógico esperar, se observó una mejoría significativa del error refractivo medio, teniendo un defecto residual refractivo promedio miópico, en términos de equivalente esférico, de  $-0,351 \pm 0,743$  dioptrías. Sin embargo, un 8,8% (8 pacientes) de la muestra tuvo un defecto refractivo hipermetrópico leve tras la cirugía refractiva, de los cuales, 4 fueron por hipercorrección miópica, 2 por hipercorrección del astigmatismo y 2 por hipocorrección hipermetrópica. Los defectos residuales refractivos han sido considerados como un factor de riesgo de descompensación de estrabismos tras la cirugía refractiva, principalmente los defectos residuales hipermetrópicos, por el componente acomodativo que pueden llevar asociado (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2006 y Kushner *et al.*, 2003). Aunque las modificaciones motoras ocasionadas por los defectos refractivos residuales en nuestro estudio se discutirán con detalle más adelante, analizaremos las posibles causas de la hipermetropía residual de nuestra casuística.

Tanto la PRK como el LASIK han demostrado ser seguros y eficaces para la corrección de errores refractivos. En una revisión sistemática de 64 estudios de LASIK para la corrección de miopía y astigmatismo reportaron que éste tenía un mayor grado de predictibilidad para errores refractivos leves y moderados que para altos defectos refractivos (Darini *et al.*, 2010). En nuestro estudio, de los 6 pacientes miopes y astígmatas que presentaron hipermetropía residual, 3 eran miopes altos (esfera  $> 6$  D) y 2 astígmatas altos (cilindro  $>3$  D). Por tanto, nuestros resultados podrían

explicarse por la menor predictibilidad de las técnicas fotoablativas en los defectos refractivos altos. Afortunadamente, ninguno de estos pacientes tuvo repercusiones clínicas como síntomas astenópicos o alteraciones motoras. La presencia de endoforia en el preoperatorio y una hipermetropía residual tras la cirugía refractiva ha sido considerada como factor de riesgo para la descompensación y aparición de estrabismo manifiesto (tropia) y diplopia (Kushner *et al.*, 2003). Sin embargo, en nuestra serie todos los pacientes que quedaron con hipermetropía por hipercorrección miópica presentaban ortoforia en el preoperatorio, por lo que no hubo modificaciones motoras ni diplopía a pesar del defecto refractivo residual. Posiblemente el hecho de que todos ellos tuvieran una edad inferior a 30 años y, por tanto, buenas reservas fusionales acomodativas, pudo contribuir también a que estos pacientes no presentaran clínica astenópica.

Respecto a la corrección de la hipermetropía, en un estudio comparativo de H-LASIK y H-PRK en 2000, El-Agha y colaboradores reportaron que ambas técnicas eran comparables en eficacia y seguridad para la hipermetropía baja y moderada. La PRK para hipermetropía (H-PRK) ha demostrado corregir con buena predictibilidad hipermetropías bajas de hasta +3,50 dioptrías, sin embargo, para errores mayores la predictibilidad se reduce (Murray *et al.*, 2017). Por otro lado, actualmente el LASIK hipermetrópico (H-LASIK) es capaz de corregir refracciones preoperatorias de entre +0,50 a +6,00 dioptrías de hipermetropía con una predictibilidad de entre un 86% a un 91% (mediana, 88%) (Murray *et al.*, 2017). En nuestro trabajo, de los ocho pacientes que tuvieron una hipermetropía residual, dos eran hipermétropes altos (> 3 D) con astigmatismo asociado y ambos fueron sometidos a LASIK. Aunque el tamaño muestral del grupo de hipermétropes de nuestra muestra es muy

reducido (3 pacientes) como para sacar conclusiones y extrapolar resultados, nos llama la atención que un 66,6% de los pacientes hipermétropes presentaron un residual hipermetrópico a pesar de que la técnica aplicada fue LASIK, técnica supuestamente con alta predictibilidad para la hipermetropía (Murray *et al.*, 2017). Cabe destacar que uno de estos pacientes presentaba un astigmatismo alto asociado al defecto esférico hipermetrópico, por lo que en la clasificación por ametropías se le catalogó como astigmata. Esto nos lleva a cuestionar la predictibilidad de la técnica de LASIK en hipermetropías altas. Sin embargo, nuestros resultados podrían atribuirse también a un fallo técnico en la cantidad de ablación realizada. Cabe destacar que uno de estos pacientes presentaba una endotropia acomodativa y, como era de esperar, el defecto hipermetrópico residual tuvo repercusiones motoras y sensoriales que detallaremos más adelante.

## **5.5. DISCUSIÓN SOBRE LAS VARIABLES SENSORIALES**

Para valorar el estado sensorial de la visión binocular de los pacientes de nuestro estudio se midieron dos variables, la estereopsis y la fusión. Como ya se comentó con detalle en el apartado de Introducción, ambas variables representan diferentes niveles o grados de la visión binocular, siendo la estereopsis el grado más alto de ésta. La determinación de estas variables nos aporta gran información no sólo del estado del sistema sensorial binocular sino también del resto de sistemas implicados en la visión binocular como son el sistema óptico y el sistema motor ocular. Los resultados de nuestro trabajo ponen de manifiesto cómo la visión binocular es el resultado del trabajo coordinado de estos tres sistemas,

óptico, sensorial y motor, y cómo cualquier alteración en alguno de ellos puede suponer la ruptura de la cooperación entre los dos ojos, alterando la visión binocular y por tanto la fusión y la estereopsis.

### **5.5.1. DISCUSIÓN SOBRE LA ESTEREOPSIS**

La estereopsis representa la máxima expresión de la binocularidad. Nos proporciona la capacidad de percibir la profundidad de una forma precisa, de distinguir el volumen, el espacio y la distancia que existe entre los objetos, permitiéndonos proyectarnos a nosotros mismos dentro del espacio en el que nos movemos. Esta cualidad de la visión nos permite un mayor desarrollo de las habilidades visuales, las cuales nos ayudan a reforzar nuestras habilidades motoras tan necesarias para movernos con confianza en el mundo y realizar tareas cotidianas como conducir, enhebrar una aguja, coger una pelota, llenar un vaso de agua, etcétera.

Los resultados que obtuvimos en nuestro trabajo sobre la estereopsis de la muestra, tanto en el preoperatorio como en el postoperatorio, son el reflejo de la importancia de ésta como elemento para conocer el estado de la visión binocular y, por tanto, el grado de colaboración binocular entre ambos ojos.

Cuando estudiamos la estereopsis preoperatoria de nuestra serie encontramos que los pacientes con altas ametropías, considerando como tales equivalentes esféricos mayores a 6.00 dioptrías, miopías mayores o iguales a 6 dioptrías, astigmatismos mayores o iguales a 3 dioptrías e hipermetropías mayores o iguales a 3 dioptrías, tuvieron valores de estereopsis significativamente inferiores en todos los grupos,

comparados con el grupo de ametropías leves-moderadas. Estos datos coinciden con los resultados de otras publicaciones disponibles, como los reportados por Gómez de Liaño-Sánchez y colaboradores en 1996 donde observaron que los pacientes con miopías elevadas partían de visiones binoculares más defectuosas. Del mismo modo, en 2006, el mismo equipo realizó un estudio sobre los efectos en la visión binocular tras cirugía refractiva en pacientes hipermétropes, reportando que éstos tienen visiones binoculares más lábiles, presentando frecuentes cambios en la supresión lejana y de dominancia ocular (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2006). Por tanto, podemos concluir que existe una correlación entre la estereopsis inicial y el grado de ametropía, de modo que a mayor grado de ametropía, peor nivel de estereoagudeza.

Al analizar la evolución de la estereopsis tras la cirugía observamos una reducción transitoria de ésta durante la primera semana, recuperándose gradualmente a partir del primer mes postoperatorio, mostrando valores de estereopsis significativamente mejores ( $p= 0,042$ ) que los preoperatorios en el control del tercer mes. Dicha reducción inicial estuvo relacionada de forma significativa con los cambios en la agudeza visual ( $r= 0.46$ ), la cuál mostró un comportamiento similar al de la estereopsis tras la cirugía, es decir la AV se redujo en las primeras semanas para recuperarse entre el primer y tercer mes.

Es lógica la estrecha relación existente entre la agudeza visual y la estereopsis, de manera que la disminución de la agudeza visual supone una reducción de la calidad visual y con ello una reducción de la estereopsis. Posteriormente, a medida que se estabiliza la agudeza visual, mejora la visión binocular y con ello la visión estereoscópica. Estos resultados coinciden con los reportados por Gómez De Liaño-Sánchez y

colaboradores, que observaron una inestabilidad binocular en los tres primeros meses tras la cirugía, asociándolo principalmente a la reducción transitoria de la agudeza visual postquirúrgica (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2006 y Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 1996). Otros autores reportaron una evolución de la estereopsis tras la cirugía refractiva similar a la nuestra, encontrando un leve pero insignificante deterioro de la estereoagudeza en la primera semana tras la intervención para luego ir mejorando al mes y al tercer mes tras el procedimiento (Razmjoo *et al.*, 2006).

Los resultados del presente estudio revelaron una mejoría significativa de la estereopsis al tercer mes de la cirugía ( $p= 0,042$ ) en un 40% de los pacientes de la serie, principalmente a costa del grupo de amétropes altos ( $EE \geq 6$ ), de los cuales mejoraron hasta un 68% de los pacientes, pasando de una estereopsis mediana de  $100 \pm 200,83''$  de arco en el preoperatorio a  $60 \pm 209,17''$  de arco al tercer mes de la cirugía. Las conclusiones a las que llegan los estudios publicados hasta la fecha respecto al efecto de la cirugía refractiva en la estereopsis son bastante contradictorias. Algunos autores concluyen que hay una reducción de la estereopsis (Zarei-Ghanavati *et al.*, 2016 y Godts *et al.*, 2004), atribuyendo como posibles causas de este deterioro al grado de aberraciones ópticas, irregularidades epiteliales y opacificaciones corneales secundarias a la cirugía. Sin embargo, otros grupos de trabajo observan, al igual que nosotros, una mejoría de ésta (Stidham *et al.*, 2002, Phillips *et al.*, 2004 y Razmjoo *et al.*, 2008). Dicho incremento podría explicarse por la mejora en la agudeza visual tras la intervención, por la eliminación del efecto prismático de las gafas, principalmente en ametropías altas como ocurrió en nuestra serie (Godts *et al.*, 2004) y por la reducción de la anisometropía tras la cirugía (Kirwan *et al.*, 2006).

En algunos estudios la alta miopía (>6 D) ha sido considerada como factor de riesgo para la descompensación binocular tras la cirugía refractiva (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2012). En nuestro estudio, por el contrario, este grupo de pacientes fue de los más beneficiados por la intervención, mejorando sus niveles de estereopsis. Creemos que la alta miopía no es un factor de riesgo *per se*, sino más bien lo serían las alteraciones binoculares que, con frecuencia, este perfil de pacientes presenta de forma concomitante. El síndrome *heavy eye* o estrabismo fijo es un tipo de estrabismo asociado a miopía alta caracterizado por alteraciones motoras restrictivas horizontales y verticales que se hacen más evidentes a partir de los 40 años y que con frecuencia dan como síntoma principal la diplopía. En nuestra experiencia clínica, hemos podido observar cómo los pacientes miopes que presentan alteraciones restrictivas como endotropía o hipotropía incipiente de pequeño ángulo pueden no manifestar visión doble gracias al efecto prismático que hacen sus gafas de alta potencia, mientras que con el uso de lentes de contacto se hace evidente y sintomática la diplopía. Por ello, destacamos la importancia de hacer una exploración pormenorizada de la motilidad ocular en pacientes miopes altos con el fin de detectar alteraciones motoras preexistentes, de las que el paciente podría no ser consciente, y que podrían conllevar una diplopía postoperatoria si pasan desapercibidas.

En nuestra serie, el grupo de anisométricos, representado por 6 pacientes, presentó una estereopsis preoperatoria mediana de  $100 \pm 420''$  de arco, siendo inferior al del resto de la muestra ( $40 \pm 77,02''$  de arco), aunque la diferencia no resultó significativa ( $p= 0,083$ ). Sin embargo, tras la cirugía, aunque mejoraron los valores de

estereoagudeza a partir del primer mes, la mejoría no fue significativa ( $p=0,668$ ). Al tercer mes, aunque la diferencia en la estereopsis entre el grupo de anisométricos ( $60 \pm 168''$  de arco) y el de no anisométricos ( $40 \pm 33,66''$  de arco) se redujo, la estereopsis continuó siendo inferior en el grupo de anisométricos a pesar de la corrección de la anisometropía tras la cirugía. Estos resultados contrastan con lo publicado por Kirwan *et al.* en 2006, Liu *et al.* en 2003 y Razmjoo *et al.* en 2008, donde encontraron mejoría significativa de la estereopsis en los pacientes anisométricos al reducir el grado de anisometropía tras ser sometidos a cirugía refractiva. La falta de significación estadística en los resultados obtenidos en nuestro trabajo podría atribuirse al pequeño número de pacientes anisométricos (6 pacientes). Posiblemente aumentando el número de la muestra podríamos encontrar resultados comparables a los de otros estudios.

En relación a los pacientes con ambliopía, se observó que no hubo cambios significativos en la estereopsis en ninguno de los momentos medidos ( $p=0,112$ ) con respecto al valor preoperatorio. Estos datos concuerdan con la fisiología de la ambliopía, poniendo de manifiesto la base neurológica de ésta, donde las conexiones cerebrales establecidas durante el periodo crítico del desarrollo visual establecen una dominancia ocular que se mantiene en el tiempo a pesar de los cambios refractivos.

Sólo un 4,5% de nuestra serie (4 pacientes) sufrieron un empeoramiento de la estereopsis tras la cirugía. Dicho deterioro pone de manifiesto cómo la estereopsis, a diferencia de otras funciones visuales como la agudeza visual, requiere de una precisa coordinación entre ambos ojos. La ruptura de esta cooperación conlleva un detrimento e incluso pérdida de la capacidad de ver en tres dimensiones. Uno de los pacientes en los que disminuyó la estereopsis corresponde al paciente al que se le realizó la

técnica quirúrgica de monovisión, cuya discusión se detalla más adelante. Nos ceñiremos a mencionar que, en este caso, la disminución de la estereopsis estuvo relacionada con la supresión ocasionada, en primer lugar, por la marcada anisometropía inducida por la cirugía diferida en ambos ojos y posteriormente por la anisometropía inducida por la monovisión. Otro paciente que presentó deterioro de la estereopsis fue el paciente con endotropía acomodativa. Éste, tras la cirugía, presentó ausencia de visión estereoscópica debido a la supresión que desarrolló en el ojo derecho por la desviación endotrópica que presentaba al intentar compensar el residual refractivo hipermetrópico que quedó tras la intervención. En el apartado de discusión de las variables motoras se detallan los mecanismos que indujeron las alteraciones en la visión binocular de este paciente. En los otros dos pacientes pensamos que la reducción de la estereopsis pudo estar relacionada con la disminución de la agudeza visual que presentaron en la visita del tercer mes, uno de ellos por presentar un desplazamiento del *flap* corneal secundario a un traumatismo y el otro por presentar una miopía residual mayor de 1D en cada ojo.

De esta manera, nuestro estudio evidencia cómo la cuantificación de la estereopsis nos aporta información sobre la calidad de la visión binocular y también nos orienta sobre la existencia de supresiones que pueden aparecer cuando se instaura un estrabismo, una marcada anisometropía u otra alteración binocular.

### **5.5.2. DISCUSIÓN SOBRE LA FUSIÓN**

El test de Worth permite evaluar la capacidad de fusión tanto de lejos como de cerca y determinar la presencia de supresión. La fusión es el resultado de la unificación en el córtex visual de las dos imágenes recibidas de cada ojo, percibiéndolas como una única imagen. Para ello es preciso que se produzca un movimiento coordinado de los ojos, consiguiendo mantener la imagen sobre ambas foveas o áreas retinianas correspondientes, lo que se denomina fusión motora. Al mismo tiempo, es necesario un proceso cerebral de integración de ambas imágenes, la llamada fusión sensorial.

Los hallazgos encontrados en la exploración preoperatoria tras la realización del test de Worth pusieron de manifiesto la fisiología de los mecanismos de fusión. Dos pacientes con exotropía intermitente (X(T)) presentaban supresión lejana, debido a que en la visión de lejos el estrabismo se hacía manifiesto. En ambos casos las reservas fusionales y la convergencia acomodativa de cerca permitían controlar la exodesviación en visión cercana, sin embargo, en la visión lejana la ausencia de convergencia acomodativa, hacía que la exodesviación no estuviera compensada, haciendo evidente la exotropía. Como desarrollamos en el apartado de Introducción, ante las desviaciones oculares podemos desarrollar adaptaciones sensoriales para evitar los fenómenos de confusión y diplopia. Uno de ellos es el fenómeno de supresión, que consiste en la eliminación cortical de la percepción anómala. Nuestros pacientes habían desarrollado un mecanismo de supresión en los momentos de desviación, mientras que presentaban fusión en los momentos de ortotropía. Esto pone de manifiesto el aspecto dinámico de la supresión y cómo ésta se adapta a las circunstancias (Prieto-Díaz *et al.*, 2005). Esto mismo se evidenció en el paciente que presentaba *endotropía acomodativa*, que en la evaluación

preoperatoria sólo mostró supresión sin corrección óptica, mientras que con su corrección conseguía la ortotropía y, consecuentemente, la fusión tanto de cerca como de lejos.

Tras la cirugía observamos cambios sensoriales en la fusión en sólo dos pacientes, el paciente con endotropía acomodativa y el sometido a monovisión. Ambos iniciaron supresión tras la intervención. El resto de pacientes no mostraron modificaciones en la fusión. Los pacientes con exotropía intermitente que tenían supresión lejana en el preoperatorio mantuvieron el mismo estado sensorial tras el procedimiento refractivo.

La supresión que desarrolló el paciente con endotropía fue consecuencia de la desviación residual endotrópica que presentaba al intentar compensar el residual refractivo hipermetrópico que quedó tras la intervención. En términos generales podemos afirmar que la cirugía refractiva provocó pocos cambios en la fusión. Ninguno de los pacientes sin estrabismo sufrió modificaciones salvo el paciente con monovisión y, del grupo de estrábicos, solamente el paciente con endotropía acomodativa inició supresión sin corrección.

Mientras que los índices de función binocular, en términos de fusión y estereopsis, se han estudiado con detalle en el campo de la monovisión, en el ámbito de la cirugía refractiva general son escasos los estudios publicados, principalmente en lo referente a las modificaciones en la fusión. Gómez de Liaño-Sánchez y colaboradores publicaron un estudio en 2006 donde encontraron gran inestabilidad binocular en los primeros meses tras la cirugía refractiva, tanto en pacientes estrábicos como en no estrábicos. Los cambios reportados fueron principalmente la aparición de supresión lejana y cambios en la dominancia ocular, que al parecer

podieron estar relacionadas con la aparición o aumento de la anisometropía tras la cirugía (Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2006). La diferencia con nuestros resultados podría atribuirse a que en el trabajo anterior la población de estudio estaba tomada exclusivamente en pacientes hipermétropes, los cuales han sido considerados como pacientes con una visión binocular más lábil (Kowal *et al.*, 2005). En nuestra serie sólo 3 pacientes presentaban hipermetropía, de los cuales sólo uno presentaba estrabismo convergente, siendo éste el que sufrió supresión tras la cirugía. Aunque la cirugía refractiva ha demostrado ser segura y eficaz en la corrección de la hipermetropía (Murray *et al.*, 2017) y el estrabismo acomodativo (Minnal *et al.*, 2011), los cambios en la fusión en pacientes hipermétropes tras cirugía refractiva han sido poco estudiados, por lo que sería interesante realizar estudios para determinar si la cirugía refractiva es segura o no en términos de fusión en esta población específica de pacientes.

Los detalles sobre los cambios sensoriales en el paciente con monovisión se discuten en su apartado específico.

Es importante recordar la estrecha relación entre fusión y estereopsis. Ambos pertenecen a diferentes niveles de la binocularidad, siendo la estereopsis el grado más elevado. Mientras que puede existir fusión sin estereopsis, para que haya estereopsis es imprescindible una adecuada fusión (Prieto-Díaz *et al.*, 2005). Por tanto, aunque los cambios en la fusión tras la cirugía refractiva parecen ser mínimos, es importante recordar el impacto de la supresión y la pérdida de estereopsis que conlleva en la calidad de vida de los pacientes, afectando a tareas cotidianas como conducir, enhebrar una aguja o coger una pelota.

## **5.6. DISCUSIÓN SOBRE LAS VARIABLES MOTORAS: ALINEACIÓN OCULAR**

Los resultados de nuestro estudio, en relación a las variables motoras, reflejan, en primer lugar, la importancia de la valoración de la motilidad ocular extrínseca previa a la cirugía refractiva, ya que el simple interrogatorio y la anamnesis no son suficientes para saber con certeza si el paciente presenta o no estrabismo. En nuestra casuística, de los 7 pacientes que presentaban tropías (estrabismo manifiesto), sólo 4 conocían la existencia de su estrabismo, en los 3 pacientes restantes se evidenció su desviación ocular tras la exploración motora. Al mismo tiempo, la exploración de la MOE desveló que el 50% de la muestra (45 pacientes) presentaba exoforia, consistente en una desviación ocular latente compensada por los mecanismos de fusión, la cual es susceptible de descompensarse si la situación binocular del paciente se vuelve inestable (Godts *et al.*, 2004).

En nuestra serie, la cirugía refractiva provocó discretas modificaciones motoras, aunque afortunadamente ninguna de ellas tuvo significación clínica. Uno de los objetivos secundarios de este proyecto era conocer la prevalencia de aparición de diplopia o estrabismo tras la cirugía refractiva. Sin embargo, en nuestra casuística no tuvimos ningún paciente que refiriera diplopia o manifestara estrabismo *de novo* tras la cirugía. Tan sólo hay una publicación donde se refleja la incidencia de estas complicaciones, siendo del 0,12% (Gómez de Liaño- Sánchez *et al.*, 2012). Estos datos reflejan la baja incidencia de diplopia y estrabismo tras cirugía refractiva, aunque consideramos que con una adecuada exploración

preoperatoria y una correcta planificación quirúrgica podría ser todavía menor.

En relación a las modificaciones motoras, en un 8'8% de la muestra (8 de los 90 pacientes) se produjo una modificación del ángulo de desviación preoperatorio, aunque afortunadamente ninguna de ellas fue clínicamente significativa. Los datos refractivos y motores de estos pacientes se recogen de nuevo en la tabla 55, para facilitar la comprensión de esta discusión.

		Nº	Refracción Preoperatoria EE (dioptrías)		Desviación pre operatoria	Desviación post operatoria	Refracción Postoperatoria EE (dioptrías)	
			OD	OI			OD	OI
<b>FORIAS</b>	EXO-FORIAS	1	-3,00	-3,125	4 dp	6 dp	-0,50	-0,50
		2	-2,00	-1,50	4 dp	6 dp	-0,25	-0,625
		3	-4,875	-4,625	6 dp	8 dp	-0,25	+0,25
		4	-6,375	-8,125	10 dp	12 dp	-1,00	-0,75
		5	-5,50	-4,75	12 dp	10 dp	-0,125	+0,00
<b>TROPIAS</b>	X(T)	6	-1,75	-4,75	25 dp	20 dp	+0,75	+1,125
		7	-5,25	-6,25	25 dp	18 dp	+0,625	+0,875
	ETA	8	+4,75	+6,375	10 dp	5 dp	+3,125	+2,125

Tabla 55. Datos refractivos y motores de los pacientes que sufrieron modificación en el ángulo de desviación.

Nota: Rx= refracción, EE= equivalente esférico, X(T)= exotropia intermitente, ETA= endotropia acomodativa

Las modificaciones motoras observadas en los pacientes con forias fueron mínimas. Sólo 5 de los 45 pacientes con exoforia tuvieron modificaciones del ángulo de desviación, aunque ninguno resultó ni clínica ni estadísticamente significativo ( $p=0,183$ ). De hecho, ninguna de las variaciones del ángulo de desviación fue superior a 2 dioptrías prismáticas, como podemos observar en los datos recogidos en la tabla 55. Estas modificaciones no parecieron estar relacionadas con un componente acomodativo importante, dada la variabilidad refractiva postoperatoria entre los pacientes y la ausencia de modificación del ángulo de desviación de forma proporcional a la magnitud del defecto refractivo residual. Una de las hipótesis que justificaría estos cambios podría estar relacionada con la influencia del tipo de corrección óptica en la medición del ángulo de desviación. Se ha observado que las necesidades acomodativas y vergenciales son diferentes cuando el paciente usa gafas que cuando usa lentes de contacto (Giannaccare *et al.*, 2018). En nuestro trabajo, todas las mediciones preoperatorias del ángulo de desviación se realizaron con gafas, lo que podría justificar las pequeñas modificaciones en la medición postoperatoria, la cual se realizó sin ningún tipo de corrección. Por otro lado, el efecto prismático que generan las lentes correctoras, especialmente los de potencias altas, también podría estar implicado en las modificaciones registradas en los ángulos de desviación en los pacientes con exoforia. De cualquiera de las maneras, las modificaciones motoras que se produjeron tras la cirugía refractiva en los pacientes con forias fueron mínimas y ninguno de los pacientes experimentó molestias al respecto, por lo que podríamos concluir que la cirugía refractiva resultó segura, en términos motores, en los pacientes con forias.

Sólo los pacientes con tropías sufrieron modificaciones significativas del ángulo de desviación tras la cirugía, considerando como cambio significativo cuando la modificación era mayor o igual a 5 dioptrías prismáticas. De esta manera, 3 de los 7 pacientes que constituían el grupo con tropías presentaron cambios en su desviación. Estos datos concuerdan con los reportados por Gómez de Liaño-Sánchez y colaboradores en 2006, donde sólo el grupo de pacientes con estrabismo previo a la cirugía tuvo modificaciones motoras significativas, comparado con el grupo de pacientes no estrábicos. A diferencia de los resultados obtenidos por Gómez de Liaño-Sánchez, donde 10 de los 12 pacientes con endotropía tuvieron incremento significativo del ángulo de desviación tras la cirugía refractiva ( $p= 0,003$ ), en nuestra serie todos presentaron reducción de la desviación, tanto los dos pacientes con exotropía intermitente como el paciente con endotropía acomodativa, sin embargo, dicha reducción no fue estadísticamente significativa ( $p= 0,102$ ). Gómez de Liaño-Sánchez propone en su trabajo un origen multifactorial para justificar la tendencia en sentido endotrópico de los pacientes estrábicos operados con cirugía refractiva, considerando la hipermetropía residual como el factor más relevante. Otro estudios han propuesto también la hipermetropía residual como un factor que puede incidir en la descompensación motora tras la cirugía refractiva (Hoyos *et al.*, 2002 y Stidham *et al.*, 2002, Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2012 y Kushner *et al.*, 2003). En estos estudios se evidencia cómo una adecuada corrección refractiva está vinculada a una mejor compensación oculomotora y, por tanto, a una mayor estabilidad binocular. Del mismo modo, un defecto refractivo puede ser en muchas ocasiones la causa inductora del estrabismo. Cuando la cirugía genera defectos residuales refractivos puede inducir una descompensación sensorio-motora, especialmente en pacientes con reservas fusionales escasas y visiones

binoculares preoperatorias lábiles, como son los pacientes con estrabismo (Hoyos *et al.*, 2002 y Stidham *et al.*, 2002). En nuestro trabajo los resultados refractivos tras la cirugía fueron bastante satisfactorios, teniendo un residual refractivo promedio miópico que, en términos de equivalente esférico, fue de  $-0,351 \pm 0,743$  dioptrías. Sin embargo, un 8,8% (8 pacientes) de la muestra tuvo un defecto refractivo hipermetrópico leve tras la cirugía refractiva. De éstos, 5 pacientes presentaban ortoforia en el preoperatorio y, a pesar de la hipermetropía residual, ninguno de ellos presentó modificaciones sensorio-motoras ni experimentó molestias astenópicas o expresó insatisfacción tras la cirugía. Sin embargo, los otros 3 pacientes que presentaban estrabismo en el preoperatorio, dos de ellos en forma de exotropía intermitente (pacientes nº 6 y 7 de la tabla 55) y el otro como endotropía acomodativa (paciente nº 8 de la tabla 55), experimentaron modificaciones motoras, presentando un residual hipermetrópico tras la cirugía.

Cuando comparamos las modificaciones en el ángulo de desviación tras la cirugía entre el grupo de pacientes con forias y el de pacientes con tropías, se encontró diferencia significativa entre ambos ( $p=0,003$ ) siendo más frecuente, tanto en frecuencia como en amplitud, la modificación del ángulo en el grupo de pacientes con tropías. Estos datos concuerdan con lo anteriormente expuesto por Hoyos y Stidham en 2012, sugiriendo que, efectivamente, una buena visión binocular que incluya unas buenas reservas fusionales previas a la cirugía proporciona suficiente estabilidad binocular a pesar de la hipermetropía residual postquirúrgica. Sin embargo, en los pacientes estrábicos de nuestra muestra no creemos que fuera la cirugía refractiva *per se* la que indujo las modificaciones motoras, sino más bien los cambios en los ángulos de desviación fueron un reflejo de la fisiología subyacente del estrabismo y de la sinergia entre

acomodación y convergencia. Por ello, analizaremos con detalle la evolución de cada uno de los pacientes:

Los dos pacientes con exotropía intermitente (pacientes nº 6 y 7 de la tabla 55) partían de equivalentes esféricos miópicos preoperatorios que les permitía una visión próxima aceptable sin necesidad de acomodar o con necesidades acomodativas menores. Dada la sinergia existente entre acomodación y convergencia, la convergencia requerida en estos pacientes también sería menor, pudiendo ser la causa de su estrabismo divergente por insuficiencia de convergencia. Sin embargo, tras la cirugía ambos quedaron con un residual hipermetrópico leve, necesitando para compensarlo mayores necesidades acomodativas. De esta manera, por la sinergia entre la demanda de convergencia y la demanda acomodativa, un exceso de acomodación conllevaría una mayor convergencia, induciendo a la reducción del ángulo de la exodesviación que observamos en nuestros pacientes. Estos datos concuerdan con los estudios publicados sobre cirugía refractiva y su efecto sobre las exodesviaciones, aunque los resultados de estos trabajos parecen ser más impredecibles que los observados en las endotropías acomodativas (Minnal *et al.*, 2011). Según el estudio de Kirwan y colaboradores en 2010, de 12 pacientes adultos con miopía y exotropía operados con LASIK, 6 (50%) redujeron el ángulo de desviación (Kirwan *et al.*, 2010). En el estudio de Godts y colaboradores, sólo 2 de los 7 pacientes con exotropía sometidos a cirugía refractiva mejoraron su estrabismo, encontrando que la mayoría de los pacientes que no mejoraron tenían una desviación vertical de forma concomitante a la exodesviación (Godts *et al.*, 2006). En nuestros casos las reducciones del ángulo de desviación parecen estar muy vinculados al reflejo sincinético de acomodación-convergencia

asociado al residual hipermetrópico que presentaron los dos pacientes con exotropía intermitente.

Algo similar ocurrió en la paciente con endotropía acomodativa (paciente nº 8 de la tabla 55). Ésta presentaba una alta hipermetropía prequirúrgica que intentaba compensar aumentando el esfuerzo acomodativo. La mayor demanda acomodativa generaba una convergencia excesiva que sobrepasaba su capacidad de divergencia fusional, haciendo evidente la endodesviación. De esta manera, la paciente presentaba sin corrección óptica una endotropía en el ojo izquierdo de 10 dioptrías prismáticas. Sin embargo, con la corrección total con gafas se eliminaba por completo la desviación, presentando ortoforia al relajar el esfuerzo acomodativo. Se trataba, por tanto, de una endotropía totalmente acomodativa (ETA). Tras la cirugía refractiva quedó un defecto refractivo residual hipermetrópico en términos de equivalente esférico de + 3,125 D en el OD y de + 2,125 D en el OI. De esta manera, al corregir la cirugía el defecto refractivo sólo parcialmente, también redujo parcialmente el componente acomodativo de la desviación, pasando de un ángulo de desviación preoperatorio de 10 DP a 5 DP en el postoperatorio.

La reducción del ángulo de desviación en nuestro paciente con ETA de forma proporcional a la reducción del defecto hipermetrópico concuerda con los datos publicados sobre la eficacia de la cirugía refractiva en el tratamiento de las endotropías acomodativas. Aunque los primeros estudios que se publicaron utilizando la cirugía refractiva para la corrección de la hipermetropía en endotropías acomodativas mostraban resultados impredecibles en la corrección del ángulo de desviación endotrópico (Stidham *et al.*, 2002, Gómez de Liaño-Sánchez

*et al.*, 2006), estudios posteriores han demostrado que la cirugía refractiva es efectiva y segura en la corrección de la desviación en estrabismos acomodativos (Giannaccare *et al.*, 2018, Hutchinson *et al.*, 2010, Polat *et al.*, 2009, Magli *et al.*, 2009, Farahi *et al.*, 2005, Sabetti *et al.*, 2005, Hoyos *et al.*, 2002).

Por otro lado, ninguno de los pacientes que presentaba ortoforia en la visita prequirúrgica sufrió cambios, permaneciendo todos en ortoforia tras la cirugía, independientemente de si hubo o no defectos refractivos residuales. Estos datos coinciden con lo publicado por Gómez de Liaño-Sánchez en 2006, donde los pacientes no estrábicos no sufrieron modificaciones en la alineación ocular tras la cirugía refractiva. Estos resultados sugieren que el adecuado equilibrio binocular preoperatorio de los pacientes en ortoforia les proporcionó la suficiente estabilidad tras la cirugía a pesar de la presencia, en algunos casos, de hipermetropía residual o pequeñas modificaciones en la agudeza visual.

Nuestros datos reflejan la importancia de una adecuada comprensión de la fisiología del estrabismo a la hora de evaluar a pacientes estrábicos que solicitan cirugía refractiva, recordando que el uso de las gafas en un paciente estrábico no sólo sirve para mejorar la visión sino también para controlar la desviación. Además, aunque no fue el caso de nuestros pacientes, en ocasiones, la visión puede precisar menos corrección que la requerida para controlar la desviación, por lo que una corrección quirúrgica refractiva puede ser suficiente para alcanzar una buena agudeza visual pero insuficiente para controlar la desviación. Por ello, consideramos crucial a la hora de plantear cirugía refractiva en un paciente con estrabismo explorar la motilidad ocular con la graduación que será corregida con la cirugía refractiva. De esta manera podremos

valorar las modificaciones en el ángulo de desviación, evaluar si el paciente subjetivamente percibe dichos cambios en forma de diplopia o confusión y así podremos asesorar e informar al paciente de su patología y de los riesgos que corre tras la cirugía refractiva.

Aunque en la mayoría de nuestros pacientes los resultados de la cirugía, en términos refractivos, fueron bastante satisfactorios, un 8,8% de la muestra tuvo un error refractivo hipermetrópico. Dicho error fue en unos casos por hipocorrección hipermetrópica y en otros por hipercorrección miópica. Kushner y colaboradores en 2003 analizan las causas de diplopia tras cirugía refractiva, considerando la hipocorrección hipermetrópica y la hipercorrección miópica una causa de descompensación de estrabismos preexistentes del tipo endoforias y endotropias acomodativas. En nuestro trabajo, un 37'5% (3 de los 8 pacientes) de la muestra que presentó un residual hipermetrópico tras la cirugía refractiva tuvo modificaciones en el ángulo de desviación, aunque en ninguno supuso una descompensación motora ni hubo casos de diplopia. Este hecho nos debe hacer reflexionar sobre algunos aspectos. Por un lado, aunque la eficacia y predictibilidad de las técnicas ablativas corneales de LASIK y PRK para la corrección de errores refractivos ha sido ampliamente demostrada (Murray *et al.*, 2017), todo procedimiento quirúrgico puede conllevar errores técnicos que conduzcan a un resultado no deseado, en este caso resultados refractivos no deseados. El otro aspecto importante es que, a pesar de que el defecto hipermetrópico residual no generó descompensaciones de estrabismo ni diplopia, sí modificó el ángulo de la desviación de los pacientes. Este aspecto adquiere especial relevancia de cara a establecer, cuando se precise en el mismo paciente, un orden en los procedimientos quirúrgicos de cirugía refractiva y de cirugía de estrabismo. Por ello, recomendamos

una secuencia donde la cirugía refractiva preceda a la cirugía de estrabismo. De esta manera, si la cirugía refractiva modificase de algún modo el ángulo de desviación, éste podría ser corregido en su totalidad con la cirugía muscular de estrabismo. Durante la realización de este trabajo ningún estudio había publicado recomendaciones al respecto, siendo decisión del cirujano cómo establecer el orden de las cirugías. Sin embargo, recientemente Giannaccare y colaboradores, en 2018, encontraron que, tras la técnica refractiva de PRK, no sólo se corregía el componente acomodativo de la desviación, sino que también se modificaba el componente no acomodativo, especialmente en pacientes con desviaciones de pequeño ángulo ( $< 20$  DP), por lo que sugieren, al igual que nosotros, realizar la cirugía de estrabismo después de la cirugía refractiva, principalmente cuando coexisten hipermetropía y endotropía. Aunque las causas de cómo la cirugía refractiva influyó en la modificación del componente no acomodativo de las desviaciones no están del todo claras, tanto los resultados de Giannaccare y colaboradores como los nuestros apuntan a la necesidad de establecer una secuencia en los procedimientos quirúrgicos donde la cirugía refractiva preceda a la cirugía de estrabismo.

## **5.7. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS EN EL PACIENTE SOMETIDO A MONOVISIÓN**

Para facilitar la comprensión de esta discusión se detallan de nuevo los resultados sensoriales del paciente sometido a monovisión en las tablas 56 y 57.

	<b>Estereopsis en paciente sometido a CCT+ Monovisión (segundos de arco)</b>			
Preoperatoria	1 semana tras la cirugía OI	1 semana tras la cirugía OD	1 mes	3 meses
80''	No estereopsis	200''	140''	140''

Tabla 56. Evolución de la estereopsis en el paciente sometido a cirugía de cristalino transparente (CCT) asociada a monovisión.

Nota: OI= ojo izquierdo, OD= ojo derecho.

	<b>Fusión en paciente sometido a CCT+ Monovisión</b>			
Preoperatoria	1 semana tras la cirugía OI	1 semana tras la cirugía OD	1 mes	3 meses
Fusión	Supresión del OD	Fusión/supresión	Fusión/supresión	Fusión

Tabla 57. Evolución de la fusión en el paciente sometido a cirugía de cristalino transparente (CCT) asociada a monovisión.

Nota: OI= ojo izquierdo, OD= ojo derecho.

El efecto de la monovisión sobre la visión binocular se ha estudiado en un número considerable de trabajos, considerando las alteraciones en la estereopsis la mayor desventaja de la técnica de monovisión (Erickson *et al.*, 1992 y McGill *et al.*, 1991). En nuestro paciente la estereopsis de cerca disminuyó 60 segundos de arco tras la cirugía, siendo la estereopsis preoperatoria de 80'' y la postoperatoria a los 3 meses de 140''.

La anisometropía inducida fue de 1.30 D. Estos datos concuerdan con lo publicado por Fawcett y colaboradores que estudiaron si existía asociación entre la cantidad de anisometropía inducida y el grado de

estereopsis. En dicho estudio el grupo control presentó una estereopsis media de 40'', el grupo con baja anisometropía inducida (<1.5 D) tenía una estereopsis media de 100'' y el grupo de moderada anisometropía inducida ( $\geq 1.5D$ ) de 150''. Sin embargo, la diferencia entre los grupos no fue estadísticamente significativa (Fawcett *et al.*, 2001). Nuestros resultados también son congruentes con el estudio de Alarcón y colaboradores en 2011, que encontraron una reducción significativa de la estereopsis tras la cirugía de monovisión comparada con los valores preoperatorios.

Respecto a los cambios en la fusión, el paciente con monovisión inició una supresión del ojo derecho por la marcada anisometropía inducida por la cirugía diferida. En primer lugar se realizó cirugía de cristalino transparente en el ojo dominante, ojo izquierdo, para evitar cambios de dominancia inducidos por la anisometropía temporal por la cirugía secuencial. Una semana después se realizó la misma cirugía en el ojo derecho. En el estudio de Fawcett y colaboradores en 2001, evaluaban si la cirugía realizada de forma secuencial tenía efectos perjudiciales a largo plazo en el estado sensorial de los pacientes. Observaron que, tras tiempos prolongados de anisometropía inducida quirúrgicamente, la supresión se mantenía, generando con ello la pérdida de la estereopsis. En nuestro paciente el intervalo entre una cirugía y otra fue de tan sólo una semana por lo que la supresión no se instauró de forma definitiva, sino que, una vez operados ambos ojos, aunque hubo cierta inestabilidad durante el primer mes alternando momentos de supresión con momentos de fusión, al tercer mes se reestableció la visión binocular.

La variabilidad de los resultados en el test de Worth en el primer mes postoperatorio pudo deberse a la precocidad de la valoración, ya que

se ha demostrado que la visión binocular en pacientes con monovisión tiende a mejorar tras un proceso de neuroadaptación (Reilly *et al.*, 2006, Erickson *et al.*, 1992 y McGill *et al.*, 1991). En la valoración de los 3 meses el paciente mostró mayor estabilidad, presentando fusión tanto de cerca como de lejos. A pesar del fundamento teórico en el que se basa la monovisión, consistente en inducir intencionadamente una supresión alterna, de manera que un ojo queda para ver de lejos (habitualmente el ojo dominante) y el ojo adelfo para cerca (dejando un residual miópico), algunos estudios han mostrado que, a pesar de la monovisión, sigue habiendo cierto grado de cooperación binocular, especialmente cuando la anisometropía inducida es menor de 1.50 D (Johannsdottir *et al.*, 2001 y Jain *et al.*, 1996). Las anisometropías superiores a 1.50 D parecen causar menor cooperación binocular, menor estabilidad del desenfoco interocular, menor esteroagudeza y menor sensibilidad al contraste (Sippel *et al.*, 2001 y Jain *et al.*, 1996). Por esta razón, muchos facultativos que aplican la técnica de monovisión prefieren mantenerse en rangos de “mini-monovisión” de 0.50 a 1.50 D (Farid *et al.*, 2009). A pesar de ello, existen algunos estudios donde reportan alto grado de éxito refractivo y satisfacción de los pacientes sometidos a monovisión pseudofáquica con anisometropías de 2,75 D (Greenbaum, 2002). Por tanto, no existe una evidencia clara que relacione mayores grados de anisometropía inducida por la técnica de monovisión con menor satisfacción de los pacientes o mayores efectos secundarios.

Nuestro paciente mostró una satisfacción alta tanto en la visión cercana como lejana. La AV binocular de lejos en situación de monovisión era, en escala decimal, de 1 y la AV binocular de cerca con el test de lectura fue de 0.88 con una distancia espontánea de lectura de 40 cm. La refracción residual a los 3 meses en términos de equivalente esférico fue

de  $-0,25$  D en el ojo dominante, ojo izquierdo, y de  $-1,25$  D en el ojo no dominante, ojo derecho.

Aunque los resultados de nuestro estudio en el paciente con monovisión no nos permiten sacar conclusiones sobre la influencia de la monovisión en los aspectos sensoriales binoculares al incluir un único paciente en el estudio, podemos afirmar que el paciente sufrió una reducción de la estereopsis tras la cirugía de CCT asociada a monovisión aunque no tuvo ningún tipo de repercusión en su satisfacción.

Consideramos que una adecuada y completa exploración preoperatoria, incluyendo la determinación de la dominancia ocular y la exploración de la motilidad ocular son claves para el éxito de la monovisión. Nuestro paciente no presentó ninguna alteración en la MOE, mostrando ortoforia en la exploración preoperatoria, por lo que se le consideró buen candidato para la monovisión. Sin embargo, los casos descritos en la literatura de diplopía tras cirugía de monovisión están relacionados con historia de estrabismo, encontrando entre las causas:

- *Parálisis previas compensadas mediante convergencia fusional.* Cuando el paciente fija con el ojo parético, la desviación es mayor (desviación secundaria mayor que la primaria – Ley de Hering) pudiendo superar las amplitudes de vergencia fusional (Schuler *et al.*, 1999 y Kushner *et al.*, 2003).
- *Estrabismos manifiestos sin diplopia* gracias al desarrollo del mecanismo de supresión. En estos casos el paciente tras la cirugía es incapaz de suprimir su ojo dominante cuando el no dominante mira de cerca, produciendo diplopia al existir un estrabismo sin supresión (Kushner, 1995 y Kushner *et al.*, 2003).

- *Exotropias intermitentes de ángulo pequeño* donde el paciente es capaz de controlar su desviación gracias a la amplitud de fusión. De hecho, con frecuencia el paciente no es consciente de que la tiene ya que consigue compensarla. Es durante la exploración donde evidenciamos que desvían, de ahí la importancia de la exploración de la MOE ya que en estos pacientes, al romper la fusión con la cirugía de monovisión, se podría manifestar el estrabismo y por tanto la diplopia (Kushner *et al.*, 2003).

Por ello, los pacientes con estrabismo o forias marcadas, al tener un equilibrio oculomotor frágil, tienen mayor riesgo de descompensación tras la supresión inducida por la monovisión, no considerándose buenos candidatos para ésta. Por ello, la exploración de la motilidad ocular es clave en este tipo de cirugía para evitar complicaciones tan limitantes como la diplopía.

## **5.8. DISCUSIÓN SOBRE EL PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN**

Como hemos podido ver a lo largo de este trabajo, la integridad de la motilidad ocular extrínseca es crucial para una adecuada visión binocular. Al mismo tiempo, los sistemas sensorial y motor oculares están íntimamente relacionados, requiriendo para el adecuado funcionamiento de uno, la integridad del otro. El conocimiento del estado de la motilidad ocular nos aporta valiosa información sobre el estado sensorial y viceversa. Por ello, la exploración de ambos sistemas es

importante para detectar posibles alteraciones que puedan suponer un riesgo para la cirugía refractiva.

Nuestros resultados, al igual que los de otros estudios publicados previamente (Giannaccare *et al.*, 2018, Minnal *et al.*, 2011, Kirwan *et al.*, 2010 y Godts *et al.*, 2006) sugieren que la presencia de estrabismo no supone una contraindicación para la cirugía refractiva, pero este trabajo también refleja la importancia de realizar una evaluación preoperatoria más exhaustiva para conocer con detalle las características sensoriales, motoras y refractivas del paciente y así, poder determinar el grado de riesgo de descompensación que éste presenta y minimizar las complicaciones tras la intervención.

A pesar de la baja incidencia de estrabismo o diplopía tras cirugía refractiva reportada en la literatura y corroborada en nuestra serie, estas complicaciones pueden resultar muy limitantes e incluso invalidantes para el paciente. Al mismo tiempo, otras alteraciones en la binocularidad como supresiones y disminución o incluso pérdida de la estereopsis pueden conllevar dificultades en el desarrollo y ejecución de algunas habilidades y prácticas cotidianas, al comprometer en gran medida la percepción fina de profundidad. No debemos olvidar que entre los motivos por los que los pacientes solicitan la cirugía refractiva se encuentra la independencia de las gafas, la autonomía en actividades laborales o deportivas y, en general, la mejora en su capacidad visual y su calidad de vida. El concepto de capacidad visual incluye muchos aspectos, todos ellos importantes para desarrollar una adecuada percepción visual. Si bien es cierto que la agudeza visual es un aspecto determinante, la binocularidad y el equilibrio motor son también aspectos esenciales para una adecuada percepción. Tareas cotidianas como

llenar un vaso de agua, la práctica de algunos deportes, enhebrar una aguja, conducir o actos profesionales como realizar una cirugía o pilotar un avión se verían seriamente dificultadas sin una adecuada visión binocular estereoscópica, a pesar de contar con una buena agudeza visual.

Por ello consideramos que el propósito fundamental de este trabajo es resaltar la importancia y necesidad de establecer y cumplir un protocolo de evaluación más exhaustivo, que incluya el estudio del estado sensorial y motor, en todos los pacientes que van a ser sometidos a cirugía refractiva. De esta manera, se podrán detectar los factores de riesgo que podrían inducir no sólo estrabismos y diplopía sino cualquier alteración en la binocularidad y así catalogar el nivel de riesgo concreto para cada paciente.

El siguiente protocolo incluye una serie de pautas de actuación y pruebas orientadas a conocer el estado sensorio-motor del paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva y así orientar al oftalmólogo en la buena praxis médica con el fin de poder realizar una cirugía segura y de calidad. Dichas pautas resultan del estudio exhaustivo de las causas descritas en la literatura sobre diplopía y estrabismo tras cirugía refractiva (Gómez de Liaño Sánchez *et al.*, 2012, Kowal *et al.*, 2005, Kushner *et al.*, 2003, Kowal *et al.*, 2000, Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 2006, Gómez de Liaño-Sánchez *et al.*, 1996), de las recomendaciones de la Sociedad Española de Oftalmología (Llovet Osuna *et al.*, 2014), de los resultados del presente trabajo y de la propia experiencia clínica. Si bien es cierto que, aun con una detallada y minuciosa evaluación, siempre puede haber problemas técnicos durante la cirugía que pueden llevar a la aparición de complicaciones, con el protocolo que aquí presentamos reduciríamos en

gran medida la aparición de diplopía, descompensaciones de estrabismo y otras complicaciones visuales como disminución e incluso pérdida de la estereopsis que generarían insatisfacción en el paciente y frustración en el cirujano. El protocolo de exploración que proponemos incluye, además de la evaluación oftalmológica estándar (biomicroscopía, tonometría, fundoscopia, queratometría, biometría, paquimetría y topografía corneal) las siguientes valoraciones:

### **1.- ANAMNESIS**

Es uno de los puntos más importantes de la evaluación oftalmológica. Debemos interrogar al paciente por sus antecedentes oftalmológicos tanto personales como familiares, insistiendo en los antecedentes personales de ambliopía, estrabismo infantil o actual, cirugías de estrabismo o uso de toxina botulínica previos, episodios de diplopía y uso de prismas en gafas. Con frecuencia el paciente puede no ser consciente de la presencia de pequeñas cantidades de prisma en sus gafas, como evidenciaron Kushner y colaboradores en 2003 en el estudio más grande hasta la fecha, examinando los casos de diplopía y estrabismo tras cirugía refractiva. Tres de los 28 pacientes con diplopía habían estado usando prismas en sus gafas antes de la operación sin ser conscientes de ello y sin haber sido descartado por el cirujano. Haber descartado la presencia de prismas en las gafas en la valoración preoperatoria podría haber reducido, en gran medida, la diplopía (Kushner, 2003).

### **2.- AGUDEZA VISUAL Y REFRACCIÓN**

Con frecuencia las gafas son el gran aliado del estrabólogo. El uso de gafas nos permite no sólo mejorar la visión, controlar anisometropías y corregir ambliopías, sino también controlar gran parte de los estrabismos. En ocasiones, la visión puede requerir menos corrección que la requerida para controlar la desviación, por lo que una corrección quirúrgica puede ser suficiente para alcanzar una buena agudeza visual pero insuficiente para el control de la desviación. Por tanto, en pacientes con estrabismo que solicitan cirugía refractiva debemos:

- Prestar especial atención a la refracción en las gafas, refracción manifiesta y refracción ciclopléjica. Ésta última es esencial ya que nos permitirá detectar pacientes inadecuadamente graduados y dilucidar si el estrabismo lleva asociado un componente acomodativo y cómo la desviación se modifica en función de la refracción principalmente en:
  - Pacientes hipermétropes hipocorregidos para controlar una exotropía intermitente.
  - Pacientes miopes hipercorregidos para controlar una exotropía intermitente.
  - Pacientes hipermétropes corregidos con su máxima refracción ciclopléjica para controlar una endodesviación.
  
- Evitar errores de cálculo y problemas técnicos que induzcan defectos refractivos residuales o anisometropías. Aunque evidentemente estas complicaciones no son beneficiosas para ningún tipo de paciente, el paciente con estrabismo sería el peor candidato para que esto ocurriera ya que un defecto

refractivo inesperado puede no sólo reducir la agudeza visual sino también descompensar el estrabismo, pudiendo generar diplopía, supresión y pérdida de la estereopsis. Al mismo tiempo, la falta de corrección de la hipermetropía o una sobrecorrección de la miopía postquirúrgica puede causar la descompensación de forias previamente compensadas con las reservas fusionales.

### **3.- EXPLORACIÓN DE LA MOTILIDAD OCULAR EXTRÍNSECA**

#### **A) OBSERVACIÓN INICIAL EN BUSCA DE TORTÍCOLIS**

Como ya comentamos en el apartado de Introducción, lo primero que debemos observar es si el paciente presenta posición compensadora de la cabeza o tortícolis. Dichas posiciones se hacen evidentes en visión binocular, la cual no siempre se toma durante la exploración, ya que tiene como finalidad evitar la diplopía o reducir un nistagmo para así favorecer una mejor visión binocular. Por tanto, la toma de la visión binocular debería incluirse en el protocolo de exploración preoperatorio de los pacientes candidatos a cirugía refractiva, principalmente cuando sospechemos presencia de estrabismo, ya que es durante la demanda de visión binocular cuando podemos detectar la presencia de posiciones compensadoras de la cabeza.

#### **B) COVER TEST**

El *cover test* simple y el *cover/uncover* nos dan información sobre el tipo de desviación y el *cover* alterno nos permite desenmascarar forias y

cuantificar la amplitud máxima de la desviación. Este test debe realizarse con corrección y sin ella para ver las modificaciones en el ángulo de desviación con la refracción. También ha de llevarse a cabo de cerca y de lejos para observar posibles modificaciones en la desviación por la convergencia acomodativa.

### **C) EXPLORACIÓN DE LAS VERSIONES**

En la exploración motora no debemos olvidar explorar las versiones para determinar si, ante la presencia de un estrabismo, éste es comitante o incomitante, sugestivo de parálisis o restricciones. Esto adquiere gran relevancia en los pacientes altos miopes que, como ya hemos visto, tienen mayor predisposición a desarrollar alteraciones motoras restrictivas por el gran tamaño del globo ocular situado en una órbita inextensible.

Una de las causas de diplopía tras cirugía refractiva más frecuentemente documentadas en la literatura es la paresia de IV par craneal descompensada tras la intervención. Mediante la exploración de las versiones podríamos detectar su presencia y evitar las complicaciones postquirúrgicas.

Tras la exploración de la motilidad, en caso de estrabismo debemos advertir al paciente que, en el mejor de los casos, en ausencia de complicaciones, su estrabismo quedará igual que con gafas. Si a pesar de las gafas existe un residual de desviación, éste se mantendrá tras la cirugía. Al mismo tiempo la gafa hace un efecto prisma y un efecto marco-lente que hace que la desviación sea menos evidente, por lo que es importante preguntarle cómo se siente con lentes de contacto o hacer una prueba con éstas antes de la cirugía.

**D) AMPLITUD FUSIONAL**

Esta prueba no la recomendamos hacer de rutina pero sí en aquellos pacientes en los que detectemos alteración en el cover test, alteración en las pruebas de binocularidad (estereopsis o test de Worth) o amplitudes fusionales disminuidas o anormalmente altas y en especial en pacientes que van a ser sometidos a monovisión, pues la supresión inducida por la cirugía rompería la fusión conseguida con las reservas fusionales, especialmente en pacientes con forias, tropias intermitentes y paresias del IV par craneal.

Como ya comentamos en la Introducción, la amplitud fusional es el máximo movimiento que son capaces de realizar los ojos para compensar el desequilibrio en su posición. Ésta puede medirse con prismas de manera que, al poner el prisma delante del ojo, la imagen se desplaza obligando a los ojos a realizar movimientos vergenciales para que la imagen continúe recayendo sobre ambas fóveas y así conseguir la fusión. Cuando la distancia es demasiado grande, la fusión ya no es posible y aparece diplopia.

Los valores normales de amplitud de fusión se representan en la siguiente tabla:

Distancia de la prueba	Amplitud de convergencia fusional	Amplitud de divergencia fusional	Amplitud de fusión vertical
<b>Lejos (6 m)</b>	14 dp	6 dp	2,5 dp
<b>Cerca (25 cm)</b>	38dp	16 dp	2,6 dp

Tabla 58. Amplitudes fusionales normales medidas en dioptrías prismáticas (dp) (Simon *et al.*, 2008).

Estos valores pueden ampliarse según las necesidades del individuo, aunque requiriendo un esfuerzo constante. En la literatura se han descrito diversos casos de diplopía tras cirugía refractiva en pacientes con paresias del IV par craneal de larga evolución que pasaron desapercibidas en la exploración preoperatoria por presentar amplitudes fusionales anormalmente altas con las que conseguían evitar la diplopía (Godts *et al.*, 2004). Midiendo las reservas fusionales podremos desenmascarar estos casos y evitar así la diplopía tras la cirugía refractiva.

Por otro lado, en pacientes con exoforia o exotropía también deberíamos incluir el estudio de amplitud de convergencia con gafas y con lentes de contacto ya que se ha observado que las necesidades acomodativas con lentillas son mayores que con gafas (Snir *et al.*, 2003)

#### **4.- EXPLORACIÓN SENSORIAL**

##### **A) ESTEREOPSIS**

La medición de la estereopsis (*Stereo butterfly test, Titmus, Lang, etc.*) es una herramienta valiosa, sencilla de aplicar y con gran especificidad para la detección de cualquier alteración en la visión binocular. La estereopsis es un componente importante de la función visual binocular que ha sido ampliamente ignorado en el campo de la cirugía refractiva y que no se incluye de forma rutinaria en la evaluación preoperatoria a pesar de la facilidad para su determinación y lo económico del procedimiento. Como hemos podido comprobar a lo largo de este trabajo, la estereopsis nos da pistas sobre muchos aspectos de la función

visual: agudeza visual, presencia de anisometropía, equilibrio motor y presencia de fusión o supresión.

Determinar su valor nos ayuda a conocer el resultado visual real tras la cirugía de monovisión o cirugía refractiva en pacientes con estrabismo, ya que un resultado refractivo indeseado puede asociar pérdida de la estereoagudeza. Sin embargo, hoy en día se pone poco énfasis en su determinación en el postoperatorio para conocer la función binocular del paciente tras la intervención. Recordemos que alcanzar una visión de la unidad en ambos ojos no asegura la presencia de estereopsis, por tanto, no siempre implica una buena visión. Sin embargo, tener una estereopsis fina implica un perfecto equilibrio y coordinación binocular que nos permitirá tener habilidades perceptivas y motoras para desempeñar las tareas del día a día sin ningún inconveniente. Por tanto, consideramos que la medición de la estereopsis debería ser parte, no sólo de la evaluación preoperatoria sino también de la postoperatoria, para así conocer la agudeza visual binocular que expresa mejor la función global del sistema visual y, de esta manera, conocer el resultado visual real postoperatorio.

## **B) FUSIÓN Y SUPRESIÓN: TEST DE WORTH**

La realización de este test tiene especial relevancia cuando se han detectado alteraciones en los test de estereopsis, principalmente en pacientes con ausencia de estereopsis, lo que podría sugerir la presencia de una supresión como mecanismo de adaptación ante un desequilibrio motor. La realización del test de Worth nos permite determinar no sólo la presencia de supresión sino también el tamaño del escotoma. Por ello consideramos que, aunque no sería necesario realizarlo de forma

rutinaria en el protocolo de exploración de todo paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva, sería conveniente llevarlo a cabo en pacientes con ausencia de estereopsis o ante la sospecha de desequilibrio oculomotor.

## 5.- AMPLIACIÓN EN MONOVISIÓN

Además de la evaluación oftalmológica propuesta previamente, el paciente candidato a cirugía de monovisión debería someterse a unas pruebas especiales de forma adicional, como son:

- **Exploración de la dominancia ocular.** Existen diversos test para valorar la dominancia ocular. Uno de los más usados y sencillos de aplicar en la clínica es el denominado “test del agujero” en una cartulina, traducción del inglés “*hole in the card test*”. Esta prueba sí se usa de forma rutinaria en la evaluación del paciente candidato a monovisión ya que nos permite determinar cual es el ojo dominante, que en la técnica de monovisión convencional es el programado para la emetropía, para la visión lejana. La determinación del ojo dominante es importante no sólo para la decisión de qué ojo es programado para la visión lejana y cual para la cercana sino también para conocer posibles riesgos potenciales tras la cirugía. Como ya hemos visto a lo largo de este trabajo, la monovisión puede descompensar un equilibrio oculomotor frágil. Existen pacientes con dominancias oculares muy marcadas que no serán buenos candidatos para monovisión, ya que el ojo dominante sigue siendo el elegido tanto para lejos como

para cerca, generando síntomas astenópicos. Esta situación suele darse con frecuencia en:

- Pacientes con estrabismo constante (tanto endotropias como exotropias) donde el ojo fijador es el dominante y el desviado el no dominante. En estos casos los pacientes no suelen ser capaces de suprimir su ojo dominante cuando el otro fija de cerca.
- Pacientes con paresias que controlan la desviación con las reservas fusionales. Recordemos la fisiología subyacente en los estrabismos paréticos donde la desviación secundaria (del ojo no parético), por la ley de Hering, es mayor cuando fija el ojo parético. De esta manera el paciente podría estar controlando su desviación mediante la amplitud de fusión, sin embargo, cuando el paciente intentara fijar con el ojo parético tras la monovisión, la desviación sería mayor y podría exceder sus reservas fusionales, haciendo manifiesta la desviación, conllevando la aparición de diplopía.
- Pacientes con fuerte anisometropía donde hay un ojo claramente dominante que continúa siendo el elegido tanto de cerca como de lejos, dando lugar a astenopía.

Por tanto, en pacientes con una dominancia ocular marcada (estrabismo, fuertes anisometropías), forias o paresias oculares desaconsejamos la cirugía de monovisión por su poca utilidad y elevado riesgo de complicaciones como diplopía o astenopia.

- **Prueba de simulación con LC.** Tras la revisión exhaustiva en la literatura de los casos de diplopía tras cirugía refractiva, hemos podido comprobar que muchos de ellos han ocurrido tras aplicar la técnica de monovisión. Sin embargo, no todos los protocolos de cirugía refractiva recomiendan esta prueba de forma rutinaria. En el protocolo de cirugía refractiva de la Sociedad Española de Oftalmología los autores refieren no hacer la simulación preoperatoria con lente de contacto cuando se plantea la técnica de monovisión, salvo en determinados casos puntuales como miopes o emétopes donde se plantea operar únicamente un ojo. Las razones que se reportan son la alta probabilidad de que se rechace la técnica por la molestia ocasionada por el porte de la lente de contacto (en no usuarios habituales), emborronamiento transitorio de la visión, etc (Llovet Osuna *et al.*, 2014). Sin embargo, dada la severa repercusión que puede tener en la calidad de vida del paciente una complicación como la diplopía, consideramos imprescindible realizar una prueba con lentes de contacto, no sólo para que el paciente experimente la situación refractiva con la que se le dejará tras la cirugía combinada sino también para repetir la exploración de la motilidad ocular para observar si hay modificaciones en la desviación. Esto último adquiere especial relevancia en los pacientes con exotropía intermitente de pequeño ángulo compensadas con la amplitud fusional. Gracias a sus reservas fusionales consiguen corregir el desajuste motor, presentando en las pruebas sensoriales buena estereopsis, buena visión binocular. De hecho, con frecuencia estos pacientes niegan tener desviación y sólo es objetivable tras la exploración de la MOE. De ahí la importancia de explorar la motilidad ocular de forma

rutinaria en estos pacientes ya que la ruptura de la fusión generada por la monovisión supondría un riesgo para que la desviación se hiciera manifiesta, implicando el riesgo de diplopía.

Consideramos que los resultados visuales y la satisfacción del paciente tras la cirugía refractiva depende, en gran medida, de la calidad del examen preoperatorio. El protocolo que en este trabajo proponemos incluye una serie de pruebas orientadas a conocer el estado sensorio-motor del paciente que va a ser sometido a cirugía refractiva. La determinación de estos parámetros nos va a permitir identificar posibles factores de riesgo que puedan suponer complicaciones binoculares tras la intervención. La mayoría de las pruebas son sencillas de aplicar y asequibles para cualquier oftalmólogo. Sin embargo, algunos tipos de estrabismo pueden ser más difíciles de diagnosticar y requieren una adecuada comprensión de la fisiología subyacente del estrabismo, pudiendo crear dudas para un oftalmólogo no experimentado en estrabismo. Por ello recomendamos que, ante cualquier duda en la exploración motora o ante la presencia de alteraciones en las pruebas básicas sensorio-motoras, haya una colaboración entre facultativos, solicitando el cirujano refractivo una valoración del paciente por parte del estrabólogo. De esta manera, el trabajo multidisciplinar nos facilitará la toma de decisiones clínicas y nos permitirá informar adecuadamente al paciente de las expectativas reales acerca de los resultados visuales después de la intervención y, en el caso de que se trate de un paciente de riesgo, aconsejamos la realización de un informe donde se detalle cualquier riesgo adicional en el proceso refractivo por alguna condición previa del paciente.

## **6. CONCLUSIONES FINALES**



1. La presencia de estrabismo no supone una contraindicación para la cirugía refractiva pero la adecuada exploración motora, sensorial y refractiva es clave para minimizar los riesgos de descompensación o diplopía tras la misma.
2. Un mal resultado refractivo-visual puede ser el factor determinante de la descompensación de un estrabismo tras la cirugía refractiva. Por ello, en todos los pacientes, pero en especial en los estrábicos, debemos evitar los errores de cálculo que puedan desencadenar anisometropías o defectos refractivos residuales, principalmente hipermetrópicos por el componente acomodativo que suelen llevar asociado.
3. Los pacientes con tropías fueron los únicos que sufrieron modificaciones significativas del ángulo de desviación tras la cirugía refractiva. Por ello, en pacientes que necesiten tanto cirugía refractiva como cirugía de estrabismo, recomendamos una secuencia quirúrgica, realizando la cirugía refractiva en primer lugar dadas las modificaciones que ésta puede generar en el ángulo de desviación.
4. Recomendamos el estudio sistemático de la visión binocular en el protocolo preoperatorio de todos los pacientes que van a ser sometidos a cirugía refractiva, incluyendo en la anamnesis el interrogatorio sobre antecedentes de estrabismo, diplopía y uso de prismas en gafas y una exploración que incluya la motilidad ocular extrínseca y estereopsis. Una exploración detallada nos permitirá detectar factores de riesgo que puedan desencadenar

alteraciones en la visión binocular del paciente que comprometan la calidad de vida del mismo.

5. En los pacientes que muestren alteraciones en las pruebas de screening de visión binocular en el contexto de una cirugía refractiva, aún siendo asintomáticos, aconsejamos un manejo multidisciplinar que incluya la valoración del especialista en estrabismo.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**



Alarcon A, Anera RG, Villa C, *et al.* Visual quality after monovision correction by laser in situ keratomileusis in presbyopic patients. *J Cataract Refract Surg.* 2011; 37: 1629-1635.

Algawi K, Goggin M, O'Keefe M. Stereopsis and accommodation following photorefractive keratectomy for myopia. *Eur. J. Ophthalmol.* 1995; 7: 150-153.

Alió JL, Perez-Santonja JJ, Tervo T, *et al.* Postoperative inflammation, microbial complications, and wound healing following laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg.* 2000;16(5):523-538.

Alió JL, Chaubard JJ, Caliz A, Sala E, Patel S. Correction of presbyopia by technovision central multifocal LASIK (presbyLASIK). *J Refract Surg.* 2006; 22: 453-460.

Ambrosio R Jr, Tervo T, Wilson SE. LASIK-associated dry eye and neurotrophic epitheliopathy: pathophysiology and strategies for prevention and treatment. *J Refract Surg.* 2008; 24: 396-407.

Ambrosio R Jr, Periman LM, Netto MV, Wilson SE. Bilateral marginal sterile infiltrates and diffuse lamellar keratitis after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg.* 2003;19 (2): 154-158.

Arias Iribarren J, Piñero Bustamante A, López Guajardo L, Nadal Reus J, Piñero Rodríguez A. Manejo de las Degeneraciones Periféricas de la Retina "Guías de Práctica Clínica de la SERV: Sociedad Española de Retina y Vítreo"; 2017.

Attebo K, Ivers RQ, Mitchell P. Refractive errors in an older population: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*. 1999; 106(6): 1066-1072.

Awwad ST, Di Pascuale MA, Hogan RN, *et al.* Avellino corneal dystrophy worsening after laser in situ keratomileusis: further clinicopathologic observations and proposed pathogenesis. *Am J Ophthalmol*. 2008; 145(4): 656-661.

Barrett KE, Barmen SM, Boitano S, Brooks HL. Ganong. *Fisiología médica*. 25ed. México: Mc Graw Hill/Interamericana; 2016.

Benítez del Castillo JM. *Estrabología práctica*. Barcelona: Domènec Pujades; 1996.

Braun EH, Lee J, Steinert RF. Monovision in LASIK. *Ophthalmology*. 2008; 115(7): 1196-1202.

Brown SM, Brooks SE, Mazow ML, Avilla CW, Braverman AE, Greenhaw ST, Green ME, McCartney DL, Tabin GC. Cluster of diplopia cases after periocular anesthesia without hyaluronidase. *J Cataract Refract Surg*. 1999; 25: 1245-1249.

Campos M, Hertzog L, Garbus JJ, McDonnell PJ. Corneal sensitivity after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol*. 1992; 114(1): 51-54.

Canessa N. *Il sogno della ragione. Come funziona il cervello*. Barcelona: Batiscafo, D.L; 2016.

Capo H, Guyton DL. Ipsilateral hypertropia after cataract surgery. *Ophthalmology* 1996; 103: 721-730.

Chaduteau GC, Kohane B. De la nécessité du bilan orthoptique avant chirurgie réfractive. *J Fr Orthopt.* 1998; 30:106–108.

Chao CW, Azar DT. Lamellar keratitis following laser-assisted in situ keratomileusis. *Ophthalmol Clin North Am.* 2002. Mar; 15 (1): 35-40.

Cisneros Lanuza AL, Martínez-Costa R. Complicaciones de la cirugía refractiva intraocular: Sociedad española de oftalmología; 2003.

Clare G, Moore TC, Grills C, *et al.* Early flap displacement after LASIK. *Ophthalmology.* 2011; 118(9): 1760- 1765.

Cobo-Soriano R, Llovet F, Gonzalez-Lopez F, Domingo B, Gomez-Sanz F, Baviera J. Factors that influence outcomes of hyperopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28: 1530-1538.

Corcoran, K.J. Macroeconomic landscape of refractive surgery in the United States. *Current Opinion Ophthalmology.* 2015; 26(4): 249–254.

Cuadrado Escamilla JL. Estudio anatómico-clínico y epidemiológico de la queratitis laminar difusa como complicación postquirúrgica de la fotoqueratomileusis (LASIK) [tesis doctoral]. Valencia: Servei de Publicacions, Universitat de València; 2008.

Dirani M, Couper T, Yau J, *et al.* Long-term refractive outcomes and stability after excimer laser surgery for myopia. *J Cataract Refract Surg.* 2010; 36(10): 1709-1717.

Davis EA, Hardten DR, Lindstrom RL. LASIK complications. *Int Ophthalmol Clin.* 2000 Summer;40(3): 67-75.

Donovan L, Sankaridurg P, Ho A, *et al.* Myopia progression in Chinese children is slower in summer than in winter. *Optom Vis Sci.* 2012; 89(8): 1196-1202.

Duch AM, Martínez-Costa R, Cisneros Lanuza AL. Complicaciones preoperatorias y postoperatorias precoces. En: Cisneros-Lanuza AL, Martínez-Costa R. *Complicaciones de la cirugía refractiva intraocular: Sociedad española de oftalmología; 2003. p. 34-35.*

El-Agha MS, Johnston EW, Bowman RW, *et al.* Excimer laser treatment of spherical hyperopia: PRK or LASIK? *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2000;98:59-66; discussion -9.

El Danasoury MA, El Magharaby A, Klyce SD, *et al.* Comparison of photorefractive keratectomy with excimer laser in situ keratomileusis in correcting low myopia (from -2.00 to -5.50 diopters). A randomized study. *Ophthalmology.* 1999; 106:411-420; discussion 420-421.

Erickson P, McGill EC. Role of visual acuity, stereoacuity, and ocular dominance in monovision patient success. *Optom Vis Sci.* 1992; 69:761-764.

Erie JC. Acquired Brown's Syndrome after peribulbar anesthesia. *Am J Ophthalmol.* 1990; 109: 349-350.

Fan DS, Rao SK, Cheung EY, *et al.* Astigmatism in Chinese preschool children: prevalence, change, and effect on refractive development. *Br J Ophthalmol.* 2004; 88(7): 938-941.

Farahi A, Hashemi H. The effect of hyperopic laser in situ keratomileusis on refractive accommodative esotropia. *Eur J Ophthalmol.* 2005; 15:688-694.

Farbrother JE, Kirov G, Owen MJ, *et al.* Linkage analysis of the genetic loci for high myopia on 18p, 12q, and 17q in 51 U.K. families. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2004; 45(9): 2879-2885.

Farid M, Steinert RF. Patient selection for monovision laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2009; 20: 251-254.

Fawcett SF, Herman W, Alfieri C. Stereoacuity and foveal fusion in adults with longstanding surgical monovision. *J AAPOS.* 2001; 5: 342-347.

Filippini HR, Banks MS. Limits of stereopsis explained by local crosscorrelation. *J Vis.* 2009; 9:1-18, 8.

Franco Iglesias G, Riba García J. Miopía simple, alta y degenerativa. En: Aránguez C. *Manual de refracción para residentes de oftalmología.* Madrid: Essilor España; 2007. p.91-108.

Galán Terraza A, Visa Nasarre J. *Diplopía.* Barcelona: Glosa; 2005.

Garcia-Gonzalez M, Teus MA, Hernandez-Verdejo JL. Visual outcomes of LASIK-induced monovision in myopic patients with presbyopia. *Am J Ophthalmol.* 2010; 150(3): 381-386.

Ghadhfan F, Al-Rajhi A, Wagoner MD. Laser in situ keratomileusis versus surface ablation: Visual outcomes and complications. *J Cataract Refract Surg.* 2007;33(12):2041-2048.

Giannaccare G, Primavera L, Fresina M. Photorefractive keratectomy influences the angle of ocular deviation in strabismus patients with hyperopia. *Int Ophthalmol.* 2018 <https://doi.org/10.1007/s10792-018-0867-5>.

García Lázaro S, López Gil N, Navarro Belsué R, Pons Moreno AM, Sánchez Cano AI, Montés-Micó R. *Optometría. Principios básicos y aplicación clínica.* Barcelona: Elsevier; 2011.

Gil Ruiz M, Ortega Usobiaga J. Introducción a la cirugía refractiva. En: Aránguez C. *Manual de refracción para residentes de oftalmología.* Madrid: Essilor España; 2007. p.211-221.

Godts D, Tassignon MJ, Gobin L. Binocular vision impairment after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg.* 2004; 30: 101–109.

Godts D, Trau R, Tassignon MJ. Effect of refractive surgery on binocular vision and ocular alignment in patients with manifest or intermittent strabismus. *Br J Ophthalmol.* 2006; 90: 1410–1413.

Gómez de Liaño-Sánchez R, Arias Puente A, Ragai Kamel N, Gómez Moreno ML, Gómez de Liaño Sánchez P, Rodríguez Sánchez J. Visión binocular tras la cirugía fotorrefractiva. *Acta Estrabológica*. 1996; 25: 185-188.

Gómez de Liaño-Sánchez R, Jiménez Mateo-Sidrón V, Merino Sanz P, Franco Iglesias G, Llovet Rausell A, Ortega-Usobiaga J, *et al*. Motilidad ocular extrínseca y cirugía refractiva. En: *Cirugía refractiva: Protocolos: Sociedad española de oftalmología*; 2014. p.55-57.

Gómez-de-Liaño-Sanchez R, Borrego-Hernando R, Franco-Iglesias G, Gómez-de-Liaño-Sanchez P, Arias-Puente A. Estrabismo y diplopía tras la cirugía refractiva. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2012; 87(11): 363–367.

Gómez-de-Liaño-Sanchez R, Piedrahita-Alonso E, Arias-Puente A. Visión binocular tras cirugía refractiva en pacientes hipermétropes. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2006; 81: 107-14.

Graham PA. Epidemiology of strabismus. *Br J Ophthalmol*. 1974; 58: 224–31.

Greenbaum S. Monovision pseudophakia. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28:1439–1443.

Grimmett MR, Lambert SR. Superior rectus muscle overaction after cataract extraction. *Am J Ophthalmol*. 1992; 114: 72-80.

Guggenheim JA, Northstone K, McMahon G, *et al.* Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in childhood: a prospective cohort study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53(6): 2856-2865.

Gunton K, Armstrong B. Diplopia in adult patients following cataract extraction and refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2010; 21: 341–344.

Gwiazda J, Deng L, Dias L, Marsh-Tootle W. Association of education and occupation with myopia in COMET parents. *Optom Vis Sci.* 2011; 88(9): 1045-1053.

Gwiazda J, Deng L, Manny R, Norton TT. COMET Study Group. Seasonal variations in the progression of myopia in children enrolled in the correction of myopia evaluation trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014; 55(2): 752-758.

Hamilton DR, Davirdoff JM, Maloney RK. Anterior ciliary esclerotomy for treatment of presbyopia: a prospective controlled study. *Ophthalmology.* 2002; 109:1970-1976.

Harris J, Mizuiri D, Ambrus A, Lum FC. *Refractive Errors & Refractive Surgery Preferred Practice Pattern.* Garratt S, editor. San Francisco: American Academy of Ophthalmology; 2017.

Hayashi H, Yamashiro K, Nakanishi H, *et al.* Association of 15q14 and 15q25 with high myopia in Japanese. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011; 52(7): 4853-4858.

He M, Xiang F, Zeng Y, *et al.* Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2015; 314(11): 1142-1148.

Helmy SA, Salah A, Badawy TT, *et al.* Photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis for myopia between 6.00 and 10.00 diopters. *J Refract Surg*. 1996; 12: 417-421.

Hersh PS, Brint SF, Maloney RK, *et al.* Photorefractive keratectomy versus laser in situ keratomileusis for moderate to high myopia. A randomized prospective study. *Ophthalmology*. 1998; 105: 1512-1522.

Holland D, Amm M, de Decker W. Persisting diplopia after bilateral laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2000; 26:1555–1557.

Holland SP, Srivannaboon S, Reinstein DZ. Avoiding serious corneal complications of laser assisted in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Ophthalmology*. 2000; 107(4): 640-652.

Holzer MP, Mannsfeld A, Ehmer A, Auffarth GU. Early outcomes on Intracor femtosecond laser treatment of presbyopia. *J Refract Surg*. 2009; 25: 855-861.

Hovanesian JA, Shah SS, Maloney RK. Symptoms of dry eye and recurrent erosion syndrome after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2001; 27(4): 577-584.

Hoyos JE, Cigales M, Hoyos-Chacon J, Ferrer J, Maldonado-Bas A. Hyperopic laser in situ keratomileusis for refractive accommodative esotropia. *J Cataract Refract Surg.* 2002; 28: 1522-1529.

Hutchinson AK, Serafino M, Nucci P. Photorefractive keratectomy for the treatment of purely refractive accommodative esotropia: 6 years experience. *Br J Ophthalmol.* 2010; 94: 236–240.

Ingram RM, Gill LE, Lambert TW. Effect of spectacles on changes of spherical hypermetropia in infants who did, and did not, have strabismus. *Br J Ophthalmol.* 2000; 84: 1333.

Ip JM, Saw SM, Rose KA, *et al.* Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008; 49(7): 2903-2910.

Jain S, Arora I, Azar DT. Success of monovision in presbyopes: review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol.* 1996; 40: 491-499.

Jensen H. Myopia progression in young school children and intraocular pressure. *Doc Ophthalmol.* 1992; 82(3): 249-255.

Jin JX, Hua WJ, Jiang X, *et al.* Effect of outdoor activity on myopia onset and progression in school-aged children in northeast China: the Sujiatun Eye Care Study. *BMC Ophthalmol.* 2015; 15: 73.

Johannsdottir KR, Stelmach LB. Monovision: a review of the scientific literature. *Optom Vis Sci.* 2001; 78: 646–651.

Johnson DA. Persistent vertical binocular diplopia after cataract surgery. *Am J Ophthalmol*. 2001; 132: 831-835.

Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, *et al*. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007; 48(8): 3524-3532.

Kandel ER, Jessell TM, Sanes J. Desarrollo del sistema nervioso. En: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, editores. *Principios de neurociencia*. 4ª edición. España: McGraw Hill; 2000. p. 115-113.

Katz J, Tielsch JM, Sommer A. Prevalence and risk factors for refractive errors in an adult inner city population. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1997; 38(2): 334-40.59.

Kempen JH, Mitchell P, Lee KE, *et al*. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol*. 2004; 122(4): 495-505.

Kim SK, Lee JB, Han SH, Kim EK. Ocular deviation after unilateral laser in situ keratomileusis. *Yonsei Med J*. 2000; 41: 404-406.

Kirwan C, O'Keefe M, O'Mullane G, Sheehan C. Refractive surgery in patients with accommodative and nonaccommodative strabismus: 1-year prospective follow-up. *Br J Ophthalmol*. 2010; 94:898-902.

Kirwan C, O'Keefe M. Stereopsis in refractive surgery. *Am J Ophthalmol*. 2006; 142: 218-222.

Kleinstein RN, Jones LA, Hullett S, *et al.* Refractive error and ethnicity in children. *Arch Ophthalmol.* 2003; 121(8): 1141-1147.

Kline LB, Arnold AC, Eggenberger E, Foroozan R, Golnik KC, Rizzo JF *et al.* *Neurooftalmología.* Barcelona: Elsevier; 2008.

Kohnen T, Schwarz L, Remy M, Shajari M. Short-term complications of femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis cuts: Review of 1210 consecutive cases. *J Cataract Refract Surg.* 2016 Dec;42(12):1797-1803.

Kohnen T, Schwarz L, Remy M, Shajari M. Short-term complications of femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis cuts: Review of 1210 consecutive cases. *J Cataract Refract Surg.* 2016; 42(12):1797-1803.

Kowal L. Refractive surgery and diplopia. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2000; 28: 344-346.

Kowal L, Battu R, Kushner B. Refractive surgery and strabismus. *Clin Experiment Ophthalmol.* 2005; 33(1): 90-96.

Kushner B, Kowal L. Diplopia after refractive surgery: occurrence and prevention. *Arch Ophthalmol.* 2003; 121: 315-321.

Kushner BJ. Fixation switch diplopia. *Arch Ophthalmol.* 1995; 113: 896-899.

Lappin JS, Craft WD. Definition and detection of binocular disparity. *Vis Res.* 1997;37: 2953-2974.

Lahav K, Levkovitch-Verbin H, Belkin M, *et al.* Reduced mesopic and photopic foveal contrast sensitivity in glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2011; 129(1): 16-22.

Lam DS, Tam PO, Fan DS, *et al.* Familial high myopia linkage to chromosome 18p. *Ophthalmologica.* 2003; 217(2): 115-118.

Lam CS, Lam CH, Cheng SC, Chan LY. Prevalence of myopia among Hong Kong Chinese schoolchildren: changes over two decades. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2012; 32(1): 17-24.

Li Z, Qu J, Xu X, *et al.* A genome-wide association study reveals association between common variants in an intergenic region of 4q25 and high grade myopia in the Chinese Han population. *Hum Mol Genet.* 2011;20(14): 2861-2868.

Lindsay RG, Watters G, Johnson R, *et al.* Acanthamoeba keratitis and contact lens wear. *Clin Exp Optom.* 2007; 90(5): 351-360.

Liu S, Zhang P, Wu X, Hu S, Tan X. Clinical analysis of binocular aniseikonia after laser in situ keratomileusis on myopic patients. *Eye Science.* 2003; 19: 107-109.

Llorca A. Evaluación morfológica y morfométrica de neuroimágenes retinianas y cerebrales como factor pronóstico de la función visual en pacientes con esclerosis múltiple [tesis doctoral]. Valencia: Servei de Publicacions, Universitat de València; 2013.

Llovet Osuna F, Ortega-Usobiaga J. Cirugía refractiva: Protocolos: Sociedad española de oftalmología; 2014.

Magli A, Iovine A, Gagliardi V, *et al.* LASIK and PRK in refractive accommodative esotropia: a retrospective study on 20 adolescent and adult patients. *Eur J Ophthalmol.* 2009; 19:188–195.

Maguen E, Salz JJ, Nesburn AB, *et al.* Results of excimer laser photorefractive keratectomy for the correction of myopia. *Ophthalmology.* 1994; 101(9): 1548-56; discussion 56-57.

Mandava N, Donnenfeld ED, Owens PL, Kelly SE, Haight DH. Ocular deviation following excimer laser photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 1996;22: 504–505.

Marmer RH. Ocular deviation induced by radial keratectomy. *Ann Ophthalmol.* 1987;19: 451-452.

Martínez-Costa R, Cisneros Lanuza AL. Cirugía refractiva intraocular, concepto, terminología, objetivos. En: *Complicaciones de la cirugía refractiva intraocular: Sociedad española de oftalmología; 2003. p.13-14.*

Martínez de la Casa JM, Matilla M, Ariño M. Astigmatismo. En: Aránguez C. *Manual de refracción para residentes de oftalmología.* Madrid: Essilor España; 2007. p.121-137.

McCarty CA, Aldred GF, Taylor HR. Comparison of results of excimer laser correction of all degrees of myopia at 12 months postoperatively. The Melbourne Excimer Laser Group. *Am J Ophthalmol.* 1996; 121(4): 372-83.

McGill EC, Erickson P. The effect of monovision lenses on the near-point range of single binocular vision. *J Am Optom Assoc.* 1991; 62: 828-831.

McKnight CM, Sherwin JC, Yazar S, *et al.* Myopia in young adults is inversely related to an objective marker of ocular sun exposure: the Western Australian Raine cohort study. *Am J Ophthalmol.* 2014; 158(5): 1079-1085.

Melki SA, Azar DT. LASIK complications: etiology, management, and prevention. *Surv Ophthalmol.* 2001 Sep-Oct; 46(2): 95-116.

Meyer JC, Stulting RD, Thompson KP, Durrie DS. Late onset of corneal scar after excimer laser photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol.* 1996; 121(5): 529-539.

Minnal V, Rosenberg J. Refractive surgery: a treatment for and a cause of strabismus. *Current Opinion in Ophthalmology.* 2011; 22: 222-225.

Mirshahi A, Ponto KA, Hoehn R, *et al.* Myopia and level of education: results from the Gutenberg Health Study. *Ophthalmology.* 2014; 121(10): 2047-2052.

Moguel-Ancheita S, Ramírez-Sibaja S, Castellanos-Pérez Bolde C, Orozco-Gómez LP. Funciones sensoriomotoras y depresión en niños con estrabismo. Primera fase. *Cir Ciruj.* 2008; 76: 101-107.

Morales AJ, Zadok D, Mora-Retana R, *et al.* Intraoperative mitomycin and corneal endothelium after photorefractive keratectomy. *Am J Ophthalmol.* 2006; 142(3): 400-404.

Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Myopia. *Lancet*. 2012; 379(9827): 1739-1748.

Murray A, Jones L, Milne A, *et al*. A systemic review of the safety and efficacy of elective photorefractive surgery for the correction of refractive error. Aberdeen, Scotland: Health Services Research Unit, University of Aberdeen; 2005. Available at: [www.sheffield.ac.uk/polopoly\\_fs/1.43792!/file/Photorefractive-IPP.pdf](http://www.sheffield.ac.uk/polopoly_fs/1.43792!/file/Photorefractive-IPP.pdf). Accessed October 16, 2018.

Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, *et al*. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002; 43(12): 3633-3640.

Nemet P, Levenger S, Nemet A. Refractive surgery for refractive errors which cause strabismus. A report of 8 cases. *Binocul Vis Strabismus Q*. 2002; 17: 187-191.

Norman JF, Norman HF, Craft AE, *et al*. Stereopsis and aging. *Vis Res*. 2008; 48: 2456-2465.

O'Brart DP, Corbett MC, Lohmann CP, *et al*. The effects of ablation diameter on the outcome of excimer laser photorefractive keratectomy. A prospective, randomized, double-blind study. *Arch Ophthalmol*. 1995; 113(4): 438-443.

Pallikaris IG, Siganos DS. Excimer laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy for correction of high myopia. *J Refract Corneal Surg.* 1994; 10: 498-510.

Pan CW, Zheng YF, Wong TY, *et al.* Variation in prevalence of myopia between generations of migrant Indians living in Singapore. *Am J Ophthalmol.* 2012; 154(2): 376-381.

Panum PL. *Physiologische Untersuchungen Über das Sehen mit Zwei Augen.* Kiel: Schewershe Buchhandlung, 1858, p. 52.

Perez-Santonja JJ, Bellot J, Claramonte P, *et al.* Laser in situ keratomileusis to correct high myopia. *J Cataract Refract Surg.* 1997; 23(3): 372-385.

Phillips CB, Prager TC, McClellan G, Mintz-Hittner HA. Laser in situ keratomileusis for treated anisometropic amblyopia in awake, autofixating pediatric and adolescent patients. *J Cataract Refract Surg.* 2004;30: 2522-2528.

Polat S, Can C, Ilhan B, *et al.* Laser in situ keratomileusis for treatment of fully or partially refractive accommodative esotropia. *Eur J Ophthalmol.* 2009; 19: 733–737.

Prieto-Díaz J, Souza-Dias C. *Estrabismo.* 5ª ed. Buenos Aires: Ediciones Científicas Argentinas; 2005.

Qazi MA, Pepose JS, Shuster JJ. Implantation of scleral expansion band segments for the treatment of presbyopia. *Am J Ophthalmol.* 2002; 134: 808-815.

Rad AS, Jabbarvand M, Saifi N. Progressive keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Refract Surg.* 2004; 20(5 Suppl): S718-22.

Rahi JS, Cumberland PM, Peckham CS. Myopia over the lifecourse: prevalence and early life influences in the 1958 British birth cohort. *Ophthalmology.* 2011; 118(5): 797-804.

Razmjoo H, Akhlaghi MR, Dehghani AR, Peyman AR, Sari-Mohammadli M, Ghatreh-Samani H. Stereoacuity following LASIK. *J Ophthalmic Vis Res.* 2008; 3 (1): 28-31.

Razmjoo H, Kooshanmehr MR, Peyman A, Kor Z, Mohammadesmaeil E. Comparison of standard and low dose intraoperative mitomycin C in prevention of corneal haze after photorefractive keratectomy. *Int J Prev Med.* 2013; 4(2): 204-207.

Rechichi C, Scullica L. Trends regarding myopia in video terminal operators. *Acta Ophthalmol Scand.* 1996;74(5):493-496.

Reilly CD, LeeWB, Alvarenga L, *et al.* Surgical monovision and monovision reversal in LASIK. *Cornea.* 2006; 25:136-138.

Riaz KM, Feder RS, Srivastava A, *et al.* *Achromobacter xylosoxidans* keratitis masquerading as recurrent erosion after LASIK. *J Refract Surg.* 2013; 29(11): 788-790.

Rodríguez Salvador V, Gallego Lago I, Zarco Villarosa D. *Visión y deporte.* Barcelona: Glosa; 2010.

Romero y Apis D. Endotropias. En: Romero y Apis D. Estrabismo. Aspectos Clínicos y Tratamiento. México: DALA S.A; 2010. p.141-168.

Rose KA, Morgan IG, Ip J, *et al.* Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. 2008; 115(8): 1279-85.

Rose KM, Roper-Hall G. Differential diagnosis of diplopia following cataract extraction. *Am Orthoptic J*. 1999; 49: 99-104.

Sabetti L, Spadea L, D'Alessandri L, Balestrazzi E. Photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis in refractive accommodative esotropia. *J Cataract Refract Surg*. 2005; 31:1899–1903.

Sadun, Alfredo A. Section 2. The afferent visual system. Chapter 186: Anatomy and Physiology. Yannof, Myron; Duker, Jay S; *Ophthalmology*; Ed Mosby; Second edition. 2004.

Saunders KJ. Early refractive development in humans. *Surv Ophthalmol*. 1995; 40: 207-216.

Saw SM, Chua WH, Hong CY, *et al.* Nearwork in early-onset myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2002; 43(2): 332-339.

Saw SM, Tong L, Chua WH, *et al.* Incidence and progression of myopia in Singaporean school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005; 46(1): 51-57.

Schuler E, Silverberg M, Beade P, Moadel K. Decompensated strabismus after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 1999; 25: 1552–1553.

Shen Z, Shi K, Yu Y, Yu X, Lin Y, Yao K. Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) versus Femtosecond Laser-Assisted In Situ Keratomileusis (FS-LASIK) for Myopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 11(7), e0158176. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158176>.

Sher NA, Krueger RR, Teal P, *et al.* Role of topical corticosteroids and nonsteroidal antiinflammatory drugs in the etiology of stromal infiltrates after excimer photorefractive keratectomy. *J Refract Corneal Surg.* 1994; 10(5): 587-8.390.

Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, *et al.* The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology.* 2012; 119(10): 2141-2151.

Shi Y, Qu J, Zhang D, *et al.* Genetic variants at 13q12.12 are associated with high myopia in the Han Chinese population. *Am J Hum Genet.* 2011; 88(6): 805-813.

Shi Y, Gong B, Chen L, *et al.* A genome-wide meta-analysis identifies two novel loci associated with high myopia in the Han Chinese population. *Hum Mol Genet.* 2013; 22(11): 2325-2333.

Shufelt C, Fraser-Bell S, Ying-Lai M, *et al.* Refractive error, ocular biometry, and lens opalescence in an adult population: the Los Angeles Latino Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005; 46(12): 4450-60.63.

Sia RK, Ryan DS, Edwards JD, Stutzman RD, Bower KS. The U.S. Army Surface ablation study: Comparison of PRK, MMC-PRK, and LASEK in moderate to high myopia. *J Refract Surg.* 2014; 30(4): 256-264.

Simon J, Aaby A, Drack A, Hutchinson A, Olitsky S, Plager E *et al.* *Oftalmología pediátrica y estrabismo.* Barcelona: Elsevier; 2008.

Singer W. Inhibitory binocular interaction in the lateral geniculate body of the cat. *Brain Res.* 1970; 18: 165.

Sippel KC, Jain S, Azar DT. Monovision achieved with excimer laser refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin.* 2001; 41: 91–101.

Smith RJ, Maloney RK. Diffuse lamellar keratitis. A new syndrome in lamellar refractive surgery. *Ophthalmology.* 1998; 105(9): 1721-1726.

Snir M, Kremer I, Weinberger D, Sherf I, Axer-Siegel R. Decompensation of exodeviation after corneal refractive surgery for moderate to high myopia. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging.* 2003; 34: 363-370.

Spadea L, Sabetti L, D'Alessandri L, Balestrazzi E. Photorefractive keratectomy and LASIK for the correction of hyperopia: 2-year follow-up. *J Refract Surg.* 2006; 22(2): 131-136.

Spierer A, Schwalb E. Superior oblique muscle paresis after subTenon's anesthesia for cataract surgery. *J Cataract Refract Surg.* 1999; 25: 144-145.

Stidham DB, Borissova O, Borissov V, Prager TC. Effect of hyperopic laser in situ keratomileusis on ocular alignment and stereopsis in patients with accommodative esotropia. *Ophthalmology.* 2002; 109:1148–1153.

Sugar A. Ultrafast (femtosecond) laser refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol.* 2002; 13:246-249.

Taneri S, Oehler S. Keratectasia after treating presbyopia with INtracor followed by Supracor enhancement. *J Refract Surg.* 2013; 29:573-576.

Trokel SL, Srinivasan R, Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. *Am J Ophthalmol.* 1983;96(6):710-715.

Wang Q, Klein BE, Klein R, Moss SE. Refractive status in the Beaver Dam Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1994; 35(13): 4344-4347.

Verhoeven VJ, Buitendijk GH; Consortium for Refractive Error and Myopia (CREAM). Education influences the role of genetics in myopia. *Eur J Epidemiol.* 2013; 28(12): 973-980.

Vrabec MP, Durrie DS, Chase DS. Recurrence of herpes simplex after excimer laser keratectomy. *Am J Ophthalmol.* 1992; 114(1): 96-97.

Wallau AD, Campos M. One-year outcomes of a bilateral randomized prospective clinical trial comparing PRK with mitomycin C and LASIK. *Br J Ophthalmol.* 2009; 93: 1634-1638.

Westheimer G. The Ferrier Lecture, 1992. Seeing depth with two eyes: stereopsis. *Proc Biol Sci R Soc.* 1994; 257: 205-214.

Williams KM, Bentham GC, Young IS, *et al.* Association between myopia, ultraviolet B radiation exposure, serum vitamin D concentrations, and

genetic polymorphisms in vitamin D metabolic pathways in a multicountry European study. *JAMA Ophthalmol.* 2017;1 35(1): 47-53.

Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, *et al.* European Eye Epidemiology (E(3)) Consortium. Increasing prevalence of myopia in Europe and the impact of education. *Ophthalmology.* 2015; 122(7): 1489-1497.

Wright KW, Guemes A, Kapadia MS, *et al.* Binocular function and patient satisfaction after monovision induced by myopic photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg.* 1999; 25: 177-182.

Wu HM, Seet B, Yap EP, *et al.* Does education explain ethnic differences in myopia prevalence? A population-based study of young adult males in Singapore. *Optom Vis Sci.* 2001; 78(4): 234-239.

Wu PC, Tsai CL, Wu HL, *et al.* Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology.* 2013; 120(5): 0-5.

Wurtz R, Kandel ER. La percepción del movimiento, la profundidad y la forma. En: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, editores. *Principios de neurociencia.* 4ª. edición. España: McGraw Hill;2000. p. 562-565.

Yap E-Y, Kowal L. Diplopia as a complication of laser in situ keratomileusis surgery. *Clin Exp Ophthalmol.* 2001; 29: 268-271.

Yu EY, Leung A, Rao S, Lam DS. Effect of laser in situ keratomileusis on tear stability. *Ophthalmology.* 2000; 107 (12): 2131-2135.

Zamora Barrios J, Acero Peña A. Hipermetropía. En: Aránguez C. Manual de refracción para residentes de oftalmología. Madrid: Essilor España; 2007. p.109-119.

Zarei-Ghanavati S, Gharaee H, Eslampour A, Ehsaei A, Abrishami M. Stereoacuity after photorefractive keratectomy in myopia. J Current Ophthalmol. 2016; 28 (1): 17-20.

Zhang F, Sugar A, Jacobsen G, Collins M. Visual function and spectacle independence after cataract surgery: bilateral diffractive multifocal intraocular lenses versus monovision pseudophakia. J Cataract Refract Surg. 2011; 37: 853-858.

Zwaan J. Strabismus induced by radial keratotomy. Mil Med. 1996; 161: 630-631.



## **8. ANEXOS**



ANEXO 1



Ciudad de México, a 30 de septiembre de 2013

Dra. Agustina Martínez Lajara  
Investigador Principal  
P r e s e n t e

Estimada Dra. Martínez:

Por medio de la presente, me permito informarle que el Comité de Ética en Investigación revisó y aprobó el Protocolo titulado: "**Estrabismo y visión binocular tras cirugía refractiva**"

**Con número de Protocolo interno: ES-13-01**

Por lo tanto queda usted autorizado para realizar dicho estudio dentro de las instalaciones de la Asociación para Evitar la Ceguera en México , I.A.P., "Hospital Dr. Luis Sánchez Bulnes" en el Servicio de Estrabismo.

Sin más por el momento, quedo a sus órdenes.

A t e n t a m e n t e

Dr. Jaime Villaseñor Solares  
Presidente del Comité de Ética en Investigación.

## ANEXO 2



**Consentimiento Informado para Protocolo Clínico**  
**"Estrabismo y vision binocular tras cirugía refractiva"**

ASOCIACION PARA EVITAR LA CEGUERA EN MEXICO, I.A.P.

México, D.F. a \_\_\_ de \_\_\_ de 20\_\_

**TÍTULO DEL PROTOCOLO: "Estrabismo y vision binocular tras cirugía refractiva"**

Nombre del paciente \_\_\_\_\_

**OBJETIVO Y PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO**

Evaluar las alteraciones en la visión binocular y alineación ocular en pacientes sometidos a cirugía refractiva mediante las técnicas de LASIK, PRK y cirugía de cristalino transparente.

Para ello se evaluarán pre y postquirúrgicamente los siguientes parámetros:

- Agudeza visual
- Refracción subjetiva y ciclopléjica
- Exploración motora: cover test y versiones
- Fusión en visión lejana y cercana (Test de Worth)
- Estereopsis (test de Titmus)
- Dominancia ocular (si procede)

La evaluación prequirúrgica se realizará el mismo día que realice las pruebas de valoración preoperatoria. Las evaluaciones postquirúrgicas se llevarán a cabo a la semana, al mes y a los tres meses tras la cirugía.

El estudio no requiere hacer ningún procedimiento invasivo. Su participación es completamente voluntaria y consistirá en las siguientes pruebas adicionales a las habituales para ser sometido a cirugía refractiva:

- 1.- Mientras porta unas lentes rojo-verde el explorador le mostrará una pantalla con puntos de colores y usted deberá decir cuántos ve.
- 2.- Mientras porta unas lentes polarizados se le mostrarán láminas con 3 test distintos:
  - Test de la mosca (stereotest house fly). Debe indicarnos si percibe la imagen de forma tridimensional.
  - Test de los animals (stereotest animals). Debe indicarnos cual de los animales sobresale con respecto al resto.
  - Test de los círculos (puntos de Wirth). Debe indicar cuál sobresale.
- 3.- El examinador le mostrará un objeto al que usted debe mirar fijamente mientras el examinador le pantallea alternamente cada ojo. Posteriormente deberá seguir con la mirada las distintas posiciones que le muestra el examinador con la lámpara.

**POSIBLES EFECTOS ADVERSOS**

No se conocen ni consideran riesgos al realizar el estudio ya que es un estudio no invasivo.

**BENEFICIOS DEL ESTUDIO**

Este estudio permitirá que en un futuro otros pacientes puedan beneficiarse del conocimiento obtenido.

**ACLARACIONES**

- Su decisión de participar en el estudio es completamente voluntaria.
- No habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted, en caso de no aceptar la invitación.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee.
- No recibirá pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo al investigador responsable.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas acerca de su participación, puede, si así lo desea, firmar la Carta de Consentimiento Informado que forma parte de este documento.

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación. Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

\_\_\_\_\_  
(Nombre y firma del paciente)

\_\_\_\_\_  
(Nombre y firma del médico)

\_\_\_\_\_  
(Nombre y firma del testigo)

\_\_\_\_\_  
(Nombre y firma del testigo)

En caso de duda o necesidad atenderá Dra. Agustina Martínez Lajara al teléfono 10841400 ext 1186

