



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Evaluación de pacientes preprébitas con
problemas acomodativos tras la realización
de terapia visual.

Autora:

Elena Llorente Tomás

Directoras:

Elvira Orduna Hospital
Isabel Pinilla Lozano

Facultad de Ciencias
Grado en Óptica y Optometría

2019

ÍNDICE

1.	ABREVIATURAS	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1.	ANATOMÍA.....	2
2.2.	ACOMODACIÓN.....	3
2.2.1.	RELACIÓN ACOMODACIÓN CONVERGENCIA	4
2.2.2.	TIPOS DE ACOMODACIÓN	5
2.2.3.	EFEECTO DEL USO DE LENTES O PRISMAS SOBRE LA ACOMODACIÓN.	5
2.3.	PRESBICIA.....	5
2.4.	DISFUNCIONES ACOMODATIVAS	6
2.4.1.	INSUFICIENCIA ACOMODATIVA.....	6
2.4.2.	ESPASMO ACOMODATIVO O EXCESO ACOMODATIVO	7
2.4.3.	INFLEXIBILIDAD ACOMODATIVA.....	7
3.	HIPOTESIS Y OBJETIVOS	8
3.1.	HIPOTESIS	8
3.2.	OBJETIVOS.....	8
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	9
4.1.	REFRACCIÓN	9
4.2.	MEDIDA DE LA AGUDEZA VISUAL	10
4.3.	FORIAS HORIZONTALES Y VERTICALES.....	10
4.4.	VERGENCIAS FUSIONALES	11
4.5.	ACOMODACIÓN RELATIVA NEGATIVA/ACOMODACIÓN RELATIVA POSITIVA (ARN/ARP).....	11
4.6.	PUNTO PRÓXIMO DE CONVERGENCIA (PPC).....	12
4.7.	AMPLITUD DE ACOMODACIÓN (AA)	12
4.8.	FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA.....	12
4.9.	TEST DE WORTH.....	13
4.10.	ESTEREOPSIS.....	13
4.11.	PLAN DE TERAPIA VISUAL.....	14
5.	RESULTADOS.....	17
6.	DISCUSIÓN	22
7.	CONCLUSIÓN	24
	BIBLIOGRAFÍA.....	25
	ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	26
	ANEXO 2. TABLA DE EXPLORACIÓN OPTOMÉTRICA INICIAL.....	27
	ANEXO 3. TABLA DE EXPLORACIÓN SEMANAL.....	28

1. ABREVIATURAS

	Abreviatura	Significado
A	AA	Amplitud de acomodación
	AC/A	Convergencia acomodativa producida por unidad de acomodación
	AO	Ambos ojos
	ARN	Acomodación relativa negativa
	ARP	Acomodación relativa positiva
	AV	Agudeza visual
B	BI	Base inferior
	BN	Base nasal
	BS	Base superior
	BT	Base temporal
C	CA/C	Acomodación producida por unidad de convergencia
	CEICA	Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón
D	D	Dioptría
E	EE	Equivalente esférico
F	FAB	Flexibilidad acomodativa binocular
	FAM	Flexibilidad acomodativa monocular
M	MPMAV	Máximo positivo máxima agudeza visual
O	OD	Ojo derecho
	OI	Ojo izquierdo
P	PP	Punto próximo
	PPC	Punto próximo de convergencia
	PR	Punto remoto
R	R/V	Rojo/Verde
V	VFN	Vergencia fusional negativa
	VFP	Vergencia fusional positiva
	VL	Visión lejana
	VP	Visión próxima
Δ	Δ	Dioptría prismática

2. INTRODUCCIÓN

2.1. ANATOMÍA

El cristalino es una lente biconvexa con un poder dióptrico de 20D, transparente, avascular y elástico, ubicado inmediatamente detrás del iris, separando el segmento anterior del segmento posterior del globo ocular, y unido al músculo ciliar a través de las fibras de la zónula de Zinn.

La cara anterior del cristalino se encuentra en contacto con el humor acuoso, líquido que ocupa la cámara anterior y posterior del globo ocular, y mediante el cual el cristalino obtiene los nutrientes necesarios para su correcto metabolismo. En cambio, la cara posterior del cristalino se encuentra en contacto con la hialoides.

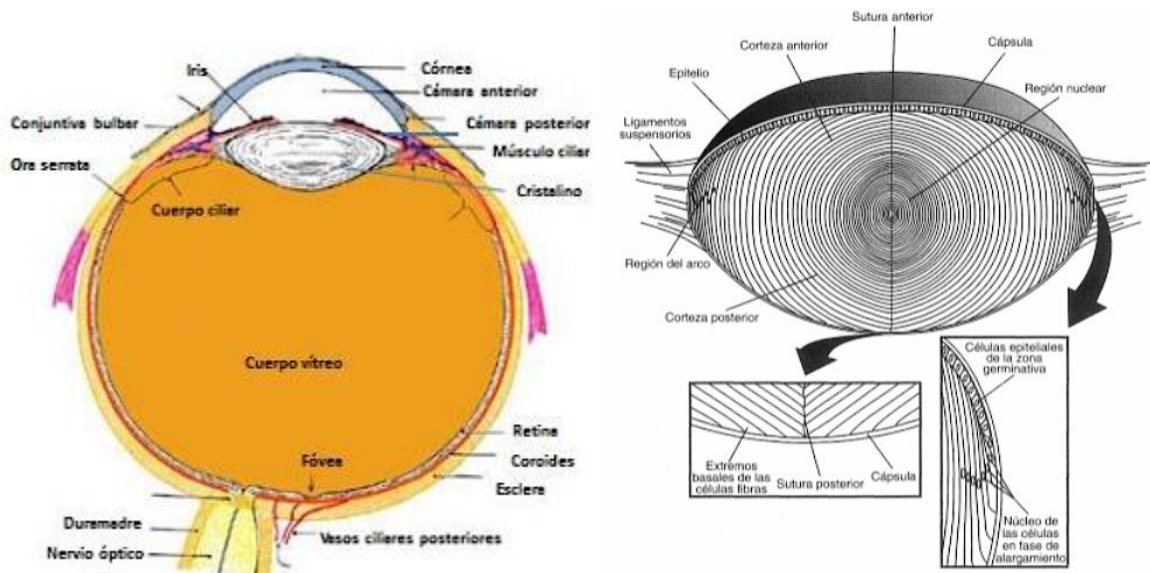


Imagen 1: Anatomía ocular. (1)

Imagen 2: Estructura interna del cristalino. (2)

El cristalino se compone de varias capas, como se puede ver en la *imagen 1*, el núcleo, la corteza y la cápsula. Esta última se encuentra recubriendo un epitelio cúbico monoestratificado, encargado de la formación de nuevas células a lo largo de toda la vida, de modo que, en un momento dado, producirá una gran rigidez al cristalino y éste perderá su capacidad de acomodación. (3-7)

El cuerpo ciliar es una estructura perteneciente a la úvea, situada entre el iris y la ora serrata y dispuesto inmediatamente detrás del espolón escleral. Esta estructura se divide en la pars plana, estructura lisa en la cual se insertan las fibras de la zónula de Zinn, y la pars plicata, compuesta a su vez por el músculo ciliar y los procesos ciliares dispuestos de forma radial y cuya principal función es la segregación de humor acuoso.

El músculo ciliar está formado por fibras musculares lisas de innervación parasimpática y su contracción supone que sea posible la acomodación del cristalino. (3-6)

2.2. ACOMODACIÓN

La acomodación es un proceso neuromuscular por el cual el ojo, mediante ciertos cambios anatómicos, cambia su poder refractivo de forma activa al producir un cambio de curvatura cristaliniana. De este modo, se forma imagen nítida en la fóvea de objetos situados a distintas distancias, entre el punto próximo (PP) y el punto remoto (PR). La respuesta acomodativa es dependiente de la edad del sujeto, el tamaño del objeto y la distancia a la que éste se encuentre. (3, 6, 8, 9)

El PR es el punto más lejano del que el ojo puede formar imagen nítida sobre la fóvea encontrándose la acomodación en reposo. Este punto se encuentra en el infinito si se trata de un ojo emétrope, delante de la retina si se trata de un ojo miope y tras la retina en caso de los hipermétropes (imagen virtual). La inversa del PR, medido en metros, corresponde a la refracción del ojo dada en dioptrías (D).

El PP es el punto más cercano del que el ojo es capaz de ver un objeto nítido, mediante el uso de la acomodación total. Este punto se localizará en diferente lugar dependiendo de la edad y la refracción del paciente.

La distancia entre el PR y el PP, determina el rango o recorrido de la acomodación, el cual dependerá de la refracción del paciente. (6, 8, 9)

Se define como amplitud de acomodación (AA) a la diferencia de refracción del cristalino cuando éste está en reposo frente a cuando está en su máximo poder dióptrico, es decir, la acomodación máxima en D, que el ojo puede realizar, estando correctamente corregido. También puede definirse como la distancia del PR al PP, la cual dependerá de la edad del paciente. (3, 5, 6, 9)

En la Tabla 1 se muestra la AA estimada para el cristalino según la edad para encontrarse dentro de los valores normales estipulados por Franciscus Donders. (8)

Edad (años)	AA (D)
10	14
15	12
20	10
25	9
30	8
35	7
40	6
45	4
50	2
55	1.5
60	1

Tabla 1: Valores promedio de la AA en función de la edad según Donders. (8)

Anatómicamente, según la teoría de Hermann Von Helmholtz de 1855 (9), cuando el ojo fija en un objeto lejano, el músculo ciliar se encuentra relajado y las fibras de la zónula de Zinn se encuentran tensas, de modo que sostienen al cristalino provocando un estiramiento que lo mantiene delgado y aplanado.

Cuando el ojo mira a un objeto cercano, el músculo ciliar se contrae relajando las fibras de la zónula y haciendo que el cristalino se abombe y engrose debido a la elasticidad de la cápsula, con ello ambas caras del cristalino, aumentan su curvatura. Esto supone un aumento de la convexidad del cristalino volviéndose más esférico y con ello aumentando su potencia. (5, 6, 9, 10)

Durante la acomodación se producen distintos cambios anatómicos en el globo ocular:

- Tanto el iris como la cara anterior del cristalino se desplazan hacia delante produciendo una disminución de la profundidad de la cámara anterior en su parte central y un aumento en periferia debido al aplanamiento de las superficies periféricas del cristalino.
- Ambas caras del cristalino aumentan su curvatura. En especial, ocurre esto en la cara anterior ya que pasa de tener un radio medio de 11 mm a uno de 5,5 mm.
- El espesor del cristalino aumenta considerablemente y el diámetro ecuatorial disminuye, volviéndose más esférico.
- Cambio del índice de refracción del cristalino.
- Disminución de la aberración esférica.
- En acomodación máxima, las zónulas se encuentran totalmente relajadas, por lo que el cristalino pierde su sujeción y se inclina inferiormente.
- La coroides se desplaza hacia delante.
- Por último, se produce una miosis pupilar debido a la inervación de ambos mecanismos. Es decir, el III par craneal (nervio oculomotor común) conduce la información al músculo ciliar de modo que éste se contraerá y desencadenará la acomodación, pero también al músculo constrictor del ojo que producirá una contracción de la pupila. (3, 6, 9, 11)

2.2.1. RELACIÓN ACOMODACIÓN CONVERGENCIA

Un importante aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de evaluar el estado acomodativo de un paciente, es la relación que tiene la acomodación con la convergencia, cuyo equilibrio hace posible que la visión binocular sea correcta.

Anatómicamente, esta relación se debe a la “triada acomodativa” que consta de acomodación, convergencia y miosis producida por la transmisión de información a través del mismo nervio, el III par craneal (nervio oculomotor común), el cual inerva:

- Músculo ciliar: encargado de la acomodación
- Rectos medios, internos o nasales: encargados de la motilidad ocular, y cuya contracción produce la convergencia ocular.
- Esfínter del iris: Produce una contracción pupilar o miosis.

La relación entre la convergencia inducida por la acomodación y la propia acomodación es la relación AC/A (convergencia acomodativa producida por unidad de acomodación). Este valor cambia para cada paciente, en función del estado de su visión binocular, ya que cada paciente tiene un cambio de convergencia, medido en dioptrías prismáticas (Δ), diferente al acomodar una D. Se considera normal un AC/A de 4/1, es decir, por 1 D de acomodación se produce una convergencia de 4 Δ .

La medición de la relación AC/A es utilizada para el diagnóstico de numerosas disfunciones binoculares, tanto acomodativas como vergenciales.

Otra relación importante sería la relación CA/C en la que se analiza la acomodación que interviene cuando el paciente converge 1 Δ . (3, 5, 8, 9)

2.2.2. TIPOS DE ACOMODACIÓN

Acomodación tónica: se manifiesta cuando la actividad acomodativa está totalmente inhibida en ausencia de un estímulo acomodativo. El valor suele comprenderse entre 0 y 2 D reduciéndose con la edad y es consecuencia de la tonicidad muscular ciliar. (3, 8, 9)

Acomodación psíquica o proximal: producida por estímulos acomodativos que se encuentran a 3 m o menos. Como ejemplo, esta acomodación queda estimulada al observar a través de un microscopio. (3, 9)

Acomodación vergencial: producida por la relación entre la acomodación y la convergencia (CA/C), debido a parte de la inervación que se comparte entre ambos mecanismos. El valor de esta acomodación es aproximadamente de 0,4 D por 1 Δ de convergencia y este mecanismo puede tanto relajar como estimular la acomodación. (3, 8, 9)

Acomodación refleja: producida automáticamente por el estado refractivo ocular para tratar de mantener la imagen nítida sobre la retina y evitar posibles emborronamientos leves. Este efecto se produce tanto en visión lejana (VL) como en visión próxima (VP). (3, 9)

2.2.3. EFECTO DEL USO DE LENTES O PRISMAS SOBRE LA ACOMODACIÓN.

En todo momento se debe tener en cuenta qué repercusión supone la anteposición de las diferentes lentes y prismas sobre la acomodación.

Una lente positiva produce la relajación de la acomodación, puesto que el objeto adopta una falsa apariencia de lejanía debida a la convergencia de los rayos al atravesar dicha lente. Por el contrario, una lente negativa estimula la acomodación ya que el objeto parece que se aproxima al observador al producirse una divergencia de los rayos provenientes del objeto. (8, 9)

Además, como ya se ha indicado anteriormente, existe una fuerte relación entre la vergencia y la acomodación, por lo que la anteposición de prismas tendrá un determinado efecto en la convergencia o la divergencia y con ello en la acomodación. Por ello:

Un prisma base temporal (BT) induce convergencia y de este modo estimula la acomodación, ya que al converger también se acomoda debido a la "tríada acomodativa".

Un prisma base nasal (BN) induce divergencia y con ello se relaja la acomodación. (8, 12)

2.3. PRESBICIA

La presbicia es un proceso natural, mediante el cual se produce una disminución irreversible y progresiva de la AA con la edad, de modo que el paciente no alcanza una visión nítida en el PP. Desde el punto de vista óptico, puede describirse como un alejamiento del PP, hasta que éste coincide con el PR o queda por delante de él. (3, 5, 9, 13) Esto se debe a dos factores principalmente:

- El cristalino pierde elasticidad debido al aumento progresivo de su volumen, ya que crece continuamente a lo largo de la vida, produciendo una disfunción de la cápsula cristalina.
- En segundo lugar, el músculo ciliar pierde tono, contrayéndose con menor fuerza a la normal, sin conseguir la relajación total de la zónula de Zinn. Este factor disminuye la acomodación muy levemente de los 45 a los 60 años. (3, 9)

Según la teoría de Helmholtz - Hess - Gullstrand la reducción de la AA se debe a los cambios producidos con la edad en el cristalino y la cápsula, mientras que según la teoría de Donders - Duane - Fincham ocurre lo contrario, y propone que la pérdida de AA se produce enteramente por una pérdida de tono del músculo ciliar. Esta segunda teoría es controvertida puesto que el tono muscular aumenta con la edad hasta los 45 años y posteriormente se reduce hasta los 60 años, pero en cambio la AA se reduce progresivamente durante toda la vida. (3, 14, 15)

La presbicia aparece entre los 40 y los 45 años, pudiendo aparecer antes o después dependiendo del paciente y su refracción. Esta disfunción es inevitable y produce un defecto refractivo en VP, que únicamente puede solucionarse mediante el uso de lentes positivas o convergentes (adición). (3, 9)

2.4. DISFUNCIONES ACOMODATIVAS

En primer lugar, y tras una minuciosa exploración, debemos determinar si las disfunciones acomodativas encontradas son de etiología funcional (debidas a problemas refractivos o binoculares) produciendo cefaleas, tensión o dolor ocular y visión borrosa, o de etiología orgánica (generalmente debidas a patologías) que suelen cursar monolaterales y asociadas a diplopía y midriasis y que producen micropsias, macropsias, mareos, vértigos y cefaleas. (9)

2.4.1. INSUFICIENCIA ACOMODATIVA

Disfunción por la cual los pacientes tienen problemas al tratar de estimular la acomodación. Se debe remarcar que ésta es una condición de pacientes pre-présbitas puesto que en estos casos la AA está disminuida en función de la edad del paciente. Por el contrario, los pacientes présbitas, tienen una AA disminuida, pero es normal para su edad. Pueden clasificarse dentro de la insuficiencia acomodativa: (9, 13)

- **La acomodación mal sostenida:** esta disfunción puede considerarse una insuficiencia acomodativa incipiente, en la que la AA es normal para la edad del paciente, pero empeora con el tiempo. Esta disfunción puede ser detectada al realizar la medida de la AA de forma repetida en un corto periodo de tiempo.
- **La parálisis (o paresia) de la acomodación** se define como una pérdida de acomodación total o parcial asociada a causas orgánicas y puede desarrollarse de manera temporal o crónica, mono o bilateral y generalmente asociada a alteraciones pupilares. En este caso la AA está muy disminuida. (9, 13)

En general, cualquier paciente que padezca insuficiencia acomodativa, presentará dificultad en las pruebas en las que se debe trabajar la estimulación de la acomodación: se realicen en VP o se requiera del uso de lentes negativas o divergentes. Según Martín-Herranz (9), un valor que ayudaría a determinar la existencia de una insuficiencia acomodativa sería una AA entre 5 y 6 D por debajo de la esperada para la edad del paciente. Además, por lo general, la insuficiencia acomodativa se asocia a problemas binoculares. (9, 13)

2.4.2. ESPASMO ACOMODATIVO O EXCESO ACOMODATIVO

Disfunción por la cual los pacientes tienen problemas al tratar de relajar la acomodación. Esto se debe a que la respuesta acomodativa es superior a la necesaria para enfocar un estímulo que se encuentra a una cierta distancia provocando una sobreacomodación. Incluso en ausencia de estímulo, la acomodación se encuentra activa de manera excesiva. En este caso, y de forma contraria a la insuficiencia de acomodación, los pacientes con espasmo acomodativo tendrán dificultad al relajar la acomodación y con ello, al realizar todas las pruebas en las que sea necesario el uso de las lentes positivas o se realicen a distancia lejana.

En general, los pacientes con espasmo acomodativo, al acomodar más de lo necesario, padecerán una pseudomiopía a causa del excesivo poder dióptrico del cristalino. (9, 13)

2.4.3. INFLEXIBILIDAD ACOMODATIVA

Disfunción por la cual los pacientes tienen problemas al cambiar el nivel de respuesta acomodativa a diferentes distancias. En estos casos, la velocidad y la latencia en la que el paciente es capaz de cambiar el enfoque, entre una posición cercana a una más alejada está muy disminuida. La AA es normal, pero el paciente no es capaz de utilizarla de manera adecuada. El paciente tiene problemas tanto al relajar la acomodación, mediante lentes positivas o convergentes, como al estimularla, mediante lentes negativas o divergentes, produciendo dificultad al tratar de realizar cambios de enfoque. (9, 13)

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

3.1. HIPÓTESIS

Los pacientes con problemas como insuficiencia, exceso o inflexibilidad acomodativa tienen reducida su calidad de vida ya que cursan con problemas de borrosidad tanto en VP como en VL, astenopia, cefaleas, mareos, pseudomiopías o problemas vergenciales asociados en muchos casos. La terapia visual mediante la realización de ejercicios tiene un efecto positivo para la normalización de los valores optométricos que se encuentran reducidos en cada caso, como son la amplitud y la flexibilidad acomodativa principalmente, además de la relajación del espasmo acomodativo si lo padece.

3.2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio fue detectar y evaluar pacientes preprébitas con problemas acomodativos antes y después de realizar un plan de terapia visual de unos 3 meses de duración.

Los objetivos específicos de este trabajo fueron:

- Mejorar la amplitud de acomodación en estos pacientes tanto monocular como binocular teniendo en cuenta su edad.
- Mejorar la flexibilidad acomodativa mono y binocular en todos los pacientes en función de su edad.
- Desbloqueo del espasmo acomodativo con su progresiva reducción de pseudomiopía generada en los pacientes con exceso acomodativo, mejorando su AV en VL tendiendo a la emetropía.
- Eliminar los síntomas generados por sus problemas acomodativos devolviendo al paciente una calidad de vida óptima en cuanto al sistema visual se refiere.

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

En este estudio se diseñó un plan de terapia visual y se realizó en una muestra formada por 14 sujetos preprébitas de entre 7 y 27 años de edad, que padecían diversos problemas acomodativos. Dichos pacientes debían acudir semanalmente a una cita en consulta de unos 40 minutos y durante 10 sesiones, además de realizar en casa 30 minutos diarios de una serie de ejercicios previamente explicados con incremento de la dificultad en cada sesión. El estudio se desarrolló siguiendo los principios establecidos en la Declaración de Helsinki y tras la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA).

Se establecieron diversos **criterios de inclusión** para este estudio:

- Pacientes preprébitas con (agudeza visual) AV mejor corregida superior a 0,8 en escala decimal (20/25 escala Snellen) en cada ojo.
- No existencia de ambliopía ni estrabismos.
- Defecto de refracción inferior a 5,00 D de esfera e inferior a 3,00 D de cilindro.
- Medios ópticos transparentes.
- Los pacientes debían acudir a las sesiones semanales en consulta, además de realizar los ejercicios mandados para casa con constancia.
- Haber firmado el consentimiento informado.
- No padecer ninguna patología oftálmica ni sistémica.

En la primera visita se realizó la batería completa de pruebas optométricas con las que se llegó a un diagnóstico y con ello a valorar si cumplían los criterios para poder realizar el entrenamiento visual diseñado.

4.1. REFRACCIÓN

Se evaluaron todos los pacientes mediante una refracción objetiva realizada con un autorrefractómetro (KR-800/RM-800®, *Topcon Eye Care Company*, Tokio, Japón), seguido de una refracción subjetiva con gafa de prueba, ya que el foróptero puede estimular acomodación instrumental.

Se colocó la refracción obtenida mediante el autorrefractómetro en la gafa de pruebas y se ocluyó uno de los ojos. Posteriormente se miopizó hasta lograr que el paciente tuviera una AV inferior a 0,3, y tras ello, se redujo la potencia esférica en pasos de 0,25 D siguiendo el protocolo del máximo positivo máxima agudeza visual (MPMAV).

Una vez alcanzada la AV de 0,8, se colocaron los cilindros cruzados de Jackson para ajustar la potencia cilíndrica y se continuó con el MPMAV hasta llegar a la máxima AV del paciente.

Se realizó el mismo protocolo para el otro ojo.

Una vez refaccionados ambos ojos (AO), se desocluyeron para realizar el equilibrio biocular miopizando 0,75 D AO y poniendo un primas de 6 Δ base superior (BS) en uno ojo para generar diplopia e igualar la borrosidad de ambas imágenes (penalizando 0,25 D la imagen más nítida). Después se realizó el equilibrio binocular para conseguir MPMAV.

4.2. MEDIDA DE LA AGUDEZA VISUAL

La medida de la AV se llevó a cabo siempre con la mejor corrección subjetiva del paciente con el optotipo Snellen de VL y el de VP, siempre en condiciones de iluminación fotópica. Posteriormente la notación se pasó a decimal puesto que esta escala es más visual para la comparación de los resultados.

Para la medida de la AV en VL se colocó al paciente a 6 m del optotipo calibrado para dicha distancia. Primero se realizó de manera monocular ocluyendo uno de los ojos y después el contralateral. Por último se midió la AV binocular.

La AV en VP se realizó con el optotipo correspondiente colocado a 40 cm siguiendo el protocolo utilizado para VL.

4.3. FORIAS HORIZONTALES Y VERTICALES

Las forias fueron medidas objetivamente mediante el Cover Test utilizando un ocluser, barras de prismas (tanto horizontales como verticales) y optotipos Snellen de VL y VP.

Primero se realizó en VL con iluminación fotópica. Para ello, se pidió al paciente que mirase fijamente al optotipo de VL de AV máxima del paciente.

En todos los casos se realizó el test de Cover-Uncover, para descartar posibles estrabismos y posteriormente el Cover alternante que al ser una técnica disociante, permite determinar la magnitud de la foria del paciente objetivamente. Mediante prismas de BN, se neutralizaron exodesviaciones y mediante prismas de BT se neutralizaron endodesviaciones. El valor de la foria o tropia (forias en este trabajo) es el valor de la potencia prismática necesaria para neutralizarlo.

Posteriormente se repitió el proceso para hallar posibles desviaciones verticales y finalmente se repitió todo el proceso en VP.

Como método subjetivo se utilizó la varilla de Maddox para cuantificar la desviación ocular del paciente al disociar la visión. En este caso el material necesario es una varilla de Maddox con filtro rojo colocada en la gafa de prueba, una luz puntual y prismas.

Para la realización de este test se colocó la varilla de Maddox en el ojo derecho (OD) generando una línea roja de la luz puntual. Se incidió con la luz puntual desde el frente del paciente y se corrigió la distancia de la línea roja a la luz puntual del ojo izquierdo (OI) mediante prismas hasta colocar ambos estímulos uno encima del otro.

	VL	VP
Cover test	1 exo \pm 2 Δ	3 exo \pm 3 Δ
Varilla de Maddox	1 exo \pm 1 Δ	3 exo \pm 3 Δ

Tabla 2: Valores normales de forias medidas con Cover test y varilla de Maddox según Scheiman. (13)

4.4. VERGENCIAS FUSIONALES

La medida de las vergencias fusionales horizontales y verticales, se realizó a todos los pacientes a saltos mediante la barra de prismas, en primer lugar en VL, mediante el optotipo Snellen de VL y posteriormente en VP, mediante el correspondiente optotipo Snellen para VP. Para esta prueba el paciente debía estar corregido con su mejor refracción.

Vergencias horizontales: en VL se proyecta una línea de optotipos vertical de la máxima AV del paciente. Primero se mide la divergencia fusional o vergencia fusional negativa (VFN) y posteriormente la convergencia fusional o vergencia fusional positiva (VFP).

- **Medida de la VFN** → se realiza mediante la anteposición de la barra de prismas en BN en uno de los ojos con el prisma de menor potencia y se va aumentando ésta progresivamente. Se indica al paciente que avise cuando refiera borrosidad de los optotipos (punto de borrosidad) donde se manifiesta la acomodación. Se continúa aumentando la potencia hasta que el paciente presente diplopía mantenida, es decir, que no consiga fusionar las imágenes (punto de rotura). En este momento se aumenta ligeramente la potencia y a continuación se reduce progresivamente hasta que el paciente recupere la fusión (punto de recobro). Se deben observar los ojos del paciente, puesto que si se aprecia que uno de los ojos se encuentra desviado anormalmente, el paciente estará suprimiendo, el momento en el que el ojo se desvíe y con ello se suprima, es el punto de rotura.
- **Medida de la VFP** → se realiza de forma similar a la de las VFN pero en este caso los prismas antepuestos en uno de los ojos deberán ser BT.

Una vez concluida la medida de las vergencias fusionales en VL, se realizará el mismo proceso en VP con su correspondiente optotipo.

Vergencias verticales: se proyecta una línea de optotipos horizontal de la máxima AV del paciente. Para la medida de la infravergencia se antepone la barra de prismas en BS, se va aumentando la potencia prismática hasta que el paciente refiera diplopía. En este tipo de vergencias el paciente no apreciará borrosidad porque no actúa la acomodación. A continuación se disminuye la potencia prismática hasta que el paciente logre fusionar.

Se repite el mismo proceso para la medida de la supravergencias anteponiendo prismas base inferior (BI), aunque es equivalente a la infravergencia. Y por último se repite todo el proceso de medida de vergencias fusionales verticales pero en VP y con el optotipo para tal distancia.

	VFN	VFP	VF Verticales
VL (adultos)	X/7/4	X/11/7	4/2
VP (adultos)	X/13/10	X/19/14	4/2
VP (7-12 años)	X/12/7	x/23/16	4/2

Tabla 3: Valores normales de vergencias fusionales medidas a pasos según Scheiman. (13)

4.5. ACOMODACIÓN RELATIVA NEGATIVA/ACOMODACIÓN RELATIVA POSITIVA (ARN/ARP)

Para la medida de la acomodación relativa negativa (ARN) se colocó al paciente con su refracción subjetiva y el optotipo de VP a 40 cm, en condiciones fotópicas. Mirando una línea de AV mayor a su AV en VP, se introdujeron lentes positivas de manera binocular, hasta que el paciente

refiere borrosidad. El valor de la ARN es el de la última lente que ha conseguido aclarar, se anotará en D el incremento de lentes positivas que se han introducido.

Para la medida de la acomodación relativa positiva (ARP) se siguió el mismo proceso que para el ARN, pero en este caso introduciendo lentes negativas desde su refracción subjetiva.

El valor normal de ARN es $+2,00 \text{ D} \pm 0,50 \text{ D}$ y el de ARP es $-2,37 \text{ D} \pm 1,00 \text{ D}$. (13)

4.6. PUNTO PRÓXIMO DE CONVERGENCIA (PPC)

El paciente con su corrección subjetiva para VP debía mirar al estímulo acomodativo de la regla de medición, que se irá acercando hasta que éste refería diplopia, siendo esa la distancia de rotura (punto de rotura) desde el plano corneal. Posteriormente se acercaba un poco más hacia la nariz del paciente y se va alejando hasta conseguir una sola imagen (punto de recobro). En todo momento se debía observar que el paciente no desvíe uno de los ojos, puesto que estaría suprimiendo dicho ojo.

El protocolo debía repetirse tres veces.

El valor normal de PPC se encuentra entre 2, 50 y 4,50 cm. (13)

4.7. AMPLITUD DE ACOMODACIÓN (AA)

La AA se realizó por el método de Donders o acercamiento, primero de manera monocular y después binocular. Mediante el uso de un optotipo de VP y una regla de medición.

Este método, se realizó con el paciente corregido en VL y condiciones fotópicas. Se indicó al paciente que mire a la línea de su máxima AV cercana a 50 cm y mantenga la nitidez de las letras, se acercaba el test poco a poco hasta que éste refiera borrosidad. Este será el PP de acomodación medido en metros desde el vértice corneal, o el plano de la lente en caso de que el paciente lleve gafas. A continuación, se acercaba un poco más el optotipo y se va alejando hasta que el paciente recuperaba la nitidez (punto de recobro).

Se repetía el procedimiento 3 veces para cada ojo y tres veces en binocular.

Para el cálculo de la AA debemos convertir la distancia del PP de acomodación a dioptrías.

$$AA = 1 / PP (m)$$

Se calcula el valor de normalidad según la edad para cada ojo y en binocular mediante la fórmula de Hofstetter: (13)

$$\textit{Amplitud media} = 18,3 - 1/3 * \textit{Edad}$$

Se debe tener en cuenta que al realizar la AA de manera binocular interviene la convergencia, activándose la acomodación vergencial y dando valores en torno a 0,5 D mayor a la real. (8)

4.8. FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA

Este test se realizó en VL y en VP con la corrección del paciente de VL. Para la realización de este test fue necesario el uso de flippers acomodativos de $\pm 2,00 \text{ D}$ y de optotipos Snellen para VL y para VP. Se ocluyó uno de los ojos y se indicaba al paciente que mirara una línea de AV mayor que su máxima AV.

Para VL, se antepone una lente de -2,00 D y el paciente indicaba cuando la aclaraba, se retiraba la lente y el paciente comunicaba de nuevo cuando recuperaba la nitidez. Así consecutivamente durante un minuto en el que se cuentan los ciclos conseguidos. Un ciclo se consigue cuando el paciente ha recuperado la nitidez con la lente de -2,00 D y sin ella. Cuando se introducía de nuevo la lente comenzaba un nuevo ciclo.

Para VP, se realizaba del mismo modo, pero en este caso se antepone una lente de +2,00 D que cuando haya sido aclarada se sustituía por una de -2,00 D. Este proceso se repetía durante un minuto en el que se contaban los ciclos conseguidos.

Es imprescindible que el examinador evalúe con qué lente le es más difícil recuperar la nitidez al paciente.

Al acabar con el primer ojo, se realizaba el mismo protocolo para el ojo contralateral y en visión binocular.

En este caso los valores normales dependen de la edad del paciente como se indica en la tabla 4.

EDAD DEL PACIENTE	VALOR NORMAL
6 años	5,5 cpm \pm 2,50 cpm
7 años	6,5 cpm \pm 2,00 cpm
8-12 años	7 cpm \pm 2,50 cpm
13-30 años	11 cpm \pm 5,00 cpm

Tabla 4: Valores normales de Flexibilidad acomodativa monocular según la edad del paciente. (13)

4.9. TEST DE WORTH

Para la realización de este test es necesario el uso de gafas rojo-verde (R/V), luces de Worth en VL (proyector) y linterna de Worth en VP. Se realizaba con la sala en condiciones mesópicas y el paciente con su corrección y portando las gafas R/V. El filtro rojo en el OD y el verde en el OI.

Existen 4 respuestas posibles:

- 4 imágenes: El paciente fusiona correctamente, normalidad.
- 3 imágenes: El paciente suprime el ojo en el que se ha colocado el filtro rojo (OD).
- 2 imágenes: El paciente suprime el ojo en el que se ha colocado el filtro verde (OI).
- 5 imágenes: El paciente presenta visión simultánea, diplopía. La posición en la que se hallen las dos imágenes, nos indica el tipo de desviación que padece el paciente.

Se puede conocer cuál es el ojo dominante del paciente, dependiendo del color que refiere que se ve en el círculo inferior con ambos ojos.

Se repetía el proceso en VP mediante la linterna de Worth.

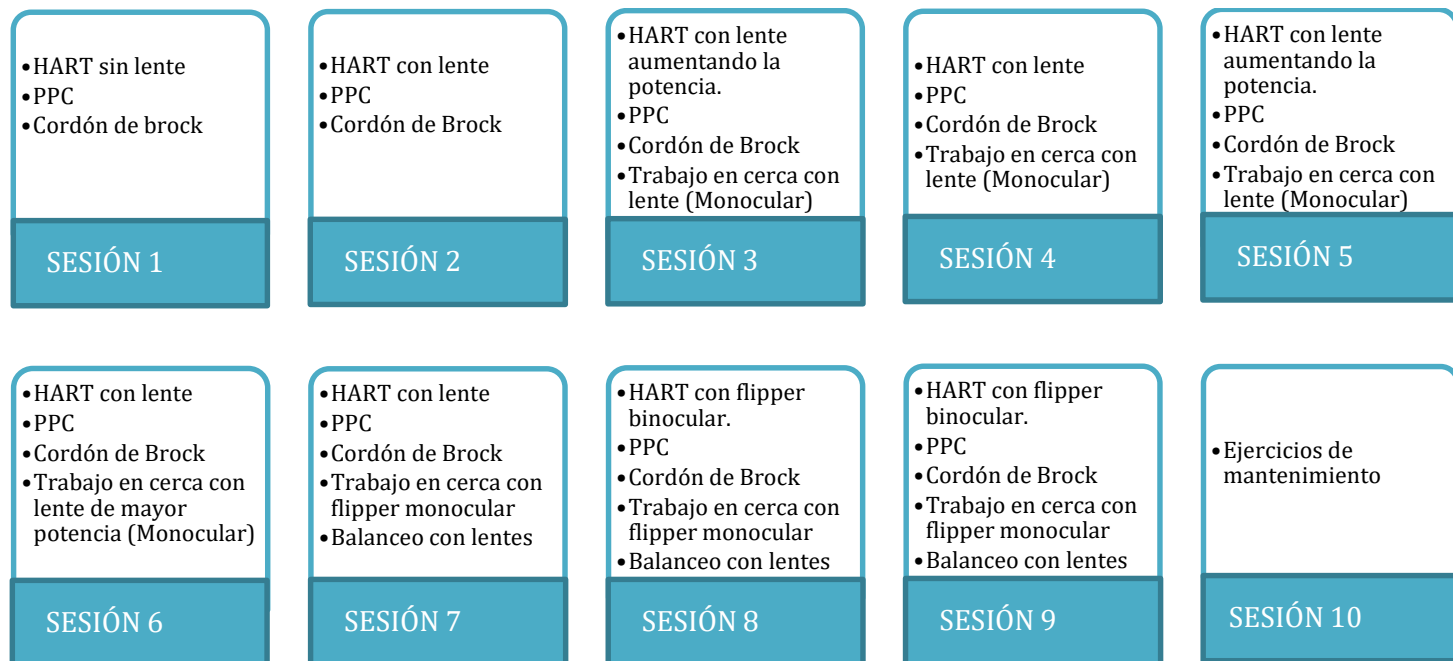
4.10. ESTEREOPSIS

Para el estudio de la estereopsis se utilizó el test de Titmus-Wirt a 40 cm, junto con las gafas polarizadas sobre la corrección del paciente, el cual debía indicar qué punto de los cuatro está más levantado. Una vez el paciente no era capaz de notar ésta elevación, se anotaban los resultados en segundos de arco.

El valor normal de estereopsis es inferior a 60 " arco. (13)

4.11. PLAN DE TERAPIA VISUAL

Una vez realizada toda la batería de test optométricos descritos, se analizaron los resultados para diagnosticar la disfunción acomodativa. Así una vez confirmada dicha disfunción, se les ofreció a los pacientes participar en el estudio y aplicar el siguiente plan de terapia visual diseñado en 10 sesiones el cual constaba de los siguientes ejercicios en cada sesión:



En el plan de terapia visual utilizado con estos pacientes, se realizaron tanto ejercicios acomodativos como vergenciales, puesto que existe una estrecha relación entre la acomodación y la convergencia (relación AC/A). Dichos ejercicios puestos en el esquema fueron los siguientes:

- **TABLAS DE HART:** En este ejercicio, los pacientes debían colgar una tabla de mayor tamaño en la pared y sujetar una pequeña en su mano y en monocular leer de manera alternada una letra de la tabla de VL y otra de la de VP.

Al introducir la lente, de potencia variable dependiendo del problema y su magnitud, se indica al paciente que continúe realizando el ejercicio del mismo modo, pero leyendo una letra de la tabla de VL y otra de la de VP con la lente y posteriormente retirarla y seguir el mismo proceso. Esto se debe repetir hasta terminar la tabla.

En caso de los pacientes con insuficiencia acomodativa se utilizan lentes negativas de modo que se produzca una estimulación de la acomodación, y en caso de los pacientes con espasmo acomodativo se utilizan lentes positivas para relajar la acomodación.

Por último, cuando se introducen los flippers binoculares, se indica al paciente que realice lo mismo que con una única lente pero de manera binocular y alternando entre las lentes positivas y las negativas. Se debe tener en cuenta que en VL con las lentes positivas no se conseguirá aclarar la letra.

Se pide al paciente que realice este ejercicio una vez al día, completando una vez la lectura de la tabla con cada ojo y en binocular si procede.

- **PPC:** En este ejercicio se pedía al paciente que acerque un estímulo acomodativo, generalmente un bolígrafo con letras, bien centrado entre AO. El paciente debía referir cuando aprecia diplopía y se le pide que en ese momento trate de conseguir la fusión. Este ejercicio debía realizarlo 10 veces seguidas al día.
- **CORDÓN DE BROCK:** se pedía al paciente que coloque el extremo del cordón en su nariz (el otro extremo se lo sujetará alguien o lo atará a algún soporte a la altura de sus ojos) y que acerque la bola roja hasta que refiera diplopía al mirar a dicha bola. Las otras dos bolas se dispondrán a distancias más alejadas en función de los datos vergenciales obtenidos de cada paciente. Una vez colocadas las bolas en su posición óptima, se pide al paciente que mire a las diferentes bolas de manera alternada. En todo momento debía tratar de apreciar la diplopía fisiológica (Figura 1). La diplopia fisiológica ocurre cuando fijando la mirada en un objeto, se aprecian los objetos situados más cerca o más lejos dobles.

Al fijar en un objeto próximo (bola roja), las otras dos bolas se aprecian en diplopia homónima, es decir, la imagen situada a la derecha se verá con el OD y la izquierda con el OI.

Al fijar la mirada en un objeto lejano (bola verde) se apreciarán los objetos próximos en diplopia heterónima o cruzada, es decir, la imagen situada a la derecha se verá con el OI y la izquierda con el OD.

Este ejercicio debía realizarlo durante 10 minutos cada día.

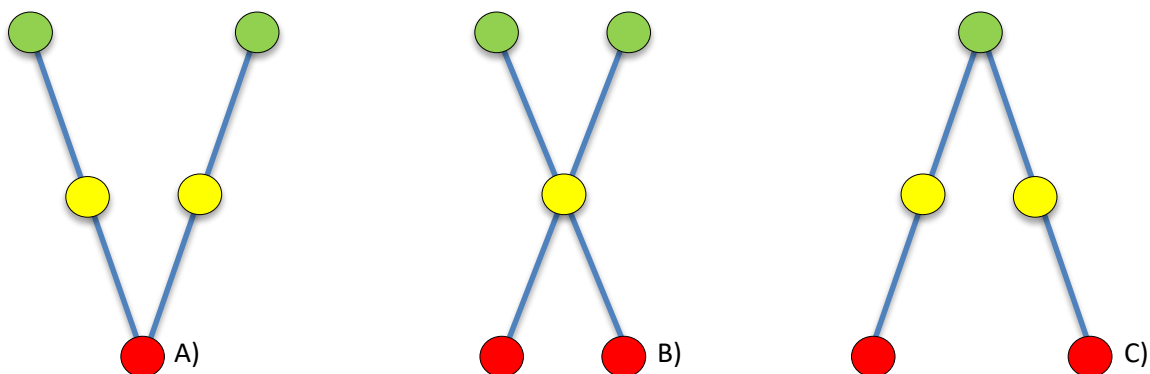


Figura 1. Diplopia fisiológica en el cordón de Brock en función del plano de fijación: A) Roja, B) amarilla y C) verde.

- **TRABAJO EN CERCA:** Este ejercicio varía en función de los hobbies del paciente, puesto que se le indicaba que trabajase en VP de manera monocular con el uso de una lente, de potencia positiva o negativa en función del problema y su magnitud. Se fue aumentando la potencia de la lente en función de los resultados. El paciente debe realizar trabajo en VP con la lente y posteriormente el mismo tiempo sin la lente y así sucesivamente. Cuando se introduce el flipper monocular, el ejercicio se desarrolla del mismo modo pero el paciente debe alternar entre la lente positiva y la negativa.

Como ejemplos de trabajo en VP está la lectura, los pasatiempos como sopas de letras, crucigramas... Este ejercicio deberá ser realizado durante aproximadamente 10 minutos al día. Esto puede cambiar en función del paciente y del tipo de trabajo que realice.

- **BALANCEO BI-OCULAR CON LENTE SUELTA:** para este ejercicio se colocaba en uno de los ojos, estando ambos desocuidos, un prisma suelto vertical de potencia variable en función del paciente, de modo que la imagen quede disociada, y una lente de cierta potencia positiva, negativa o ambas en función del problema y su magnitud. Con ello, el paciente tenía que ser capaz de aclarar ambas imágenes haciendo uso de su acomodación. Progresivamente se aumentaba la potencia de dicha lente. Las lentes que el paciente tiene que ser capaz de aclarar al final del proceso dependen de su AA, y por tanto, de su edad.

5. RESULTADOS

En este estudio se evaluaron 14 pacientes. De los 14 pacientes, 13 completaron el estudio tras las 10 sesiones de terapia visual y uno de ellos tuvo que ser excluido debido a que incumplió uno de los criterios de inclusión, en concreto, el paciente no tenía la constancia necesaria de acudir a la consulta ni de realizar los ejercicios en casa de manera continuada.

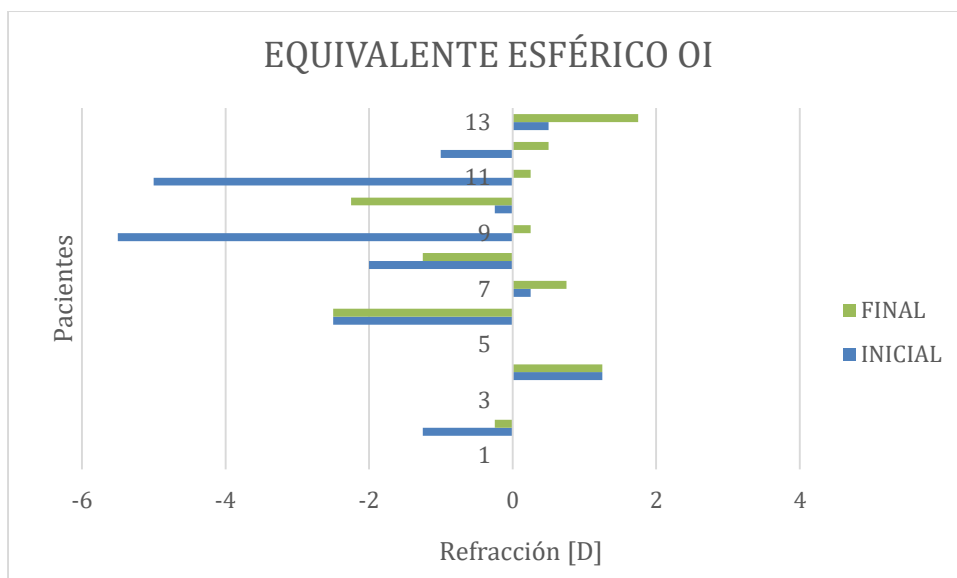
Tras el análisis de todos los resultados se apreció una mejora generalizada de la acomodación tanto en los sujetos con insuficiencia de acomodación como en los sujetos con exceso acomodativo, lo que se pretende mostrar en las siguientes tablas y gráficas.

	AV VL OD		AV VL OI		AV VL AO		EE OD (D)		EE OI (D)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
P1. 23 años	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	0,00	0,00	0,00	0,00
P2. 27 años	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	-0,75	-0,25	-1,25	-0,25
P3. 9 años	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,00	0,00	0,00	0,00
P4. 26 años	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	+1,00	+1,00	+1,25	+1,25
P5. 22 años	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00
P6. 27 años	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	-3,25	-3,25	-2,50	-2,50
P7. 12 años	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,00	+0,50	+0,25	+0,75
P8. 11 años	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	-2,00	-0,75	-2,00	-1,25
P9. 7 años	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	-5,50	0,00	-5,50	+0,25
P10. 12 años	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-0,50	-1,25	-0,25	-2,25
P11. 17 años	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	1,2	-4,00	+0,50	-5,00	+0,25
P12. 20 años	0,7	1,2	0,5	1,2	0,7	1,2	-0,50	0,00	-1,00	+0,50
P13. 13 años	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	+0,25	+1,50	+0,50	+1,75

Tabla 5. AV del OD, OI y AO y equivalente esférico (EE) del OD y del OI de los diferentes pacientes del estudio en la primera visita y en la última. AV: agudeza visual, VL: visión lejana, VP: visión próxima, OD: Ojo derecho, OI: Ojo izquierdo, AO: Ambos ojos, D: Dioptrías y P: paciente

En cuanto a la AV en VL los pacientes que mejoraron respecto a la visita inicial (Tabla 5) eran los casos de espasmo acomodativo, que tras la terapia visual redujeron la pseudomiopía que presentaban. Este hecho puede apreciarse comparando los valores del EE del OD y del OI al inicio y al final como se ve en los pacientes 2, 8, 9, 11, 12 y 13, marcados en rojo.

En la Gráfica 1 se observa la emetropización de varios de los pacientes en la visita final, es decir desbloqueo del espasmo acomodativo.



Gráfica 1. Comparación del EE del OI en la visita inicial y en la visita realizada al acabar el plan de terapia visual. OI: Ojo izquierdo y D: Dioptrías.

Como ejemplos, los pacientes 9 (EE OD inicial -5,50 D a EE OD final de 0,00 D y EE OI inicial -5,50 D a EE OI final de +0,25 D) y 11 (EE OD inicial -4,00 D a EE OD final de +0,50 D y EE OI inicial -5,00 D a EE OI final de +0,25 D), los cuales presentaban miopías elevadas antes de la terapia visual, finalizaron el estudio tendiendo a la emetropía al desbloquear el exceso acomodativo que presentaban.

	AA OD [D]		AA OI [D]		AA AO [D]		ARN [D]		ARP [D]	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
P1. 23 años	8,33	11,11	7,14	11,11	8,33	11,11	+2,00	+3,00	-1,50	-4,25
P2. 27 años	9,09	12,50	9,09	16,60	9,09	12,50	+2,00	+3,00	-1,25	-4,50
P3. 9 años	6,25	20,00	5,00	18,18	6,25	20,00	+3,00	+3,00	-2,50	-4,50
P4. 26 años	6,66	8,33	5,88	10,52	6,66	8,33	+4,25	+4,00	-2,50	-3,00
P5. 22 años	7,69	13,33	8,33	15,38	7,69	13,33	+2,50	+3,25	-1,25	-4,00
P6. 27 años	8,00	11,11	8,69	12,50	8,00	11,11	+2,25	+4,50	-2,00	-2,25
P7. 12 años	11,11	15,38	10,00	16,60	11,11	15,38	+1,25	+3,25	-1,25	-2,50
P8. 11 años	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	+2,00	+3,25	-1,25	-3,75
P9. 7 años	2,75	20,00	2,50	20,00	2,75	20,00	+1,25	+3,50	-1,00	-3,50
P10. 12 años	3,57	20,00	3,33	20,00	3,57	20,00	+1,25	+2,50	-1,00	-2,75
P11. 17 años	3,33	20,00	3,125	20,00	3,33	20,00	+1,00	+3,00	-1,00	-4,25
P12. 20 años	3,125	20,00	4,45	20,00	3,125	20,00	+0,25	+3,50	-0,75	-6,25
P13. 13 años	8,33	20,00	8,33	20,00	8,33	20,00	+1,75	+3,25	-3,50	-4,25

Tabla 6. Valores de AA para el OD, OI y AO, ARN y ARP de los diferentes pacientes del estudio. AA: Amplitud de acomodación, OD: Ojo derecho, OI: Ojo izquierdo, D: dioptrías, ARN: acomodación relativa negativa acomodación relativa positiva, ARP: y P: Paciente

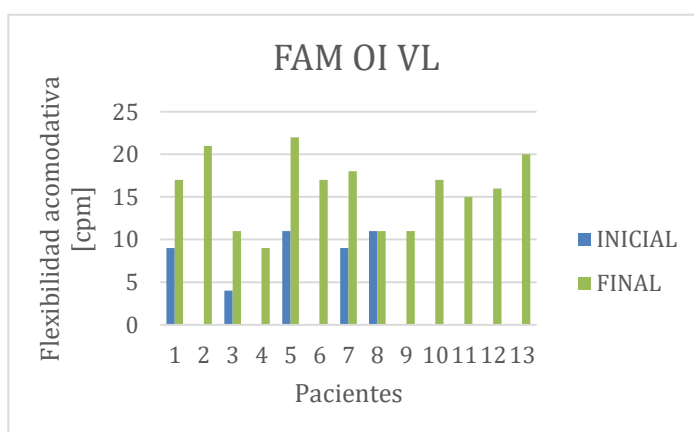
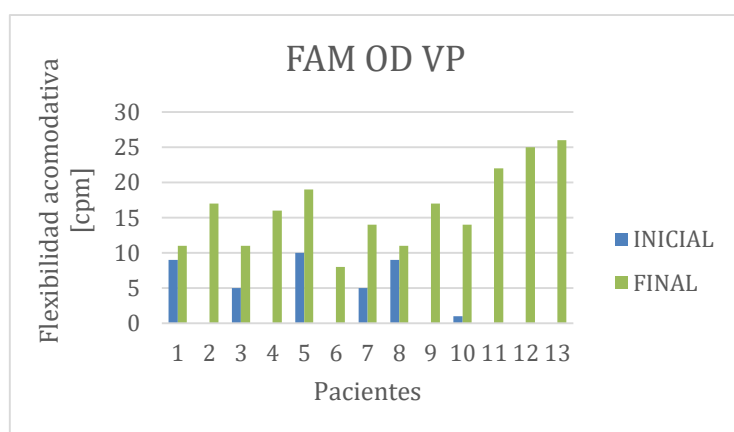
Tras el plan de terapia visual la AA mejoró en todos los pacientes del estudio tanto en monocular como en binocular relativa a su edad, esto puede apreciarse en la Tabla 6 en la que también pueden compararse los datos de la ARN y la ARP inicial y final que se normalizaron en todos los casos en los que una de las dos o ambas se encontraban reducidas.

	FAM OD VL [cpm]		FAM OI VL [cpm]		FAB VL [cpm]		FAM OD VP [cpm]		FAM OI VP [cpm]		FAB VP [cpm]	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
P1.23 años	8	14	9	17	Falla -	13	9	11	14	10	Falla -	9
P2.27 años	Falla OD	15	Falla OD	21	Falla OD	15	Falla +	17	Falla +	17	Falla +	9
P3.9 años	7	7	4	7	9,50	5	5	7	5	7	6,5	5
P4.26 años	Falla -	11	Falla -	9	Falla -	10	Falla -	16	Falla -	12	Falla -	13
P5.22 años	15	23	11	22	Falla -	20	10	19	11	22	9	19
P6.27 años	Falla -	12	Falla -	17	Falla -	11	Falla -	8	Falla -	9	Falla -	9
P7.12 años	9	19	9	18	8	11	5	14	8	18	8	11
P8.11 años	11	11	11	11	9	9	9	11	9	11	Falla +	9
P9.7 años	Falla OD	11	Falla OD	11	3	9	Falla +	17	Falla +	14	3	9
P10.12 años	Falla -	17	Falla -	17	4	30	1	14	2	15	2	15
P11.17 años	Falla OD	17	Falla OD	15	0	11	Falla +	22	Falla +	22	4	21
P12.20 años	Falla OD	19	Falla OD	16	2	13	Falla +	25	Falla +	25	1	23
P13.13 años	Falla OD	19	Falla OD	20	7	13	Falla +	26	Falla +	26	4	24

Tabla 7. FAM y FAB de los diferentes pacientes al comienzo y al final del estudio. En VL se realizó la prueba con lente de OD y +2,00 D y en VP con $\pm 2,00$ D. FAM: flexibilidad acomodativa monocular, FAB: Flexibilidad acomodativa binocular OD: Ojo derecho, OI: Ojo izquierdo, VL: visión lejana, VP: visión próxima, cpm: ciclos por minuto, I: inicial, F: final y P: paciente.

Uno de los aspectos más importantes en la mejora de la acomodación es la flexibilidad acomodativa. En esta prueba, los pacientes que presentaban insuficiencia acomodativa, tenían problemas a la hora de evaluar la flexibilidad (tanto FAM como FAB) con lentes negativas, puesto que estas lentes inducen acomodación y ellos no eran capaces de estimularla. Por ello, al introducir dicha lente negativa los pacientes no eran capaces de aclarar el optotipo de modo que no podían realizar ningún ciclo por minuto.

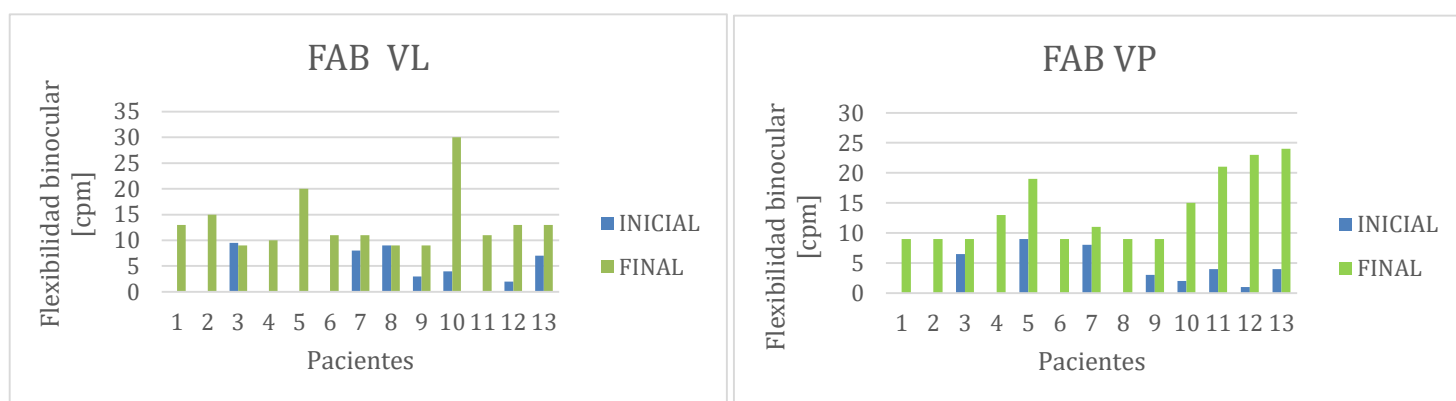
En cambio, los pacientes con espasmo acomodativo no eran capaces de relajar la acomodación antes de la terapia visual, fallando con lentes positivas. En VL al retirar la lente negativa no podían recuperar la nitidez debido a la pseudomiopía que presentaban y en VP les pasaba al colocar la lente de +2,00 D. Al contrario que los pacientes con insuficiencia.



Gráficos 2 y 3. Comparación de la FAM del OD en VP y del OI en VL, respectivamente, en la visita inicial y en la visita realizada al acabar el plan de terapia visual. FAM: flexibilidad acomodativa monocular, OD: Ojo derecho, OI: Ojo izquierdo, VL: visión lejana, VP: visión próxima, cpm: ciclos por minuto

Como puede verse en la Tabla 7 y en las Gráficas 2 y 3, tras la terapia visual obtuvo una gran mejora de la FAM. En cuanto a la FAM en VL, como ejemplo, la mayor progresión se observó en el paciente número 13 de 13 años (FAM OD inicial de 0 cpm a FAM OD final de 19 cpm y FAM OI inicial de 0 cpm a FAM OI final de 20 cpm), y en cuanto a la FAM en VP fue el mismo paciente quien más progresó durante la terapia visual (FAM OD inicial de 0 cpm a FAM OD final de 26 cpm y FAM OI inicial de 0 cpm a FAM OI final de 26 cpm). Este paciente, junto a varios más, no presentaba FAM en la visita inicial, en cambio en la visita final los valores eran bastante superiores al valor normal.

La FAB mejora en casi todos los pacientes del estudio pero en menor cuantía que la FAM, como podemos apreciar en las Gráficas 4 y 5. En este caso interfieren factores vergenciales que ayudan al enfoque antes de la terapia visual y los que también aumentan sus valores tras ella.



Gráficas 4 y 5. Comparación de la FAB en VL y VP, respectivamente, en la visita inicial y en la visita final. FAB: flexibilidad acomodativa binocular, VL: visión lejana, VP: visión próxima, cpm: ciclos por minuto.

En cuanto a la FAB en VL, como ejemplo, la mayor progresión se observó en el paciente número 10 (FAB inicial de 4 cpm a FAB final de 30 cpm), y en cuanto a la FAB en VP fue el paciente número 12 quien más progresó durante la terapia visual (FAB inicial de 1 cpm a FAB final de 23 cpm). En esta prueba como en el caso de la FAM varios de los pacientes no tenían flexibilidad en la visita inicial, ya fuera porque no enfocaban lentes positivas o negativas, según su disfunción, como se indica en la Tabla 7.

También pueden apreciarse en la Tabla 8 los datos vergenciales de los pacientes que mejoraron sustancialmente tras la terapia visual acomodativa que se realizó, ya que se reduce el PPC en la mayoría de los casos consiguiéndose valores normales. Lo mismo ocurre en las vergencias fusionales, especialmente en las positivas.

Como ejemplo, el paciente 9 mejoró sus vergencias en gran medida (VFN en VL inicial 6/4 a VFN en VL final de 6/4, VFP VL inicial 6/4 a VFP VL final de 40/30, VFN en VP inicial 10/8 a VFN en VP final de 16/12 y VFP en VP inicial 14/12 a VFP en VP final de 40/35). En este paciente puede apreciarse la gran mejora de las VFP frente a la menor mejora de las VFN tanto en VL como en VP, siendo mayor la mejora en VP. Además, este paciente, que en la primera visita tenía un PPC muy alejado (50/49 cm) alcanzó la normalidad en la última visita llegando hasta la nariz o, lo que es lo mismo, a un valor de 0/0 cm.

	VFN/VL [Δ]		VFP/VL [Δ]		VFN/VP [Δ]		VFP/VP [Δ]		Cover VL [Δ]		Cover VP [Δ]		PPC [cm]	
	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F	I	F
P1.23 años	6/4	14/10	8/6	18/14	14/10	16/14	20/18	18/14	orto	orto	orto	orto	0/0	0/0
P2.27 años	8/6	8/6	25/18	35/20	10/6	12/8	8/4	35/20	orto	orto	orto	+2	10/12	0/1
P3.9 años	8/6	10/8	6/6	18/12	10/8	12/8	14/12	25/20	orto	orto	orto	-5	10/12	0/0
P4.26 años	6/4	6/6	10/4	25/14	8/6	14/12	18/16	25/25	orto	orto	orto	-1	13/15	1/2
P5.22 años	6/2	8/4	8/10	40/40	10/8	10/6	12/10	40/40	+6	+6	-4	-4	5/6	0/0
P6.27 años	6/4	8/6	30/25	35/30	8/6	14/10	25/25	35/30	-15	-15	-15	-7	0/0	0/0
P7.12 años	6/4	6/4	35/18	40/40	2/0	10/8	30/25	40/40	orto	-2	orto	orto	5/5	0/0
P8.11 años	12/8	7/4	16/14	11/7	0/0	10/8	0/0	45/30	+2	+2	14	+3	12/12	0/0
P9.7 años	6/4	6/4	6/4	40/30	10/8	16/12	14/12	40/35	orto	orto	orto	orto	50/49	0/0
P10.12 años	10/8	18/16	16/12	30/25	12/10	25/18	16/14	35/30	orto	orto	orto	orto	21/26	0/0
P11.17 años	6/4	12/10	12/8	40/35	6/4	14/12	10/10	40/40	-1	-1	-10	-8	30/30	0/0
P12.20 años	10/10	14/12	10/8	30/25	16/14	16/14	10/6	35/30	orto	orto	orto	orto	14/16	0/0
P13.13 años	6/2	14/12	10/8	35/30	6/4	14/12	10/8	40/30	-4	orto	+3	orto	17/17	0/0

Tabla 8. Datos de VFN y VFP en VL y de VFN y VFP en VP, cover test en VL y VP y medida del PPC de los diferentes pacientes del estudio. El número que va delante de la barra “/” corresponde a la rotura y el que va detrás al recobro en todos los casos. VL: visión lejana, VP: visión próxima, VFN: vergencia fusional negativa, VFP: vergencia fusional positiva, PPC: Punto próximo de convergencia y P: paciente.

Gracias a la mejoría de todos los valores, tanto acomodativos como vergenciales, se consiguió una mejora de la calidad de vida de los pacientes tras la eliminación de los síntomas que la disfunción les producía.

6. DISCUSIÓN

En este estudio se presentan 13 pacientes con problemas acomodativos, tanto insuficiencia de acomodación como exceso o espasmo acomodativo.

Los pacientes 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10 padecían insuficiencia de acomodación debido a que todos ellos tenían una AA reducida, ya que no eran capaces de estimularla. Por ello, en todas las pruebas en las que se requería estimulación acomodativa fallaban, es decir, con lentes negativas. En concreto, los valores de las pruebas de ARP, FAM con -2,00 D y FAB con -2,00 D se encontraban reducidos.

Los pacientes 2, 8, 9, 11, 12 y 13 tenían exceso de acomodación y todos ellos presentaban un bloqueo de la acomodación de modo que la AA se encontraba anclada a una distancia determinada que solía coincidir con su distancia de trabajo habitual en VP. Entonces generaban una pseudomiopía debido a su incapacidad para relajar el cristalino, para la visualización de un determinado estímulo a mayor distancia, es decir, el foco de nitidez lo tendrá a una distancia más corta de la necesaria generando borrosidad a distancias más lejanas. Por tanto, fallaban en todas las pruebas en las que se utilizaban lentes positivas. En concreto, los valores de ARN, FAM y FAB con 0D en VL y +2,00 D en VP se encontraban reducidos, además de la AV en los casos en los que la pseudomiopía era elevada.

Todos los pacientes fueron tratados mediante el mismo plan de terapia visual pero variando las potencias de las lentes positivas y negativas en los diferentes ejercicios en función de la severidad de su disfunción. Esto supone que a pesar de ser un tratamiento único para todos, puesto que los ejercicios realizados eran los mismos, se tuvo que personalizar en cada caso el uso de las lentes aumentando o disminuyendo la potencia dependiendo de los datos iniciales. Además progresivamente y dependiendo del avance semanal de cada uno se aumentó la potencia de las lentes. En los pacientes que presentaban insuficiencia acomodativa (pacientes 1, 3, 4, 5, 6, 7 y 10) se incidió más con lentes negativas, mientras que en el caso de los pacientes con espasmo acomodativo (pacientes 2, 8, 9, 11, 12 y 13) se pretendía relajar la acomodación mediante lentes positivas. En ambos casos se trató de mejorar su flexibilidad acomodativa mediante flippers monoculares y binoculares con lentes positivas y negativas.

En las disfunciones por exceso acomodativo, conforme el cristalino iba recuperando su capacidad de enfoque y desenfoque se iba reduciendo la pseudomiopía y, con ello, el EE tendiendo a la emetropía, manifestando una mejora de la AV en VL. Entonces los pacientes dejaban de acomodar en exceso, siendo capaces de encontrar la nitidez a cualquier distancia. Esta reducción del EE puede contrastarse con estudios como el realizado por Ciuffreda (16) quien también apreció dicha emetropización de los pacientes con espasmo acomodativo tras la terapia visual.

Tanto Ciuffreda (16) como Scheiman y cols. (17) demostraron la eficacia de la terapia visual activa para el aumento de la AA mediante ejercicios en consulta reforzados con ejercicios en casa, lo que hemos confirmado con nuestro estudio.

Ambos autores (16, 17) también diferenciaron tres fases (monocular, biocular, binocular) para la mejora de la FAM y la FAB tras la normalización previa de la AA. En este estudio se comprueba su teoría, puesto que se aprecia una gran mejora de la flexibilidad acomodativa de manera generalizada. Se debe tener en cuenta que esta prueba requiere cierto factor de aprendizaje puesto que el paciente debe ser consciente de la nitidez del optotipo, hecho que para alguno de ellos fue complicado debido a su disfunción o a su edad, teniendo los más jóvenes más problemas a la hora de realizarla. Pero

también es importante recordar que los valores normales cambian con la edad, aumentando progresivamente los cpm por rango de edad hasta la presbicia.

Tanto la AA como la FAM y la FAB mejoró en todos los casos, por lo que se podría decir que esta terapia es efectiva a diferentes edades y no solo en la infancia. Esto también fue corroborado por Ciuffreda (16) en su artículo en el que compara diferentes estudios en diferentes adultos jóvenes a los que se realizó terapia visual domiciliaria.

Los valores obtenidos en las pruebas optométricas de todos los pacientes tras la realización del plan de terapia visual nos muestran una gran mejora en los datos acomodativos, induciendo aumento en los valores vergenciales como queda reflejado en las Tablas 6, 7 y 8. Durante todo el proceso se han realizado ciertos ejercicios para mejorar la binocularidad de los pacientes y se ha apreciado un aumento en las vergencias y del PPC independientemente del problema acomodativo que padecían. Dada la estrecha relación entre la acomodación y la convergencia (relación AC/A) se ha demostrado que al actuar sobre ambos campos durante la terapia visual se ve una mejoría generalizada más rápida.

Además el uso de los flippers binoculares tanto para VL como para VP interfiere en los procesos vergenciales. Una lente positiva monocular al relajar la acomodación producirá del mismo modo una relajación de la convergencia y, por consiguiente, producirá divergencia. Por el contrario, una lente negativa monocular al estimular la acomodación producirá convergencia. Teniendo esto en cuenta, al realizar una terapia acomodativa realizamos secundariamente una terapia vergencial.

En cambio, cuando colocamos flippers binoculares con lentes positivas, el sistema visual se relaja produciendo divergencia y es por eso que los pacientes con insuficiencia de convergencia, al tirar de su acomodación para conseguir converger y ver de cerca, no aclaran dichas lentes positivas ya que su sistema visual prefiere ver borroso a ver doble. Lo contrario se da en los pacientes con exceso de convergencia que no aclararán los flippers binoculares con lentes negativas, puesto que su sistema acomodará más aumentando aún más su convergencia que generaría diplopia.

Para realizar una adecuada terapia visual se deben tener en cuenta todos los datos, tanto acomodativos como vergenciales y realizar los ejercicios más adecuados para trabajar ambos campos.

En cuanto a la calidad de vida de los pacientes esta mejoró considerablemente debido a que desaparecieron todos los síntomas asociados a las diferentes disfunciones acomodativas que presentaban como es el caso de la borrosidad, cefaleas, astenopia... Por lo tanto, tras la terapia, los pacientes quedaron muy satisfechos con los resultados del tratamiento.

En todo caso, a pesar de los resultados satisfactorios de este trabajo, tenemos que tener en cuenta que la terapia visual se ha realizado en un número reducido de pacientes, y es necesario aumentar el número de pacientes tratados para poder extraer estrategias de tratamiento en estos enfermos con disfunciones acomodativas.

7. CONCLUSIÓN

En base a los datos obtenidos se puede extraer las siguientes conclusiones:

1. La terapia visual activa es útil para la normalización de los parámetros acomodativos, tales como la AA, la FAM y la FAB, en todos los pacientes prepresbitas que padecen disfunciones acomodativas independientemente de su edad. En los pacientes que presentaban de exceso acomodativo mediante la utilización de la terapia visual se consiguió desbloquear el espasmo consiguiendo la emetropización y consecuente mejora de la AV sobretodo en VL.
2. Dada la importancia de la relación entre la acomodación y la convergencia, la realización de terapia visual vergencial y acomodativa ayuda de modo eficaz a la resolución del problema acomodativo, reduciendo el tiempo de tratamiento.
3. Todos los pacientes mejoraron su calidad de vida óptima eliminando los síntomas que padecían, como las cefaleas, borrosidad, astenopia o mareos, devolviendo una capacidad de enfoque nítida a cualquier distancia con su corrección subjetiva si la precisaban.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ante P, Inès G. Morfología del segmento anterior del ojo en el cerdo doméstico. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia–Sede Bogotá.
2. Kaufman PL, Alm AJAc. Adler fisiología del ojo. Aplicación clínica. 2004.
3. Montés-Micó R, Diego CA, Fernández JA, Martínez PC. Optometría: principios básicos y aplicación clínica: Elsevier; Vol. 25. 2011.
4. Honrubia López FM. Oftalmología general: Zaragoza : [F.M. Honrubia], D.L. 2001.; 2001.
5. Arias BD-F. Estudio del comportamiento de la acomodación en una población sin patología oftalmológica: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones; 1993.
6. Puell MJMUCdM. Óptica Fisiológica: El sistema óptico del ojo y la visión binocular. Madrid: Universidad complutense de Madrid. 2006: p.10-2.
7. Galvis V, Tello A, Carreño NJM. El cristalino para el médico general. *MedUNAB* 2008; vol.11(3): p.225-30.
8. Pelayo Refoyo E, Molina Lledó E, Jornet Carrillo A. Acomodación y vergencia : interdependencias y alteraciones: Madrid : Sociedad Española de Optometría, D.L. 1998.; 1998.
9. Martín Herranz R, Vecilla Antolínez G. Manual de optometría: Madrid : Editorial Médica Panamericana, cop. 2011.1ª ed., reimpr.; 2017.
10. Koç M, Yaşar HH, Uzel MM, Çolak S, Durukan I, Yılmazbaş PJKJoO. Anterior Segment Changes during Accommodation in Accommodative Esotropia. *Korean Journal of Ophthalmology*; 2018, 32(1):45-51.
11. Ni Y, Liu X-L, Wu M-X, Lin Y, Sun Y-Y, He C, et al. Objective evaluation of the changes in the crystalline lens during accommodation in young and presbyopic populations using Pentacam HR system. *International journal of ophthalmology*. 2011;4(6):611.
12. Moreno ÁMP, Verdú FMM. Fundamentos de visión binocular: Universitat de València; 2004. Vol. 74.
13. Scheiman MM, Wick B. Tratamiento clínico de la visión binocular: disfunciones heterofóricas, acomodativas y oculomotoras: JB Lippincott; 1996.
14. Lanchares E, Navarro R, Calvo BJJJoO. Hyperelastic modelling of the crystalline lens: Accommodation and presbyopia. *Journal of Optometry*. 2012;5(3):110-20.
15. Loughton DS, Sheppard AL, Davies LNJO, Optics P. A longitudinal study of accommodative changes in biometry during incipient presbyopia. *Ophthalmic and Physiological Optics* 2016;36(1):33-42.
16. Ciuffreda KJJO-SL-. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. *OPTOMETRY-ST LOUIS* 2002;73(12): 5-62.
17. Scheiman M, Cotter S, Kulp MT, Mitchell GL, Cooper J, Gallaway M, et al. Treatment of accommodative dysfunction in children: results from a random clinical trial. *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry* 2011;88(11):1343.

ANEXO 1: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo,....., con DNI....., en calidad de paciente objeto del trabajo de fin de grado de Elena Llorente Tomás con DNI 73215807E, concedo permiso para la realización del mismo.

El objetivo de este estudio es evaluar la acomodación en pacientes preprébitas con problemas acomodativos tras un plan de terapia visual de 10 sesiones.

Para dicho objetivo se realizarán las siguientes pruebas:

1. Medida del error refractivo.
2. Medida de la agudeza visual (AV).
3. Medida de las forias horizontales y verticales mediante Cover test y varilla de Maddox.
4. Medida de las vergencias fusionales horizontales y verticales con la barra de prismas.
5. Medida de la acomodación relativa negativa y de la acomodación relativa positiva (ARN/ARP).
6. Medida del punto próximo de convergencia (PPC).
7. Medida de la amplitud de acomodación monocular y binocular.
8. Medida de la flexibilidad acomodativa monocular y binocular.
9. Medida de la fusión mediante el test de Worth.
10. Medida de la estereopsis.

Las pruebas anteriores no son invasivas ni alteran la función visual.

Así mismo, Elena Llorente Tomás, autor del trabajo, se compromete a que en toda la extensión del mismo se garantice la confidencialidad del paciente ocultando sus datos personales, de tal manera que si el trabajo es publicado en algún medio de divulgación científica o en la base de datos propia de la Universidad nadie podrá identificar al paciente que ha sido objeto de este estudio.

En Zaragoza a..... de..... de.....

Firma del Paciente:

ANEXO 2. TABLA DE EXPLORACIÓN OPTOMÉTRICA INICIAL

DATOS PERSONALES

FECHA:

Nombre y Apellidos:

Sexo: M F

Fecha de nacimiento:

EDAD:

DIP:

Síntomas

AC/A:

AV sin gafas

OD:

OI:

OD:

Refracción y AV (Sin gafas)

(Rx con ciclopléjico)

	Esfera	Cilindro	Eje	AV
OD				
OI				

	Esfera	Cilindro	Eje	AV
OD				
OI				

Pruebas Binoculares

COVER TEST

	ARN/ARP	VFN	VFP	BS	BI
VL	-----				
VP					

	VL	VP
SC		
CC		

Punto proximo de convergencia (PPC)

Amplitud de Acomodación →→ AA para su edad =

--	--	--

AA OD	AA OI	AA AO

Estimulo: _____

FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA

Estereópsis

ISHIHARA

--

FALLOS	
OD	OI

	F. binocular	FM OD	FM OI
VL (-)			
VP (±)			

Von graeffe // Maddox

	Horizontal	Vertical
VL		
VP		

Luces de Worth VL/VP

--

ANEXO 3. TABLA DE EXPLORACIÓN SEMANAL

Nombre:

Fecha:

Pruebas en el gabinete

Vergencias

	VFN	VFP
VL		
VP		

Flexibilidad (HART)

Lente:

	F. binocular	FM OD	FM OI
VL (-)			
VP (\pm)			

PPC

--	--	--

Deberes

Prueba	Anterior	Ahora	Mejora	Observaciones