

## Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo: Rehabilitar las vergencias fusionales en pacientes con insuficiencia de convergencia tras entrenamiento visual en diferentes rangos de edad.

Autor/es

Sara Roteta Uresberueta

Director/es

Elvira Orduna Hospital  
Isabel Pinilla Lozano

Facultad de Ciencias  
Grado en Óptica y Optometría  
2019

## Índice

<b>Resumen de abreviaturas .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Introducción.....</b>	<b>2</b>
1.1 Visión binocular.....	2
1.2 Musculatura extraocular .....	2
1.3 Relación convergencia y acomodación .....	4
1.4 Disfunciones binoculares no estrábicas .....	5
<b>2 Hipótesis y objetivos.....</b>	<b>7</b>
2.1 Hipótesis .....	8
2.2 Objetivo principal .....	8
2.3 Objetivos específicos .....	8
<b>3 Material y métodos.....</b>	<b>9</b>
3.1 Selección de la muestra .....	9
3.2 Examen optométrico .....	9
3.3 Ejercicios de terapia visual .....	13
3.4 Plan de terapia visual diseñado.....	15
<b>4 Resultados .....</b>	<b>16</b>
<b>5 Discusión.....</b>	<b>22</b>
<b>6 Conclusiones .....</b>	<b>24</b>
<b>7 Bibliografía .....</b>	<b>25</b>

## Resumen de abreviaturas

<i>AO</i>	Ambos ojos
<i>ARP</i>	Acomodación relativa positiva
<i>ARN</i>	Acomodación relativa negativa
<i>AV</i>	Agudeza visual
<i>AVMC</i>	Agudeza visual mejor corregida
<i>BI</i>	Base inferior
<i>BS</i>	Base superior
<i>BN</i>	Base nasal
<i>BT</i>	Base temporal
<i>CEICA</i>	Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón
<i>CRN</i>	Correspondencia retiniana normal
<i>D</i>	Dioptría
<i>DIP</i>	Distancia interpupilar
<i>DT</i>	Distancia de trabajo
<i>EN</i>	Endoforia
<i>EX</i>	Exoforia
<i>FB</i>	Flexibilidad binocular
<i>FM</i>	Flexibilidad monocular
<i>FVL</i>	Foria visión de lejos
<i>FVP</i>	Foria visión próxima
<i>OBI</i>	Oblicuo inferior
<i>OBS</i>	Oblicuo superior
<i>OD</i>	Ojo derecho
<i>OI</i>	Ojo izquierdo
<i>PPM</i>	Posición primaria de mirada
<i>R/V</i>	Rojo/Verde
<i>RI</i>	Recto inferior
<i>RL</i>	Recto lateral
<i>RM</i>	Recto medio
<i>RS</i>	Recto superior
<i>VFN</i>	Vergencias fusionales negativas
<i>VFP</i>	Vergencias fusionales positivas
<i>VL</i>	Visión lejana
<i>VP</i>	Visión próxima
$\Delta$	Dioptría prismática

# 1 Introducción

## 1.1 Visión binocular

La visión que ha desarrollado el ser humano es un complejo sistema muscular y neuronal que recrea el entorno de forma fiable. El sistema visual realiza tareas de altísima dificultad y precisión que se llevan a cabo gracias a la coordinación entre la información recibida por ambos ojos (AO). A esta coordinación se le denomina visión binocular.

El campo visual es la porción del espacio que percibe un ojo inmóvil mirando a un punto fijo. La superposición de los campos visuales y la fusión de las imágenes de AO genera la visión binocular, que es la encargada de aportarnos la estereopsis. (1)

Se deben cumplir cuatro condiciones para que se genere visión binocular y permitan efectuar su estudio:

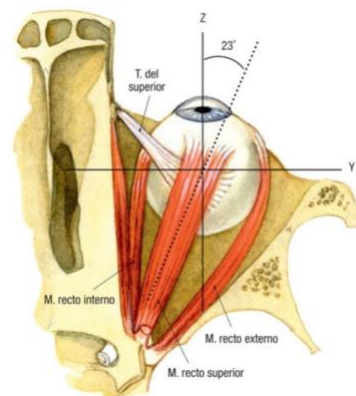
- Debe existir un área de solapamiento entre los campos visuales monoculares pertenecientes a cada ojo para dar lugar a una región de visión binocular extensa.
- La región binocular debe mantenerse incluso cuando se produzcan movimientos oculares. Para ello, debe haber coordinación en estos movimientos oculares de AO manteniendo la imagen retiniana en un mismo punto correspondiente en AO, lo que se denomina correspondencia retiniana normal (CRN).
- Tienen que actuar los mecanismos neuronales que transmiten las dos imágenes formadas por cada ojo al córtex visual.
- Se tienen que poder fusionar las dos imágenes para poder obtener una representación única del entorno. (2, 3)

## 1.2 Musculatura extraocular

El movimiento del globo ocular está controlado por seis músculos extraoculares, los cuales se contraen en la dirección de la mirada, relajándose los músculos encargados de mover el ojo en el sentido contrario, permitiendo así que el globo ocular se dirija en la dirección deseada. Estos movimientos tienen que estar coordinados en AO. De estos seis músculos cuatro son rectos y dos son oblicuos.

Los cuatro músculos rectos son el recto medio, interno o nasal (RM), el recto lateral, externo o temporal (RL), el recto superior (RS) y el recto inferior (RI). Todos ellos, excepto el RL están inervados por el nervio oculomotor común (III par craneal). El RL está inervado por el nervio motor ocular externo o abducens (VI par craneal). (2) Los músculos RM y RL tienen una dirección de movimiento de  $90^\circ$  con el eje visual en posición primaria de mirada (PPM). Los músculos RS y RI tienen una dirección de tracción de  $90^\circ$  vertical, con su eje de movimiento situado  $23^\circ$  medial al eje visual. (3)(4)

Los dos músculos oblicuos son el superior (OBS) y el inferior (OBI). El OBS se origina distalmente en la parte superior de la formación fibrosa conocida como anillo de Zinn, lleva a nivel supero interno de la órbita donde cambia su trayecto a nivel de la tróclea y se inserta a nivel proximal en la porción escleral temporal superior después de pasar



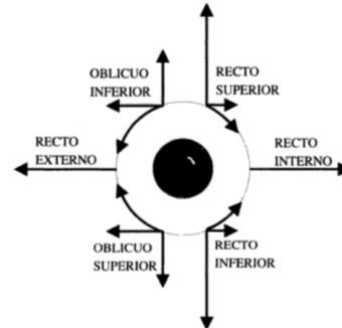
**Figura 1.** Músculos extraoculares: En esta imagen observamos el RS, el RI, el RM y el OBS. (4)

por debajo del RS. Está inervado por el nervio patético o troclear (IV par craneal). El OBI se origina a nivel de la fosa lagrimal, pasa junto al RI y el suelo de la órbita y termina insertándose a nivel de la esclerótica. Está inervado por el III par craneal. (5)

Los diferentes músculos generan diferentes acciones algunos incluso son capaces de llevar a cabo tres movimientos, que quedan recogidos en la Tabla 1 y la Figura 2.

	Principal	Secundaria	Terciaria
<b>RM</b>	Aducción		
<b>RL</b>	Abducción		
<b>RI</b>	Descenso	Exciclotorsión	Aducción
<b>RS</b>	Elevación	Inciclotorsión	Aducción
<b>OBS</b>	Inciclotorsión	Descenso	Abducción
<b>OBI</b>	Exciclotorsión	Elevación	Abducción

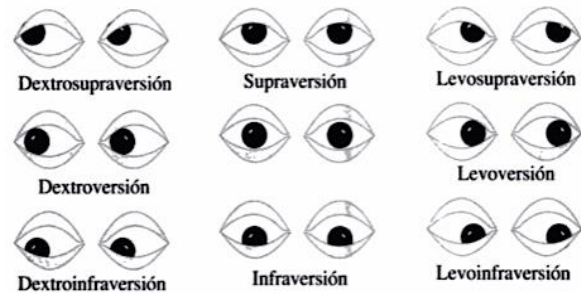
**Tabla 1.** Movimientos de cada músculo.



**Figura 2.** Diagrama de Baillart-Marquez. (3)

A los movimientos monoculares se les denomina ducciones, las cuales pueden ser horizontales (abducción: hacia temporal y aducción: hacia nasal), verticales (infraducción o depresión y supraducción o elevación) o bien cicloducciones (inciclotorsión o incicloducción y exciclotorsión o excicloducción). (2)

Por otro lado, tenemos los movimientos binoculares donde podemos diferenciar las versiones y las vergencias. Las versiones son movimientos sincrónicos y conjugados de AO en una misma dirección que, según la posición de la mirada, podemos distinguir entre: dextrosupravversión, supravversión, levosupravversión, levoversión, levoinfraversión, infraversión, dextroinfraversión y dextroversión, y como se muestra en la Figura 3. En cambio, las vergencias son movimientos de AO, pero en direcciones opuestas de mirada, diferenciando entre: convergencia, divergencia y ciclovergencias. A lo largo de este trabajo nos centraremos en los movimientos binoculares vergenciales, ya que es donde se encuentra el déficit principal de los pacientes reclutados. (5) (Figura 4)



**Figura 3.** Posición de mirada según las versiones. (3)



**Figura 4.** Dirección de movimiento ocular según las vergencias. Las flechas rojas indican que el movimiento de AO es hacia nasal induciendo convergencia, mientras que las negras indican movimiento de AO hacia temporal

La convergencia es el movimiento de AO hacia dentro, es decir, el RM del ojo derecho (OD) se contrae provocando el movimiento hacia la izquierda, mientras que el RM del OI lo dirige hacia la derecha. La divergencia es el movimiento contrario llevando los dos ejes visuales hacia fuera para conseguir alinear dos imágenes que no están localizadas en áreas retinianas correspondientes, el RL del OD se contrae para dirigirlo al lado derecho y el RL del OI moverá

este ojo hacia la izquierda. Esto se debe a la disparidad nasal de las imágenes. Las ciclovergencias son movimientos que compensan rotaciones e inclinaciones de la cabeza.

En general los movimientos binoculares son mezclas de versiones y vergencias. Las vergencias siempre van unidas a ligeras ciclotorsiones para compensar el movimiento. (2)

El músculo agonista es el que al contraerse mueve el ojo en una dirección concreta, mientras que el antagonista es el músculo que estando en el mismo ojo se relaja para que pueda producirse el movimiento, pero al contraerse mueve el ojo en la dirección opuesta. (6) Si los músculos agonista y antagonista no están equilibrados pueden aparecer desviaciones con respecto a la PPM, dando las siguientes desviaciones:

- Endoforia (EN): Es una desviación monocular o binocular hacia nasal, sin que exista patología muscular, que suele permanecer compensada con AO abiertos y se manifiesta al disociar la visión con filtros rojo/verde (R/V) u oclusiones alternantes. Al tapar el ojo existirá una aducción del ojo tapado. Se miden con prismas base temporal (BT).
- Exoforia (EX): Es una desviación mono o binocular hacia temporal no patológica, normalmente compensada con los dos ojos abiertos y manifiesta en la disociación. Al tapar el ojo, éste generará una abducción. Se miden con prismas base nasal (BN).
- Hiperforia: Es una desviación monocular no patológica del OD o el OI (en este caso hay que decir de que ojo es) hacia arriba. Habitualmente suele estar compensada y solo suele manifestarse al disociar con filtros R/V o al realizar el cover test alternante. Al tapar el ojo, éste se elevará y al desocluirlo se verá un descenso del ojo para volver a su posición original. Esta foria se mide con prisma base inferior (BI).
- Hipoforia: Es una desviación no patológica monocular (también hay que referenciar de que ojo es) hacia abajo. Las forias no suelen manifestarse a no ser que exista un elemento disociante como pueden ser los filtros R/V o los prismas. Al tapar el ojo descenderá y al destaparlo se elevará. Esta foria se mide con prisma base superior (BS).

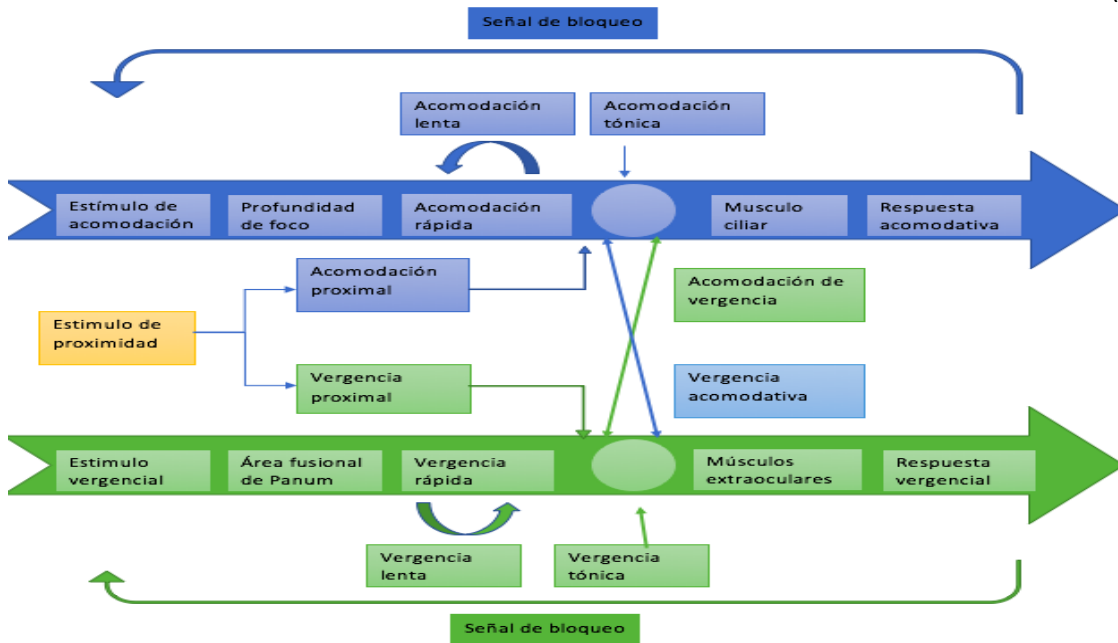
Las causas de estos problemas pueden ser tanto acomodativas como vergenciales, ya que ambos sistemas están relacionados y trabajan sincronizados. (3)

### 1.3 Relación convergencia y acomodación

La acomodación, es la manera que tiene el globo ocular para conseguir enfocar una imagen variando su poder refractivo y consiguiendo así llevar una imagen nítida a la retina. Este cambio de poder refractivo, se lleva a cabo gracias al cambio de forma que genera el musculo ciliar en el cristalino abombándolo y aumentando su grosor, que va disminuyendo con la edad.

Como se ha comentado, la acomodación y la convergencia trabajan conjugadas de manera que, al acomodar a una distancia cercana, el circuito acomodativo envía una señal al vergencial. Clínicamente se representa como la cantidad de dioptrías prismáticas ( $\Delta$ ) de convergencia que se inducen por unidad de acomodación en dioptrías (D), llamada relación AC/A (lo normal sería una convergencia de unas 4  $\Delta$  por 1D de acomodación 4/1). (7) A su vez el sistema vergencial manda una señal al acomodativo que viene dada por la cantidad de acomodación generada (D) por unidad de convergencia ( $\Delta$ ), llamada relación CA/A, esta tiene un valor normal de 3/1. (7) Estas dos señales más la acomodación tónica, son las que generan la adecuada inervación del musculo ciliar, provocando la respuesta acomodativa. Para que no

exista un problema, una vez activado el musculo ciliar se transfiere una última señal para detener la primera señal de activación y así finalizar el proceso como podemos ver en la Figura 5. De la misma forma, se activarán los músculos extraoculares que mandarían la señal para inhibir su activación. (7)



**Figura 5.** Esquema de activación de la relación AC/A. (2)

Por tanto, tal y como se ve en la imagen, tanto si se activa el sistema acomodativo como el sistema convergencial existirá una señal que activará el sistema opuesto. Esta es la razón por la que se dice que están relacionados ya que un sistema no puede funcionar sin el otro.

Para no encontrarnos con saturaciones, el sistema visual genera una borrosidad llamada retraso acomodativo o lag. El sistema vergencial también tiene un proceso de borrosidad parecido, pero se compensa por el área de Panum. (2)

#### 1.4 Disfunciones binoculares no estrábicas

Según el estudio de Álvarez (8), el 19,5% de una población entre 5 y 19 años tienen una disfunción binocular no estrábica entre las que se encuentran (Tabla 2)(9):

##### Insuficiencia de convergencia

Se da cuando el paciente tiene una XF mayor en visión próxima (VP) que en visión lejana (VL) con una relación AC/A menor de 3/1. (10) Estos pacientes sufren síntomas asociados a tareas en VP con problemas en la lectura siendo en su mayoría lectores lentos y/o con problemas de comprensión. Esto se debe a la incapacidad por parte del sistema visual de mantener una tarea durante un tiempo prolongado en VP, provocando movimiento o borrosidad de letras o somnolencia al leer. Su prevalencia oscila entre un 2,25 y un 33% de la población. (10)

##### Insuficiencia de divergencia

Esta disfunción viene dada por una EF alta en VL, siendo mayor que la EF en VP. En este caso la relación AC/A también es menor de 3/1. (10) Estos pacientes sufren astenopia asociada a VL. Los síntomas empeoran a lo largo del día y suelen tener una duración

prolongada. Encuentran dificultad al enfocar objetos VL/VP y sensibilidad a la luz o fotofobia. Su prevalencia es la más baja de las disfunciones vergenciales (0,1-0,7%). (10)

#### Exceso de convergencia

El signo más significativo en esta disfunción es una EF alta en VP que disminuye en VL. Además, viene acompañada de una relación AC/A mayor o igual de 7/1. (10) No todos los pacientes con esta disfunción tienen síntomas. Los principales síntomas de esta disfunción son asociados a tareas en VP. El mayor problema suele ser en la lectura, son pacientes a los que les cuesta leer, van lentos y además les cuesta comprender lo que leen. También pueden cursar con sensación de cuerpo extraño. Su prevalencia oscila entre un 1,5 y un 15%. (10)

#### Exceso de divergencia

En este caso los pacientes cursan con una XF en VL y menor en VP, pero con una relación AC/A mayor o igual de 7/1. (10) Puede dividirse en exceso de divergencia real o simulado. Los síntomas de esta disfunción vienen asociados a tareas en VL, aunque no suelen aparecer debido a la supresión. La prevalencia ronda el 0,8%. (10)

#### Endo básica

Se da la misma EF en VL y en VP con una relación AC/A de 4/1. (10) La etiología de este problema es una elevada tonicidad vergencial. Estos pacientes tienen síntomas intermitentes tanto en tareas cercanas como en tareas lejanas y los síntomas más frecuentes son la astenopia, la diplopía, la fatiga y la borrosidad pronunciándose al final del día. Su prevalencia es entre un 0,6 y un 9%. (10)

#### Exo básica

Cursan con la misma XF en VL y en VP con una relación AC/A de 4/1. (10) La etiología de este problema es una baja tonicidad vergencial. Estos pacientes tienen síntomas intermitentes que empeoran al final del día tanto en tareas cercanas como en tareas lejanas y los más frecuentes son la astenopia, la diplopía, la fatiga y la borrosidad. Su prevalencia es entre un 0,3 y un 3,7%. (10)

#### Desviaciones verticales

Estos pacientes tienen hiperforia o hipoforia debidas a que uno de los dos ojos va hacia arriba o hacia abajo, respectivamente. Esto les dará síntomas tanto en tareas lejanas como en tareas cercanas. Un síntoma frecuente es el tortícolis por intentar mantener una visión simple binocular, normalmente el paciente no se da cuenta de su posición anómala de la cabeza ya que es un mecanismo compensatorio que origina su cerebro. Su prevalencia es de 0,2%. (11)



	<b>Foria</b>	<b>PPC</b>	<b>Flexibilidad</b>	<b>Vergencias fusionales positivas(VFP)/negativas(VFN)</b>	<b>MEM</b>	<b>ARN</b>
<i>Insuficiencia de convergencia</i>	XF VP>VL	Lejos	Binocular: Baja Vergencial: Baja BT	VFP bajas VP	Bajo	Bajo
<i>Insuficiencia de divergencia</i>	EF VP<VL		Binocular: Baja Vergencial: Baja BN	VFN bajo VL y VP	Alto	Bajo
<i>Exceso de convergencia</i>	EF VP>VL		Binocular: Baja Vergencial: Baja BN	VFN bajo VP	Alto	Bajo
<i>Exceso de divergencia</i>	XF VL>VP	Lejos	Binocular: Baja Vergencial: Baja	VFP bajo	Bajo	Bajo
<i>Endo básica</i>	EF VP=VL		Binocular: Baja Vergencial: Baja BN	VFN Bajo	Alto	Bajo
<i>Exo básica</i>	XF VL=VP	Lejos	Binocular: Baja Vergencial: Baja BT	VFP Bajo	Bajo	Bajo
<i>Desviaciones verticales</i>	Hiper/hipo foria		Binocular: Baja Vergencial: Baja BT/BN	VFN/VFP bajo y verticales mal		

**Tabla 2:** Resumen de las disfunciones binoculares no estrábicas y valores que se dan alterados en cada una de ellas.

## 2 Hipótesis y objetivos

### 2.1 Hipótesis

Las personas con disfunciones binoculares no estrábicas presentan problemas visuales, en tareas tanto en VL como en VP, que generan dolores de cabeza, astenopia, borrosidad e incluso diplopía llegando a limitar su calidad de vida. Estos problemas pueden ser diagnosticados mediante una batería de test optométricos y tratados con ejercicios visuales para eliminar los síntomas y devolver al sujeto una calidad de vida óptima.

### 2.2 Objetivo principal

Diagnosticar problemas binoculares no estrábicos interpretando los resultados de cada test optométrico realizado y proponer un plan de terapia visual para solucionarlos.

### 2.3 Objetivos específicos

1. Rehabilitar las vergencias fusionales en pacientes con insuficiencia de convergencia tras 10 sesiones de terapia visual y trabajo personal diario.
2. Rehabilitar las vergencias fusionales en pacientes con insuficiencia de divergencia e inflexibilidad vergencial tras 10 sesiones de terapia visual y trabajo personal diario.
3. Comparar los resultados y mejoría obtenidos en cada tipo de disfunción binocular con la primera visita al final del tratamiento.
4. Valorar la eficacia de la terapia visual en estos problemas de vergencias fusionales según la edad del paciente.

## 3 Material y métodos

### 3.1 Selección de la muestra

Se trata de un estudio prospectivo realizado siguiendo los principios establecidos por la Declaración de Helsinki y tras la aprobación de Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA). En él se evalúa la eficacia de la terapia visual en 11 sujetos sanos en un rango de edad de 8 a 70 años con problemas vergenciales. En visitas rutinarias se seleccionó un grupo de sujetos con problemas binoculares no estrábicos, a los que se les propuso participar en el estudio siempre que cumplieran los criterios de inclusión y, una vez explicado y firmado el consentimiento informado, se realizó la batería de pruebas optométricas completa.

Una vez confirmada la disfunción vergencial, los sujetos fueron excluidos del estudio si:

- Padecían alguna patología sistémica u oftalmológica que pueda afectar al estudio.
- En caso de una agudeza visual mejor corregida (AVMC) menor de 8/10 en la escala decimal en uno de los dos ojos.
- Presión intraocular (PIO) superior a 21 mmHg.
- Opacidad de medios.
- Patología sistémica o de fondo de ojo.
- No realizar el entrenamiento visual correctamente (después de explicar el proceso y corroborar que el sujeto lo ha entendido) o directamente no realizarlo.
- Por no asistir a las revisiones semanales de forma habitual.

### 3.2 Examen optométrico

Todos los pacientes fueron informados de las pruebas y revisiones semanales que exigía el estudio con una duración de unos 3 meses.

- La primera visita comenzó con una anamnesis completa sobre la historia clínica del paciente donde se indagó sobre sus antecedentes personales oculares y sus síntomas.
- Se realizó una refracción objetiva con el autorrefractómetro (KR-800/RM-800®, *Topcon Eye Care Company*, Tokio, Japón), la cual se optimizó con una refracción subjetiva del paciente para la correcta realización de la batería de pruebas optométricas. En el caso de que el paciente portara gafas se comprobó la graduación y se cambió si iba mal corregido.
- Toma de la AVMC: siempre con la refracción subjetiva con optotipos de Snellen para VL proyectados a 6 m y con carta de Snellen para VP a 40 cm.
  - Si la AVMC era menor de 8/10 (20/25 escala Snellen) se utilizó el agujero estenopeico para ver si el problema era acomodativo o patológico.
  - En caso de haber una amplia diferencia entre la refracción subjetiva y la objetiva nos planteamos la posibilidad de la existencia de una disfunción acomodativa. En estos casos se solicitaba al oftalmólogo la utilización de colirio cicloplejico para la realización de la refracción subjetiva.
- Medida de las vergencias fusionales tanto horizontales como verticales en VL, para lo que usábamos las barras de prismas horizontales y verticales respectivamente. Se comenzó midiendo las vergencias fusionales horizontales, primero las negativas (VFN) colocando la barra en BN con una línea de optotipos verticales a 6 m de AV de 5/10 a 7/10 y le pedíamos al sujeto que nos informara cuando se generara la diplopia y

cuando recobraba una imagen según se aumentaba la potencia prismática o se disminuía, respectivamente. Después, haremos lo mismo con las vergencias fusionales positivas (VFP) con BT. Una vez medidas las vergencias horizontales pasábamos a la medida de las vergencias fusionales verticales (VFV) para las que usábamos una línea de optotipos horizontales de AV ligeramente inferior a la de su peor ojo y la barra de prismas verticales. En este caso sí se pondría en qué ojo se ha medido y si ha sido BI o BS.

Repetíamos el mismo proceso en VP con una carta de optotipos a 40 cm que contenía una línea de optotipos vertical de AV ligeramente inferior que la de su peor ojo para las vergencias horizontales y otra horizontal de la misma AV para las vergencias verticales.

- En caso de que el sujeto comenzara la medida de las vergencias con diplopía el proceso sería el mismo con una diferencia, se empezaría con una imagen doble que, tras la anteposición de prismas, debería juntar. El sujeto avisaba cuando veía una única imagen y cuando volvía a ver doble. De esta manera, podíamos medir las vergencias que le quedaban (que son las opuestas a las que necesitaba para compensar su disfunción).
- En caso de supresión, valoraríamos llevar a cabo las vergencias con gafas R/V para asegurarnos de que el sujeto no suprimía.

Los valores normales de las vergencias quedan reflejados en la Tabla 3:(12)

**Con barra de prismas ( $\Delta$ )**

VFN (BN)	VL	7/4
	VP	21/13
VFP (BT)	VL	19/10
	VP	21/11
VFV (BS/BI)	VL	4/2
	VP	4/2

**Tabla 3:** Valores normales de las vergencias en VP y VL con la barra de prismas

- Cover Test: Este test sirve para medir una posible desviación de manera objetiva tanto en VL como en VP. Empezabamos por el cover-uncover para detectar tropias, y seguíamos con el cover test alternante en el que se manifestaban las forias. La medida de las desviaciones objetivas, forias a lo largo de este trabajo, se realizaba mediante una barra de prismas. Los valores normales en VL son  $1 \text{ EX} \pm 1\Delta$  y en VP son  $3 \text{ EX} \pm 3\Delta$ .(12)
- Von Graffe: se utilizó para medida de forias horizontales subjetivamente:
  - VL: con sujeto con su mejor refracción para dicha distancia y con los prismas de Riskey en el foróptero. En el OD se colocaba un prisma BN de  $12 \Delta$  y en el OI un prisma de  $6 \Delta$  BS. Una vez colocados se le enseñaba una línea de optotipos de VL verticales de AV entre 5/10 y 7/10.

Con todo preparado le informábamos al paciente de que iba a ver dos imágenes, una de las cuales se iba a ir moviendo horizontalmente, y que debía avisarnos cuando consiguiera alinearlas. Para ello, íbamos disminuyendo la

potencia del prisma de 12 Δ BN hasta que el paciente nos decía que las veía alineadas una encima de la otra. La potencia prismática resultante sería el prisma que necesitaba el sujeto para compensar su foria horizontal. Valor normal: 1 EX ± 1Δ. (12)

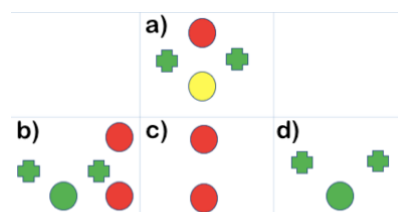
- VP: Repetíamos el mismo proceso, pero con un optotipo de VP a 40 cm y con la corrección para esa distancia (adición en el caso de présbitas). Valor normal: 3 EX ± 3Δ. (12)
- Punto próximo de convergencia (PPC): medida del punto de rotura acercando un estímulo acomodativo hacia su nariz hasta que el sujeto refería diplopia y medida del punto de recobro acercando un poco más y alejando el estímulo hasta recuperar imagen única. Se apuntaban ambas medidas en centímetros repitiendo el proceso 3 veces. El valor normal se consideraba entre 6 y 10(12) cm sin que exista entre la rotura y el recobro más de 4 cm.
- Amplitud de acomodación (AA): con una tabla de lectura se le pedía al paciente que se fijara en dos líneas por debajo de su máxima AV y se le iba acercando la carta hasta que refiriera borrosidad, después se acercaba un poco más y volvía a alejarse hasta que recuperaba la nitidez. Se anotaba el punto de borrosidad y el punto de recobro, ambos en metros para calcular con la inversa su AA en dioptrías. Este proceso se realizaba tanto monocular como binocular y dependía inversamente de la edad del paciente. Los valores normales dependen de la edad y pueden sacarse mediante la siguiente fórmula:
$$AA = 18,3 - 0,3 \times Edad$$
- Test Timus Wirth: Colocábamos al paciente con las gafas polarizadas sobre su corrección subjetiva y la carta de estereopsis a 40 cm. Le realizábamos el test de los círculos en el que el paciente nos tenía que decir cuál de los cuatro círculos veía elevado. Si fallaba o no veía ninguno elevado, el test se terminaba. El último círculo que acertaba nos decía los minutos de arco que era capaz de diferenciar nuestro paciente. Valores normales se consideran inferiores a 60" de arco.
- Medida de visión del color: Con el test Ishihara a 40 cm. Se le pasaban las fichas y se le preguntaba que número veía en cada una de ellas. Este test no terminaba si se equivocaba en una de las fichas, por lo que el resultado depende de los fallos que realizan. Al final del libro está la tabla de equivalencias que relaciona los fallos con el resultado de la prueba.
- Flexibilidad acomodativa monocular (FM):
  - VL: se realiza con una lente de -2,00D y optotipos en VL. Tapábamos un ojo y le decíamos al paciente que mirara una línea de AV inferior a la AV del ojo que íbamos a medir. Anteponíamos la lente y pedíamos al sujeto que aclarara el optotipo, después retirábamos la lente y volvíamos a pedir que nos avisara cuando lo veía nítido (a veces no conseguían aclarar las letras). Se repetiría este proceso durante un minuto, una vez finalizado el minuto se anotaba cuantos ciclos se habían conseguido (se cuenta un ciclo cada vez que el paciente aclaraba con la lente y sin la lente). El examinador debía fijarse si le costaba más enfocar con o sin la lente. Se repetía el proceso en el otro ojo.
  - VP: se realiza con una lente de -2,00D, una lente de +2,00D y optotipos de VP. Se ocluía un ojo y le pedíamos al paciente que mirara una línea menos que la

AV del ojo que íbamos a medir. Íbamos cambiando de la lente positiva a la negativa una vez las había aclarado, no poníamos ni quitábamos las lentes sin que el sujeto nos dijera que veía nítidas las letras (a veces no conseguían aclararlas). Se repetía este proceso durante un minuto y se anotaba cuantos ciclos se habían conseguido (se cuenta un ciclo cada vez que el paciente enfoca con las dos lentes). Después se repetía el proceso con el otro ojo.

Los valores normales, tanto en VL como en VP, rondan los 12 cpm pero no hay muchos estudios con evidencias que ayuden a confirmarlo.(12)

- Flexibilidad acomodativa binocular (FB): Se realiza en VL y VP, siendo el proceso igual que con la FM pero con AO a la vez. Los valores normales rondan los 9 cpm aunque no existen muchos estudios clínicos sobre el tema.(12)
- Acomodación relativa negativa (ARN) y acomodación relativa positiva (ARP): se realiza con foróptero, de manera binocular y con un optotipo de Snellen para VP fijándose en una línea de AV inferior a su AVMC. Íbamos aumentando la potencia de las lentes, partiendo de su refracción subjetiva, hasta que el paciente nos decía que las veía borrosas. Apuntábamos el valor de la última lente que había conseguido aclarar. Comenzábamos con lentes positivas para relajar la acomodación y calcular la ARN y seguíamos con las negativas para obtener la ARP. Valores normales de ARN son +2.00 +/- 0,50D y del ARP -2,37 +/- 0,50D.(12)
- Test de Worth: Empezamos el proceso en VL con el paciente corregido y se le colocan unas gafas R/V, con el filtro rojo en el OD. Con la iluminación en condiciones mesópicas proyectábamos a distancia lejana el test de Worth. Le ocluíamos al paciente el OD y le preguntábamos cuantas luces veía y repetíamos el proceso con el OI. Por último, le dejábamos los dos ojos sin ocluir y le preguntábamos cuantas luces ve. Posibles respuestas (Figura 6):
  - a) 4 luces: El paciente fusiona correctamente.
  - b) 5 luces: El paciente tiene diplopía, es decir, ve dos imágenes simultáneamente sin conseguir fusionarlas. Si la diplopía es cruzada, es decir imágenes rojas a la izquierda de las verdes, se tratará de una exo y si es descruzada será una endo como en el caso b) de la imagen 6.
  - c) 2 luces: El paciente suprime el OI (Solo ve el punto rojo superior y el punto blanco inferior).
  - d) 3 luces: El paciente suprime el OD (Solo ve las dos cruces verdes y el punto blanco).

A continuación, lo realizábamos en VP. En este caso se realiza de la misma manera, pero esta vez se proyectaba con la linterna de Worth para VP.



**Figura 6.** Posibles resultados del Test de Worth.

Una vez realizado todo el examen optométrico, calculábamos el AC/A con la fórmula, para la que necesitábamos la foria de VL (FVL), la foria de VP (FVP) la distancia de trabajo (Dt) y la distancia interpupilar (DIP) del sujeto. De esta forma nos orientaba sobre qué tipos de

disfunción vergencial podía padecer el sujeto y juntos a los valores obtenidos en los otros tests optométricos llegábamos al diagnóstico correcto.

$$AC/A = DIP + \frac{(FVP - FVL)}{Dt}$$

Una vez confirmada la disfunción vergencial con toda la batería de test optométricos realizados en la visita 1, se planteaba la terapia visual. Para ello, llevábamos a cabo una sesión semanal de media hora en consulta durante 8 visitas en las que se realizaban unas pruebas de continuidad para ver las mejoras, además de los ejercicios que iban incrementando la dificultad semanalmente de manera progresiva y se les explicaban los nuevos ejercicios que debían realizar como tarea en casa durante dicha semana. En la visita número 10 se volvían a realizar todas las medidas de la primera visita para ver la mejoría del paciente.

Las pruebas de continuidad fueron:

- El PPC, anotando los cm de la rotura y recobro.
- La toma de medidas de las VFN y VFP.
- La FM y FB, tanto en VP como en VL.
  - En esta prueba empezábamos con lentes de potencias bajas y fuimos subiendo la potencia según pasaban las sesiones. Empezábamos con  $\pm 0,5D$  hasta llegar a  $\pm 2,00D$ .

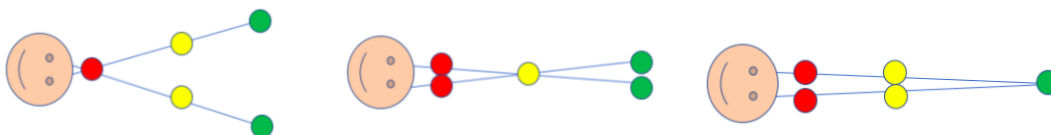
### 3.3 Ejercicios de terapia visual

El diseño de entrenamiento visual constó de los siguientes ejercicios los cuales fueron incrementado su dificultad semanalmente como se ha indicado anteriormente:

**PPC:** Este ejercicio se lleva a cabo tal y como se ha explicado en el examen inicial. El objetivo de este ejercicio es mejorar la convergencia fusionando el estímulo cada vez más cerca de la nariz.

**Cordón de Brock:** Consta de una cuerda de 3 metro en la que se introducen tres bolas, en nuestro caso una de color verde, otra amarilla y otra roja. El paciente sostiene un extremo de la cuerda en la nariz, con la bola roja la más cercana, y el otro extremo se sujeta en línea recta al paciente a 3 metros, la bola verde será la más lejana. El paciente coge la bola y la va acercando hacia su nariz hasta que refiera diplopía, en ese punto retrasa un poco la bola y será donde realizará el ejercicio durante esa semana. El objetivo será llegar a tener la bola roja pegada a su nariz.

El paciente tendrá que ser consciente de la diplopía fisiológica, que se trata de ver doble todo aquello en lo que no fije la mirada, e ir enfocando en los planos de las diferentes distancias de las tres bolas. Empezando por la roja pasando por la amarilla hasta llegar a la verde alejada (Figura 7).



**Figura 7.** Diplopía fisiológica. En la primera imagen su fijación está en la bola roja y la cuerda y las bolas amarilla y verde se verán dobles, en la segunda imagen la fijación estará en la bola amarilla y en la tercera se encontrará en la bola verde.

El objetivo de este ejercicio es trabajar tanto la convergencia como la divergencia, aumentando así las vergencias fusionales y evitando posibles diplopías.

**Pelota de Marsden:** Se trata de una pelota blanca con letras de color atada a una cuerda. El paciente debe colocar la pelota frente a sus ojos (con la mano, con ayuda de otra persona o bien colgada del techo) y balancearla. Mientras la pelota se balancea, el paciente sin mover la cabeza debe seguir la pelota y ser capaz de mantener las letras enfocadas. El balanceo puede ser de un lado a otro, de delante a atrás o bien en diagonal. Se realizará a diferentes distancias haciendo hincapié en aquella que vea doble o le cueste mantener la nitidez (Figura 8).



**Figura 8.** Pelota de Marsden.

El objetivo del ejercicio es facilitar el movimiento y seguimiento de los ojos, la capacidad de enfocar objetos en movimiento y mejorar las vergencias y sacádicos.

**Tabla de Hart:** Es una tabla de letras que se coloca a 4 m en VL y otra tabla pequeña igual que el paciente sujeta a 40 cm en VP. El ejercicio consiste en leer una letra de la tabla de VL y otra de la tabla de VP. Esto lo haremos con un ojo tapado, es decir, en monocular y también en binocular.

El objetivo de este ejercicio es mejorar la acomodación y los sacádicos.

**Seguimiento de bolígrafo:** Con un bolígrafo se rota en torno a 30 cm de la cabeza del sujeto desde el frente a la derecha volviendo al centro y después a la izquierda. Mientras se realiza el recorrido con el bolígrafo a la altura de los ojos, el paciente debe seguirlo con los dos ojos sin dejar de mirarlo en ningún momento.

El objetivo de la prueba es enfocar el objeto y mejorar el seguimiento en las diferentes posiciones de mirada.

**Anaglifos:** Son dos fichas una con imágenes en color verde y otra con las mismas imágenes en color rojo, el sujeto con las gafas R/V colocadas y partiendo de las fichas fusionadas una sobre la otra, debe ir las separando hasta ver las dos imágenes separadas. Según el lado al que se separan las fichas se evalúa convergencia (ficha roja hacia la derecha teniendo en cuenta que el filtro rojo está en el OD y se irán descruzando las imágenes) o divergencia (ficha verde hacia la derecha teniendo en cuenta que el filtro verde está en el OI y se irán cruzando las imágenes), también tiene una numeración para cuantificar la cantidad de vergencia prismática que está actuando para una distancia conocida de 40 cm. Además, mientras la imagen esté fusionada el paciente la verá en profundidad.

El objetivo de esta prueba es fusionar y enfocar las imágenes R/V estimulando su límite de convergencia y divergencia.

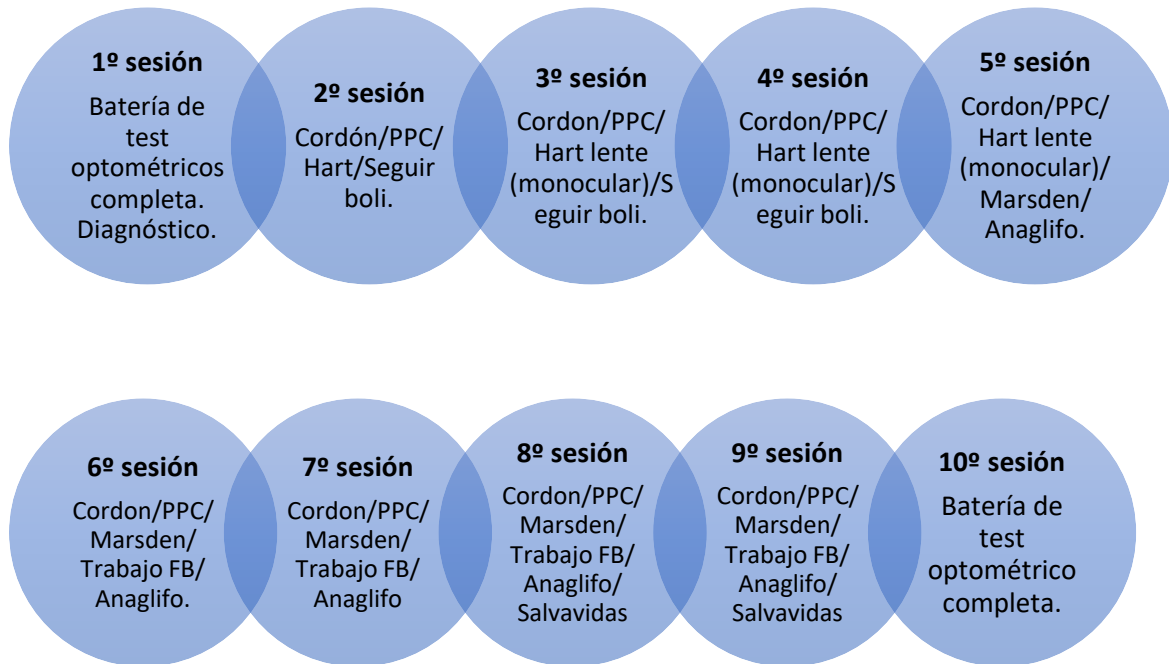
**Salvavidas:** Ficha con 4 círculos rojos dispuestos verticalmente emparejados con 4 verdes dispuestos a la par y aumentando la distancia entre el rojo y el verde conforme ascendemos en el optotipo. Existe una ficha de divergencia en la que el fondo es transparente y otra de convergencia en la que el fondo es blanco. El paciente debe poner la ficha frente a sus ojos e intentar disociar la visión para unir los dos círculos de colores diferentes en uno, una vez unidos debe ser capaz de leer lo que está escrito.

El objetivo es fusionar dos imágenes, trabajando así la convergencia o la divergencia según la ficha elegida, sin utilizar filtros, haciendo que el paciente sea capaz de controlar la disociación a través de sus vergencias.



### 3.4 Plan de terapia visual diseñado

El plan de terapia visual diseñado no varía entre pacientes, aunque sí pueden existir pequeñas modificaciones, ya que no todos los sujetos avanzan igual ni parten desde la misma base. Estos ligeros cambios son los que valoraremos sesión a sesión para adaptar el plan a la persona, pero sin cambiar los ejercicios estipulados para dicha sesión. Ésta es la mejor manera que hemos valorado para conseguir y poder comparar los resultados entre sujetos.



## 4 Resultados

El estudio comenzó con 14 pacientes con una edad media de  $32,54 \pm 21,20$  años, y un rango de edad de 9 a 68 años con diferentes problemas vergenciales. Tres de los pacientes que empezaron el estudio no lo terminaron por falta de cumplimiento o no asistencia a las sesiones. De los 11 pacientes restantes, 6 pacientes tenían problemas de divergencia, con las VFN (en color azul en la Tabla 4-6: pacientes 1, 6, 8, 9, 10 y 11), y 5 pacientes con problemas de convergencia, con las VFP (en color verde en la Tabla 4-6: pacientes 2, 3, 4, 5 y 7). Además se dividió el estudio en dos grupos, el primero con 8 sujetos jóvenes de 9 a 27 años y el segundo con 3 pacientes presbítas de 53 a 70 años.

Sujeto	Edad (años)	AV OD (Decimal)		AV OI (Decimal)		AA OD (D)		AA OI (D)		AA AO (D)	
		I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
1	23	1,5	1,5	1,5	1,5	8,33	11,11	7,14	11,11	9,09	12,5
2	27	1,2	1,2	1,2	1,2	9,09	12,5	9,09	16,6	9,09	16,6
3	68	1	1	0,7	0,7	6,66	9,09	7,14	5,26	6,66	10
4	9	1	1	1	1	6,25	20	5	18,18	6,25	15,38
5	26	1,2	1	1,2	1	6,66	8,33	5,88	10,52	5,88	9,52
6	70	0,9	1	0,9	1	11,11	11,11	12,5	12,5	14,28	14,28
7	22	1,5	1,5	1,5	1,5	7,69	13,33	8,33	15,38	7,69	13,33
8	27	1,2	1,2	1,2	1,2	8	11,11	8,69	12,5	9,52	13,33
9	12	1,2	1,2	1,2	1,2	11,11	15,38	10	16,6	12,5	14,28
10	21	1,2	1,2	1,2	1,2	6,66	12,5	6,66	12,5	10	16,6
11	53	1	1	1	1	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33

**Tabla 4.** Valores de la agudeza visual (AV) del ojo derecho (OD) y del ojo izquierdo (OI), como en visión lejana (VL) y amplitud de acomodación (AA) en ojo derecho (OD), ojo izquierdo (OI) y ambos ojos (AO) de cada uno de los 11 sujetos antes y después de las 10 sesiones de terapia. I: inicial, F: final, cm: centímetros. En color rojos están los pacientes mayores a 53 años formando el grupo de presbítas y en color negro los menores de 27 años formando el grupo de jóvenes.

Sujeto	Foria VL ( $\Delta$ )		Foria VP ( $\Delta$ )		AC/A		PPC (cm) Rotura/recobro	
	I	F	I	F	I	F	I	F
1	4EF	0	0	0	4/1	5,6/1	0/0	0/0
2	0	0	4XF	2XF	4,7/1	5,5/1	10/12	0/1
3	6XF	3XF	25XF	6XF	1,6/1	4,8/1	17/19	0/0
4	0	0	7XF	4XF	2,5/1	3,7/1	10/12	0/0
5	0	0	5XF	1XF	4,5/1	6,1/1	13/15	1/2
6	6EF	4EF	0	0	3,6/1	4,4/1	0/0	0/0
7	4XF	2XF	6EF	4EF	9,3/1	4,5/1	5/6	0/0
8	15EF	15EF	15EF	15EF	5,3/1	5,3/1	0/0	0/0
9	6EF	2EF	0	0	3,2/1	4,8/1	5/5	0/0
10	0	0	6EF	4EF	8,1/1	7,3/1	8/11	1/2
11	8EF	8EF	3EF	5EF	3,6/1	4,5/1	0/0	0/9

**Tabla 5.** Valores de la foria en visión lejana (VL) y en visión próxima (VP), de la relación convergencia / acomodación (AC/A) y valor del punto próximo de convergencia (PPC) de cada sujeto antes y después de las 10 sesiones de terapia. Las exoforias (EX) medidas con base nasal (BN) y las endoforias (EF) medidas con base temporal (BT). I: inicial, F: final,  $\Delta$ : dioptrías prismáticas, D: dioptrías. En color rojos están los pacientes mayores a 53 años formando el grupo de presbítas y en color negro los menores de 27 años formando el grupo de jóvenes.

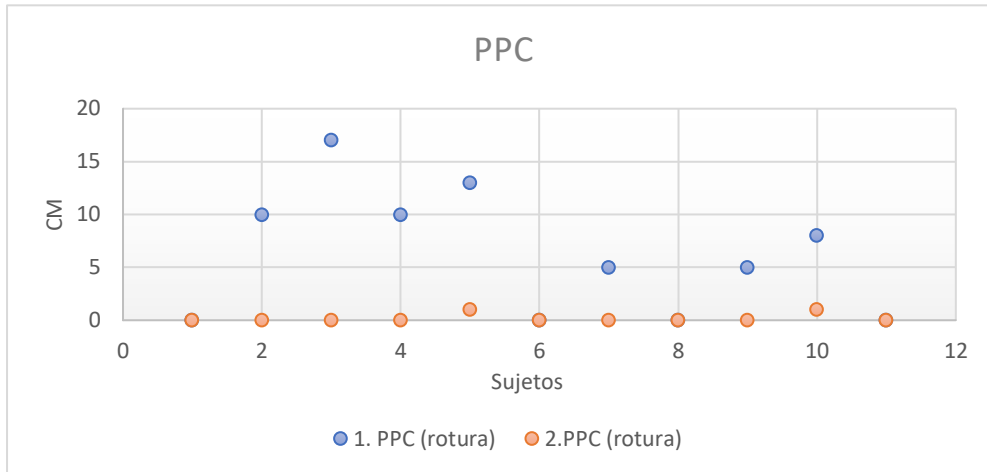
Sujeto	VFN/VL ( $\Delta$ ) Rotura/recobro		VFN/VP ( $\Delta$ ) Rotura/recobro		VFP/VL ( $\Delta$ ) Rotura/recobro		VFP/VP ( $\Delta$ ) Rotura/recobro	
	I	F	I	F	I	F	I	F
1	6/4	10/14	14/10	16/14	8/6	18/14	20/18	18/14
2	8/6	8/6	10/6	12/8	25/18	35/20	8/4	35/20
3	10/8	10/6	8/4	18/12	6/4	18/14	8/6	40/40
4	8/6	10/8	10/8	12/8	6/6	18/12	14/12	25/20
5	6/4	6/6	8/6	14/12	10/4	25/14	18/16	25/25
6	0/0	6/5	4/0	16/10	6/18	25/16	8/4	30/25
7	6/2	8/4	10/8	10/6	8/10	40/40	12/10	40/40
8	6/4	8/6	8/6	14/10	30/25	35/30	25/25	35/30
9	6/4	6/4	2/0	10/8	35/18	40/40	30/25	40/40
10	0/0	3/2	4/2	12/10	0/0	35/30	16/18	40/40
11	0/0	5/5	0/0	11/10	0/0	15/15	0/0	30/18

**Tabla 6.** Valores de las vergencias fusionales negativas (VFN) y de las vergencias fusionales positivas (VFP) tanto en visión próxima (VP), de cada sujeto. antes y después de las 10 sesiones de terapia. I: inicial, F: final  $\Delta$ ; dioptrías prismáticas. En color rojos están los pacientes mayores a 53 años formando el grupo de presbíteros y en color negro los menores de 27 años formando el grupo de jóvenes.

Fijándonos en los datos obtenidos en la tabla 5, en concreto en las forias de VL y de VP iniciales de cada paciente, y relacionándola con la Tabla 2 de la introducción, podemos distinguir las siguientes disfunciones entre nuestro grupo: con AC/A baja las insuficiencias de convergencia (pacientes 2, 3, 4 y 5) y de divergencia (pacientes 1, 6, 9 y 11), con AC/A alta los excesos de convergencia (paciente 10) y de divergencia (paciente 7), con AC/A normal una endo básica (paciente 8).

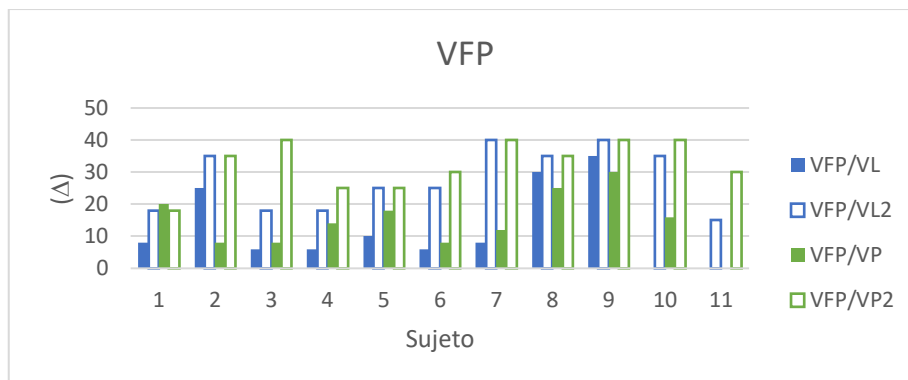
Sujeto	FM OD VL (cpm)		FM OI VL (cpm)		FM OD VP (cpm)		FM OI VP (cpm)		FB VL (cpm)		FB VP (cpm)	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
1	8	14	9	17	9	11	14	10	Falla -	13	Falla -	9
2	0	15	0	21	0	17	0	17	Falla -	15	Falla +/-	9
3	0	0	0	0	0	0	0	0	Falla -	6	Falla +/-	6
4	7	11	4	11	5	11	5	11	9,5	9	6,5	9
5	0	11	0	9	0	16	0	12	Falla -	10	Falla +/-	13
6	0	9,5	0	14	0	14	0	9	Falla -	8	Falla -	14
7	15	23	11	22	10	19	11	22	Falla -	20	9	19
8	0	12	0	17	0	8	0	9	Falla -	11	Falla -	9
9	9	19	9	18	5	14	8	18	8	11	8	11
10	0	21	0	20	11	23	14	23	Falla -	19	15	21
11	0	11	0	12	0	11	0	14	Falla -	15	Falla -	13

**Tabla 7.** Valores de la flexibilidad monocular (FM) acomodativa para el ojo derecho (OD) y el ojo izquierdo (OI) y flexibilidad binocular (FB) acomodativa, en los tres casos para visión lejana (VL) y para visión próxima (VP), de cada sujeto. antes y después de las 10 sesiones de terapia. I: inicial, F: final, cpm: ciclos por minuto. En color rojos están los pacientes mayores a 53 años formando el grupo de presbíteros y en color negro los menores de 27 años formando el grupo de jóvenes.

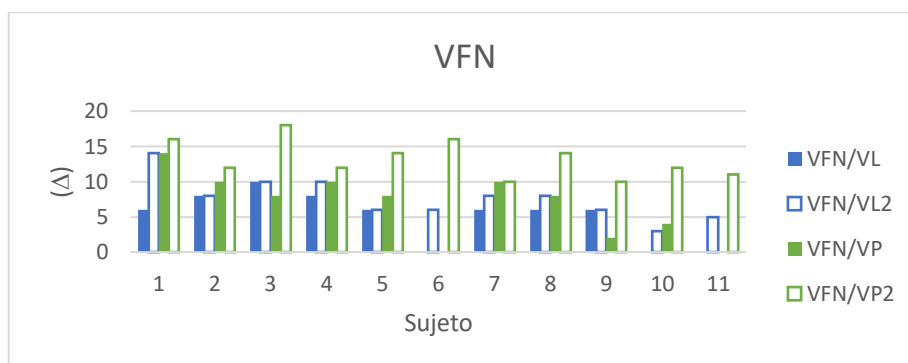


**Figura 9.** Grafica que compara el punto de rotura del punto próximo de convergencia (PPC) antes y después de la terapia visual en cada sujeto.

Como se ve en el Figura 9, el PPC mejora en todos los casos tras la terapia visual excepto en los casos en los pacientes 1, 6, 8 y 11 que ya llegaban hasta la nariz (0 cm).



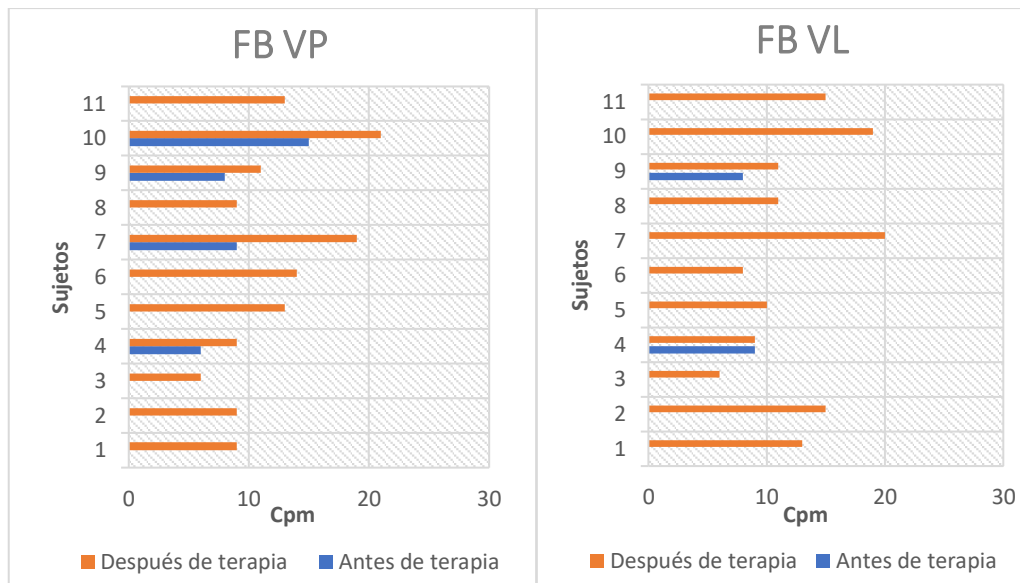
**Figura 10.** Grafica que compara las vergencias fusionales positivas (VFP) en visión lejana (VL) y en visión próxima (VP) de cada sujeto antes y después de la terapia visual.



**Figura 11.** Grafica que compara las vergencias fusionales negativas (VFN) en visión lejana (VL) y en visión próxima (VP) de cada sujeto antes y después de la terapia visual.

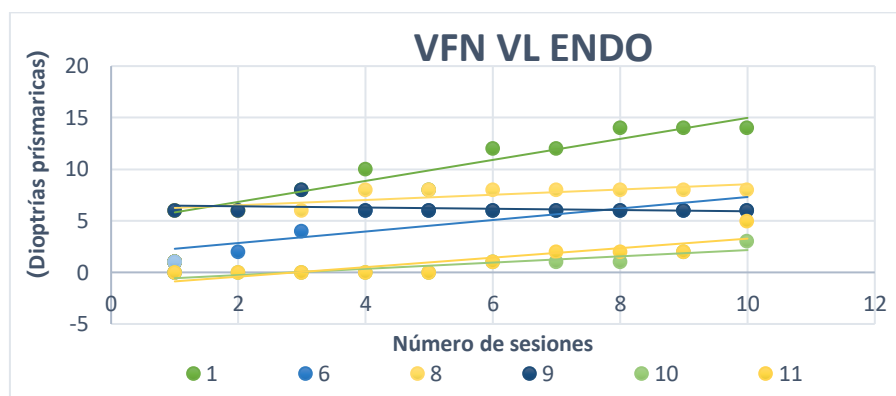
Como podemos ver las VFP mejoran en mayor medida que las VFN. Todos los sujetos mantienen o mejoran sus vergencias. En cuanto a las VFP, podemos destacar los sujetos 10 de

21 años (VFP/VL pasó de 0 Δ, es decir, de no tener y cursar con diplopía a conseguir fusionar hasta 35 Δ de BT) y 11 de 53 años (VFP/VL pasó de no tener y cursar con diplopía a fusionar 15 Δ de BT) que carecían de ellas y vieron una mejoría considerable alcanzando valores normales para su edad y superiores para compensar su foria (Figura 10 y 11).

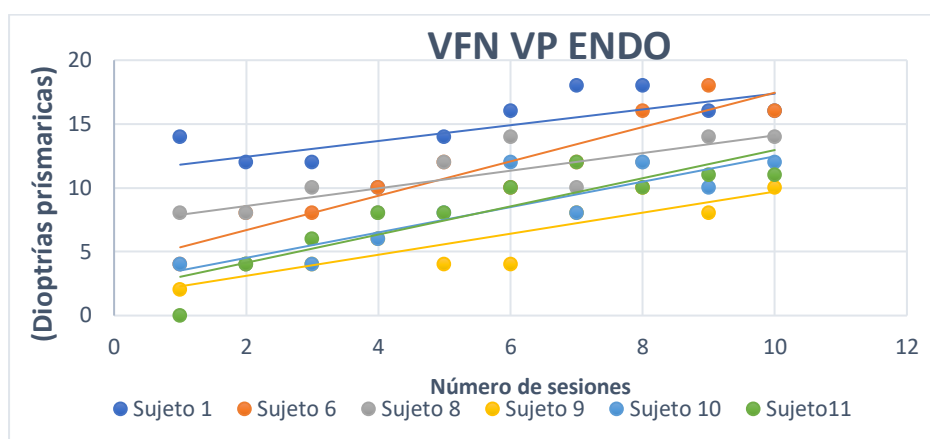


**Figura 12 y 13.** Comparación de la flexibilidad binocular acomodativa (FB) en visión lejana (VL) y en visión próxima (VP), respectivamente de cada sujeto antes y después de la terapia visual. Ciclos por minuto: cpm.

La FB mejora, tanto en VP como en VL, en la mayoría de los casos mejora considerablemente. En la Gráfica 6 destacan los siguientes pacientes; el sujeto 1 de 23 años (pasa de 0 cpm a 13 cpm en VL y a 9 cpm en VP), el sujeto 2 de 27 años (pasa de 0 cpm a 15 cpm en VL y a 13 cpm en VP), el sujeto 5 de 26 años (que pasa de no ser capaz de aclarar las lentes positivas ni las lentes negativas, 0 cpm, a conseguir 10 cpm en VL y a 13 cpm en VP), el sujeto 8 de 27 años (empieza con no aclarar las lentes negativas, 0 cpm, y termina con 11 cpm en VL y 9 cpm en VP) y el sujeto 11 de 53 años (comienza con 0 cpm sin aclarar lentes negativas y termina con 15 cpm en VL y 13 cpm en VP) que empezaron sin ser capaces de aclarar los flippers binoculares y terminaron con valores normales para su edad. (Figura 12 y 13)

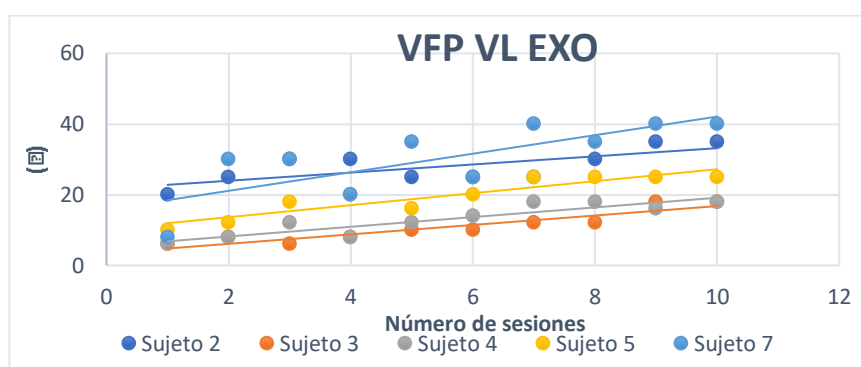


**Figura 14.** Gráfica que compara las VFN en VL de 6 sujetos con EN antes y después de la terapia visual. Cada color corresponde a un paciente: el verde al paciente 1 en azul al 6, el amarillo al 8, el azul oscuro al 9, el verde claro al 10 y el amarillo oscuro al 11.

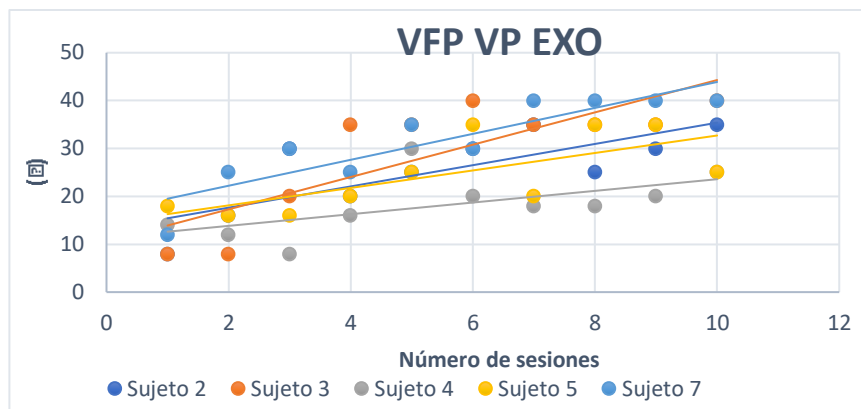


**Figura 15.** Gráfica que compara las VFN en VP de 6 sujetos con EN antes y después de la terapia visual.

Tanto las VFP como las VFN en los sujetos con EN mejoran, pero lo más representativo de estos casos son las VFN, ya que serán las encargadas de compensar la EN, por eso se ha querido representar dicha mejoría en los gráficos para VL (Figura 14) así como para VP (Figura 15). Los pacientes pasan de tener vergencias por debajo de límites normales, a estar por encima de los valores normales ( $7/4 \Delta$  para VL y  $13/10 \Delta$  para VP) en la mayoría de los casos, excepto en el caso 10 de 21 años (que se queda en VL con VFN de  $3/2 \Delta$ ) y en el 11 de 53 (que termina con VFN de  $5/5 \Delta$  en VL) que quedan algo reducidas. Estos dos sujetos comienzan la terapia sin reservas o con diplopía por lo que es normal que puedan necesitar alguna sesión más de entrenamiento para llegar a los valores normales, aunque su calidad de vida ya ha mejorado sustancialmente.



**Figura 16.** Gráfica que compara las VFP en VL de 5 sujetos con EX antes y después de la terapia visual.



**Figura 17.** Gráfica que compara las VFP en VP de 5 sujetos con EX antes y después de la terapia visual.

Las VFP son las significativas en el caso de las EX para que puedan compensar la divergencia latente de sus ejes visuales, por lo que se ha querido representarlas en estas dos gráficas, una para VL (Figura 16) y otra para VP (Figura 17). Como vemos en todos los casos las VFP aumentan desde la primera sesión progresivamente hasta la última. Cabe destacar el sujeto 3 de 68 años (pasa de tener VFP de 6/4  $\Delta$  a 18/14  $\Delta$  en VL y de 8/4  $\Delta$  a 40/40  $\Delta$  en VP) que a su edad consigue mejorar sustancialmente las VFP tanto en VP como en VL hasta alcanzar valores por encima de los normales.

## 5 Discusión

En este trabajo hemos querido estudiar la rehabilitación mediante terapia visual en 11 sujetos, por un lado, según su edad y por otro lado según las reservas fusionales que les provocaban la disfunción binocular que padecían, ya fueran las VFN o las VFP. Puesto que nos encontramos con un amplio abanico de disfunciones según su AC/A y sus forias, esta división según sus vergencias iniciales alteradas ha resultado la manera más fácil de agruparlas para la discusión. Para ello se escogieron los tres valores de las pruebas más representativas como referencia y se comparó el progreso en sus resultados, escogiendo el PPC, las vergencias y la FB.

Al analizar las mejoras según el rango de edad podemos separar un grupo de sujetos jóvenes (formado por los pacientes de edades comprendidas entre 9 y 27 años, letra en negro en las Tablas 4, 5, 6 y 7) y el grupo de los sujetos presbíta (formado por sujetos de edades comprendidas entre 53 y 70 años, letra en rojo en las Tablas 4, 5, 6 y 7). Al comparar ambos grupos, en la primera sesión los pacientes presbíta comienzan con valores menores en todas las pruebas optométricas que se les realizan respecto al grupo joven, a excepción del sujeto 10 de 21 años que también cursa con valores optométricos muy bajos (comienza con VFN en VL de 0/0  $\Delta$  y en VP de 4/2  $\Delta$ , en VFP inicia el proceso con 0/0  $\Delta$  en VL y con 16/18  $\Delta$  en VP, el PPC también es elevado al inicio del proceso 8/11 cm) como se ve reflejado en las Tablas 4- 6. Pero al finalizar la terapia visual podemos ver una gran mejoría, sobre todo del grupo presbíta, llegando a igualarse los resultados de ambos grupos tanto en las vergencias (Figuras 14-17) como en el PPC (Figura 9).

Podemos destacar en el grupo de los jóvenes el caso 8, con unas VFN en VL de 6/4  $\Delta$  y en VP de 10/8  $\Delta$ , que compensará sin problema la EF de 2  $\Delta$ , para compensar y eliminar la sintomatología por completo se recomienda tener el doble de reservar fusionales contrarias que la foria del paciente, en este caso se cumple. En el grupo de presbíta tenemos el caso 6 con VFN en VL de 6/5  $\Delta$  y en VP de 16/10  $\Delta$ , este paciente en VL se quedará muy justo para compensar su EF 4  $\Delta$ , por lo que necesitará aumentar algo más sus VFN de VL con alguna sesión extra de entrenamiento o se le manifestará la diplopía en alguna ocasión, aunque por el momento ha quedado muy satisfecho con su mejora.

Como vemos en el artículo de Guerrero (13), también quisieron demostrar que las vergencias pueden trabajarse mediante entrenamiento visual y aumentarse en pacientes presbíta, mejorando así su disconfort visual. Esto apoya los resultados obtenidos en presbíta en este estudio, ya que mejoran sustancialmente, viéndose reflejado sobretodo en el PPC y las vergencias, tanto VFN como VFP. Esto indica que la edad no excluye a un paciente de la posibilidad de mejorar sus vergencias mediante entrenamiento visual y así mejorar su calidad de vida. Como se menciona en el artículo, esta afirmación no está del todo interiorizada, ya que hasta hace poco se consideraba que una vez perdida la plasticidad muscular era muy difícil o imposible recuperarla mediante terapia visual.

El entrenamiento visual en niños, por el contrario, está más integrado en los profesionales sanitarios encargados de este tipo de disfunciones. Esto se debe a que existe algún estudio (14) que corroboran la eficacia en niños de la terapia visual gracias a la plasticidad muscular y neural de los primeros años de vida, aunque todavía son necesarios más estudios con mayor número de pacientes. Tal y como se demuestra en nuestros datos (Tablas 4-7), todo el grupo de jóvenes y presbíta mejoran su función visual no solo los niños, por lo



que vemos que el entrenamiento visual es eficaz en cualquier rango de edad, siendo esencial la motivación del paciente.

Fijándonos en los datos obtenidos en la Tabla 5, en concreto en las forias de VL y de VP iniciales de cada paciente, y relacionándola con la Tabla 2, podemos distinguir las siguientes disfunciones entre nuestro grupo: con AC/A baja las insuficiencias de convergencia (pacientes 2, 3, 4 y 5)(15) y de divergencia (pacientes 1, 6, 9 y 11), con AC/A alta los excesos de convergencia (paciente 10) y exceso de divergencia (paciente 7) y con AC/A normal una endo básica (paciente 8).

Al analizar disfunciones no estrábicas según sean XF o EF nos encontramos con la distribución mencionada en los resultados; 6 sujetos con EF y 5 con XF. Los pacientes con XF mejoran en el PPC, las vergencias y en la flexibilidad independientemente de su edad. En este grupo vamos a centrarnos en las VFP y en el PPC.

El PPC es un dato significativo en los pacientes con las VFP reducidas, normalmente con XF en VP, ya que al no poder converger con normalidad suelen darse valores alejados, tal y como podemos ver en estos 5 sujetos. Después de 10 sesiones la mejora en este parámetro es destacable en todos los casos ya que todos ellos llegan a alcanzar valores normales, incluso 3 de los sujetos consiguen converger hasta la nariz. Un estudio muy interesante es el artículo de Alvarez (16) en el que se ve una relación entre la mejora de las vergencias del paciente y el cambio neurológico, esto reafirma la existencia de plasticidad al realizar este tipo de entrenamientos visuales.

Esta mejora en las VFP con el entrenamiento visual se ve reflejada también en el estudio de Chacón (17), en el que 12 de 21 sujetos de 6 a 12 años llegaron a alcanzar después de 10-15 sesiones, de 20 min cada sesión, valores normales de PPC y 10 de 21 sujetos terminaron la terapia visual alcanzando también valores normales en sus VFP. En nuestro caso, los 5 sujetos alcanzan los valores normales al final del tratamiento. Es destacable que las VFP en VP de todos los pacientes comienzan siendo inferiores a  $20 \Delta$  y en la última sesión todos superan este valor sin excepción.

Por otro lado, tenemos 6 sujetos con problemas al inicio en las VFN que cursan con EF. Al final del entrenamiento se observa un claro progreso durante las 10 sesiones de todos los pacientes, aumentando los valores de las VFN, aunque no todos llegan a alcanzar valores normales dado que el inducir divergencia en los ejercicios es más difícil que en el caso de la convergencia. Aun así, la mejora obtenida y la satisfacción en estos pacientes es más espectacular que la obtenida en los pacientes con disfunciones en sus VFP. Aunque no se alcanzaran valores normales, habían conseguido eliminar su sintomatología y aumentado su calidad de vida. También hay que tener en cuenta que los valores normales de las VFN son menores que los valores normales de las VFP, por lo que el margen de mejora es menor. Se puede observar también como las VFN necesitan más sesiones para aumentar que las VFP, pero al final las dos son rehabilitables.

Al terminar las 10 sesiones los 11 sujetos, independientemente de su disfunción binocular y de su edad, disminuyeron o eliminaron su sintomatología quedando muy satisfechos con el proceso. Además, se les pautó ejercicios de mantenimiento semanales y una revisión anual. No está demostrado el mantenimiento de los resultados a largo plazo, por lo que son necesarios estudios longitudinales de mayor duración, tanto retrospectivos y prospectivos, y con un mayor número de pacientes incluyendo mayor número tanto de individuos no presbítas como presbítas.

## 6 Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en este estudio podemos deducir las siguientes conclusiones:

1. En disfunciones binoculares no estrábicas la realización de entrenamiento visual durante unos 3 meses aumenta los valores vergenciales independientemente de la edad del sujeto, devolviéndole una óptima calidad de vida.
2. Uno de los factores que más influye en los buenos resultados de la rehabilitación visual es la motivación del paciente.
3. Las sesiones necesarias para concluir con éxito el entrenamiento visual pueden depender del tipo de disfunción o del tiempo que hace que la padecen, pero ninguno de esos factores debe ser un factor de exclusión a la hora de tratar una disfunción de estas características.
4. La edad no debe ser un factor de exclusión a la hora de proponer mejorar su binocularidad mediante entrenamiento visual al paciente, ya que en este estudio con escaso número de pacientes presbitas se ha visto que existe plasticidad muscular y puede trabajarse para conseguir una buena fusión a cualquier distancia.

## 7 Bibliografía

1. Palomar-Petit F, Collado FP. Consideraciones acerca del campo visual binocular de superposición normal y patológico. Archivos de la Sociedad Oftalmológica Hispano-Americana. 1958;18(2):147-66.
2. Montés-Micó R, Diego CA, Fernández JA, Martínez PC. Optometría: principios básicos y aplicación clínica: Elsevier; 2011.
3. Moreno ÁMP, Verdú FMM. Fundamentos de visión binocular: Universitat de València; 2004.
4. Pons IP. Terapia manual en el sistema oculomotor: Técnicas avanzadas para la cefalea y los trastornos de equilibrio: Elsevier Health Sciences; 2018.
5. Soria Peña L. Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico. 2017.
6. Camacho JCS, Bravo MLG. Estrabismo y ambliopía, conceptos básicos para el médico de Atención Primaria. MedUNAB. 2011;14(2):108-20.
7. Salazar Cristancho PA. Determinar el punto próximo de convergencia en los niños ambliopes de 7 a 12 años escolarizados.
8. Álvarez AL, Muñoz SMM, Márquez MM, Núñez SM. Disfunciones no estrábicas de la visión binocular entre los 5 y los 19 años. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2016;14(2):13-24.
9. Domínguez IB, de la Torre MCE, Barranco EG, García FR, Oviedo BN, Azcona MC. TERAPIA VISUAL EN LA ESCUELA. Revisado desde Internet[online] <http://www/fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/1/terapia%20visual%20en%20la%20escuela.pdf>.
10. Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
11. Carbonell Bonete S. Prevalencia y sintomatología de las disfunciones acomodativas y binoculares en la población univesitaria. 2014.
12. Borràs García MR, Gispets Parcerisas J, Ondategui Parra JC. Visión binocular. Diagnóstico y tratamiento: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica; 2004.
13. Guerrero RG, Vázquez MSG. Impacto del entrenamiento visual en las vergencias de pacientes presbitas. Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular. 2012;10(1):109-14.
14. Camacho M. Pasado, presente y futuro de la ortóptica...¿ hasta cuándo intervenir? Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular. 2006(7):117-20.
15. Lavrich JB. Convergence insufficiency and its current treatment. Current opinion in ophthalmology. 2010;21(5):356-60.
16. Alvarez TL, Vicci VR, Alkan Y, Kim EH, Gohel S, Barrett AM, et al. Vision therapy in adults with convergence insufficiency: clinical and functional magnetic resonance imaging measures. Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry. 2010;87(12):E985.
17. Chacón Barrantes AM. Efectividad del tratamiento ortóptico de insuficiencias de convergencia realizado a pacientes entre 6 y 12 años del iio entre enero y octubre del 2007. 2008.