

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TERAPIA VISUAL EN EL TRATAMIENTO DE LA INSUFICIENCIA DE CONVERGENCIA



TESIS DOCTORAL

CARLA SÁNCHEZ CUADRADO

Directores:
CATALINA PALOMO ÁLVAREZ
SARA BUENO FERNÁNDEZ

Tutor:
JAVIER PÉREZ CASTELLS

Universidad CEU San Pablo

CEINDO – CEU Escuela Internacional de Doctorado

PROGRAMA en CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA SALUD



CEU

*Escuela Internacional
de Doctorado*

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE TERAPIA
VISUAL EN EL TRATAMIENTO DE LA INSUFICIENCIA DE CONVERGENCIA

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADO POR

CARLA SÁNCHEZ CUADRADO

BAJO LA DIRECCIÓN DE LAS DOCTORAS

CATALINA PALOMO ÁLVAREZ

SARA BUENO FERNÁNDEZ

Y TUTELA DE

JAVIER PÉREZ CASTELLS

MADRID 2022

INFORME DE LAS DIRECTORAS DE LA TESIS

SARA BUENO FERNÁNDEZ, Profesora Adjunta de Universidad del Departamento de Química y Bioquímica, Área de Óptica y Optometría de la Universidad CEU San Pablo.

CATALINA PALOMO ÁLVAREZ, Profesora Titular de Universidad del Departamento de Optometría y Visión de la Universidad Complutense de Madrid.

CERTIFICAN:

Que CARLA SÁNCHEZ CUADRADO, Licenciada en Farmacia y Óptica y Optometría, ha realizado bajo su dirección, en el Departamento de Química y Bioquímica, Área de Óptica y Optometría Universidad San Pablo CEU de Madrid, la Tesis Doctoral titulada "Estudio comparativo del efecto de diferentes métodos de terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia" para optar al Título de Doctor por la Escuela Internacional de Doctorado CEINDO de la Universidad CEU San Pablo de Madrid. Informan que el presente trabajo ha sido realizado sobre la base de hipótesis científicas, contiene una base experimental y unos resultados originales, y posee un formato académico pertinente.

En Madrid, a 12 de enero de 2022

PALOMO
ÁLVAREZ
CATALINA - DNI
50063213X

Firmado digitalmente por PALOMO ALVAREZ
CATALINA - DNI 50063213X
Nombre de reconocimiento (DN): cn=FS,
ou=UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID,
ou=CERTIFICADO ELECTRONICO DE
EMPLEADO PUBLICO,
serialNumber=101ES-50063213X,
sn=PALOMO ALVAREZ,
givenName=CATALINA, cn=PALOMO
ALVAREZ CATALINA - DNI 50063213X
Fecha: 2022.02.11 12:28:05 +01'00'

Firmado por SARA
BUENO DNI51359197J
el día 09/12/2021
con un certificado
emitido por Agencia

Fdo. Catalina Palomo Álvarez

Fdo. Sara Bueno Fernández

INFORME DEL TUTOR DE LA TESIS

JAVIER PÉREZ CASTELLS, Catedrático del Departamento de Química y Bioquímica de la Universidad CEU San Pablo.

CERTIFICA:

Que CARLA SÁNCHEZ CUADRADO, Licenciada en Farmacia y Óptica y Optometría, ha realizado bajo su tutela, en el Departamento de Química y Bioquímica, Área de Óptica y Optometría Universidad San Pablo CEU de Madrid, la Tesis Doctoral titulada "Estudio comparativo del efecto de diferentes métodos de terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia" para optar al Título de Doctor por la Escuela Internacional de Doctorado CEINDO de la Universidad CEU San Pablo de Madrid. Informa que el presente trabajo ha sido realizado sobre la base de hipótesis científicas, contiene una base experimental y unos resultados originales, y posee un formato académico pertinente.

En Madrid, a 12 de enero de 2022

PEREZ
CASTELLS
JAVIER -
50717546Q



Firmado
digitalmente por
PEREZ CASTELLS
JAVIER - 50717546Q
Fecha: 2022.02.11
09:35:40 +01'00'

Fdo. Javier Pérez Castells

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas:

En primer lugar, a mis directoras, a la Dra. Sara Bueno Fernández por su apoyo, sus enseñanzas y supervisión. A la Dra. Catalina Palomo Álvarez por su implicación, su dedicación, su conocimiento y supervisión. Gracias por vuestro constante apoyo personal desde el primer momento hasta el último, por las horas y horas de tiempo libre invertidas y por guiarme durante todo el camino. En especial estas últimas semanas que han sido muy intensas y estresantes para todos.

Gracias a mi tutor el Dr. Javier Pérez Castells, que mostró un gran interés en el tema, por su apoyo y ayuda en todos los tramites.

Al Dr. José Miguel Cárdenas por su gran ayuda, su rápida respuesta y su tiempo dedicado en el análisis estadístico. Gracias por ser un pilar fundamental es esta tesis.

Gracias a todos los que han hecho posible la parte de campo de este estudio, como han sido colegios, pacientes, padres, optometristas, oftalmólogos, profesionales, colaboradores, evaluadores, terapeutas y compañeros.

A los colegios Litterator, Punta Galea, Santa Teresa y Fuente Álamo. A los pacientes y padres participantes en este estudio. A los colaboradores, evaluadores y terapeutas que aportaron su ayuda profesional, humana y personal. Estos fueron: Universidad San Pablo CEU (gracias especiales Esther Mármol y Antonio Rodán); Visual Clinic (gracias especiales a Marta Cabranes y Andrés Álvarez);

Centro de Optometría Internacional (gracias especiales a la Dra. Pilar Plou, Marisol García y Beatriz Nacher); Centro de Optometría San Francisco (gracias especiales a Gloria Hermida); Centro Salud y Visión (gracias especiales a Laura Franco); Centro Lys (gracias especiales a Sonia de Andrés); Centro Duovisión (gracias especiales a Jess García); Centro Visualandalus (gracias especiales a Salvador Pérez); Clínica Rementería (gracias especiales al Dr. Javier Hurtado); Federópticos Meryvisión (gracias especiales a Mery Martínez); gracias especiales a Milva Lorente; Neli Ferrero; Ana Lázaro, Sonia González Lucas, Libertad Novejarque; Olga Chico; Laura Tallada; Sagrario Ortigosa; Sandra Serrano; Raquel Ruiz; María González; José Luis Árevalo y Alicia Gómez.

A el Dr. David Baeza por su colaboración en la caracterización del filtro.

Gracias especiales a todo el equipo del centro de optometría Pilar Vergara (Dr. Robert Sanet, Linda Sanet, Pilar Vergara, Carmen López, M^a Mar Vergara, Rocío García, Luna Cabezuelo; Andrea González y Almudena Sánchez) con quienes tuve la oportunidad de aprender, crecer y desarrollarme profesionalmente.

Gracias a todo el equipo de Sahlgrenska University Hospital, en especial a todos y cada uno de los que forman la unidad de oftalmología pediátrica en el Queen Silvia Hospital: Adela Carrasco, Bertil Sterner, Eva Aring, Gunilla Magnusson, Jenny Gyllén, Sofie Botors y el resto de compañeros. Gracias por hacer que mi estancia en Suecia fuera muy enriquecedora con su aporte de nuevos conocimientos y técnicas, por su generosidad y por su confianza en mí.

Gracias especiales al equipo de Federópticos Cuadrado (Pilar Cuadrado, Nieves Soria, Raquel Rollón, Maribel Nuñez y Sergio de Santiago) por su apoyo incondicional, por estar siempre, por el respaldo y los ánimos.

A Ángel Mayo gracias especiales por toda su dedicación y ayuda con el diseño y maquetación de la tesis.

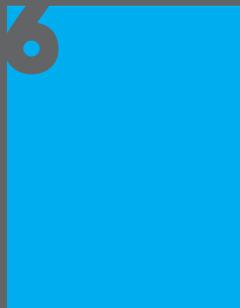
Gracias a las Cruzadas de Santa María por tenerme siempre presente en sus oraciones, sus palabras de ánimo y aliento.

A todos mis amigos/as por su gran apoyo, por siempre animarme a seguir adelante y estar cuando les necesitaba. Por los miércoles que hacían la semana más corta. Gracias por ser como las estrellas, que aunque hay días que no las ves sabes que siempre están ahí.

Por último, a mis padres y hermanos por su cariño y apoyo incondicional, por su generosidad, por su confianza, por estar siempre cerca, por soportar los momentos buenos y los no tan buenos, por su amor incondicional y porque les debo una parte de lo que soy. A ellos va dedicado este trabajo, en especial a mi madre por ser un ejemplo a seguir cada día. Nunca me cansaré de darles las gracias.

Informe de las directoras de la tesis
 Agradecimientos
 Lista de símbolos, abreviaturas y signos
 Resumen de la tesis
 Presentación de la tesis

1	Introducción	25
	1. Visión binocular.	27
	2. Insuficiencia de convergencia.	30
	2.1. Prevalencia de la insuficiencia de convergencia.	
	2.2. Síntomas y signos de la insuficiencia de convergencia.	
	2.3. Tratamiento en la insuficiencia de convergencia.	
	2.4. Evidencia científica del tratamiento en insuficiencia de convergencia.	
	2.5. Generalidades de la terapia visual.	
	3. La fototerapia.	49
	3.1. Fototerapia en optometría	
2	Justificación	61
	Conflicto de intereses. Financiación	
3	Hipótesis	67
4	Objetivos	71
	1. Estudio 1. Prevalencia de Insuficiencia de Convergencia.	73
	2. Estudio 2. Tratamiento de Insuficiencia de Convergencia.	73
	2.1 Objetivo general	
2.2 Objetivos específicos		
5	Diseño, sujetos, material y método	77
	1. Diseño del estudio	79
	1.1. E.1. Prevalencia de IC	
	1.2. E.2. Tratamiento de IC	
	2. Sujetos	80
	2.1. E.1. Prevalencia de IC	
	2.2. E.2. Tratamiento de IC	
	3. Criterios Inclusión y Exclusión	81
	3.1 E.1. Prevalencia de IC	
	3.2 E.2. Tratamiento de IC	
	4 Cálculo muestral	84
	4.1 E.1. Prevalencia de IC	
	4.2 E.2. Tratamiento de IC	
	5 Protocolo	86
	5.1 E.1. Prevalencia de IC	
5.2 E.2. Tratamiento de IC		
6 Medidas clínicas	88	
6.1 E.1. Prevalencia de IC		
6.2 E.2. Tratamiento de IC		
7 Análisis estadístico	104	
7.1 E.1. Prevalencia de IC		
7.2 E.2. Tratamiento de IC		



Resultados	107
1. E.1. Prevalencia de IC	109
1.1. E.1. Sujetos	
1.2. E.1. Prevalencia de IC	112
2. E.2. Tratamiento de IC	
2.1. E.2. Sujetos	
2.2. E.2. Síntomas	
2.3. E.2. Visión binocular	
2.4. E.2. Acomodación	
2.5. E.2. Velocidad lectora	
2.6 E.2. Relación entre variables	



Discusión	147
1. E.1. Prevalencia de IC	149
2. E.2. Tratamiento de IC	150
2.1. E.2. Síntomas	
2.2. E.2. Binocular	
2.3. E.2. Acomodación	
2.4. E.2. Velocidad lectora	
2.5. E.2. Limitaciones del estudio	
2.6. E.2. Puntos fuertes del estudio	



Conclusiones	179
1. E.1. Prevalencia de IC	181
2. E.2. Tratamiento de IC	181

Referencias	185
-------------------	-----

Anexos	195
--------------	-----

- Anexo 1: Consentimiento informado participación en el screening visual.
- Anexo 2: Consentimiento informado participación en el estudio de tratamiento.
- Anexo 3: Aprobación del comité de ética del estudio.
- Anexo 4: Ficha pruebas del screening visual.
- Anexo 5: Informe modelo tras la valoración en el screening visual.
- Anexo 6: Ficha pruebas de los centros colaboradores.
- Anexo 7: Cuestionario de síntomas CISS V-15.
- Anexo 8: Ficha optométrica de pruebas binoculares y acomodativas.
- Anexo 9: Tabla de registro de la velocidad lectora
- Anexo 10: Tabla de aleatorización de los grupos de estudio.
- Anexo 11: Ficha modelo de procedimiento de terapia visual activa.
- Anexo 12: Contribuciones científicas.

Lista de figuras	215
------------------------	-----

Lista de tablas	219
-----------------------	-----

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGNOS

AA	Amplitud de acomodación
AAM	Amplitud de acomodación monocular
AC/A	Convergencia acomodativa/acomodación
ARN	Acomodación relativa negativa
ARP	Acomodación relativa positiva
AV	Agudeza visual
BE	Base externa
BI	Base interna
cd/m ²	Candela por metro cuadrado.
cm	Centímetro
cpm	Ciclos por minuto
CT	Cover test
CTV	Combinación de ambas terapias (fototerapia optométrica y terapia visual activa)
D	Dioptría
DE	Desviación estándar
Dif.	Diferencia
E.1.	Estudio de prevalencia de la insuficiencia de convergencia
E.2.	Estudio de tratamiento de la insuficiencia de convergencia
et al.	Y colaboradores
FAB	Flexibilidad acomodativa binocular

FAM	Flexibilidad acomodativa monocular
FO	Fototerapia optométrica
GC	Grupo control
IA	Insuficiencia de acomodación
IC	Insuficiencia de convergencia
m	Metro
min	Minuto
nm	Nanómetro
OD	Ojo derecho
OI	Ojo izquierdo
PPC	Punto próximo de convergencia
ppm	Palabras por minuto
R	Coefficiente de correlación de Pearson
s	Segundo
screening	Examen tipo cribado
sec arc	Segundos de arco
SNA	Sistema nervioso autónomo o vegetativo
TVA	Terapia visual activa
VFN	Vergencia fusional negativa
VFP	Vergencia fusional positiva
VL	Visión lejana
VP	Visión próxima
vs.	Versus (en comparación con)
Δ	Dioptría prismática

Introducción:

La insuficiencia de convergencia (IC) es una disfunción sensoriomotora que afecta a la visión binocular dando como resultado la incapacidad de converger o de mantener la convergencia cuando se realizan tareas en visión próxima. La prevalencia de la IC va desde el 2,25% al 33%, esta gran variabilidad depende por un lado del número de criterios diagnósticos utilizados y por otro del lugar de evaluación (clínicas o colegios). En España algunos estudios han analizado la prevalencia de disfunciones binoculares en la población universitaria, sin embargo, no existen datos actualizados sobre la prevalencia de IC en una población en edad escolar.

La IC normalmente lleva asociados síntomas astenópicos como: dolor de cabeza, visión borrosa transitoria, diplopía, dolor de ojos o dificultad para mantener la concentración en tareas de cerca. Para su diagnóstico se utiliza un cuestionario específico de síntomas de la IC y tres signos optométricos: i) exoforia en cerca 4 dioptrías prismáticas (Δ) mayor que en lejos ii) rotura del PPC alejada (> 6 cm) iii) rotura de la VFP menor a dos tercios de la foria (según el criterio de Sheard) o inferior a 15Δ .

Una vez diagnosticada la IC el tratamiento que ha demostrado la mayor eficacia es la terapia visual de acomodación-vergencia en consulta con refuerzo para casa, mostrando disminución o eliminación de los síntomas y signos en 12 semanas de tratamiento.

La fototerapia en el campo de medicina representa un campo de estudio y aplicación amplio. Existiendo tres categorías principales de usos de la luz en medicina: diagnóstico por imagen, cirugía láser y terapia o fototerapia activada por luz. En la actualidad se está empleando la fototerapia optométrica para el tratamiento de ambliopías y estrabismos, aportando resultados prometedores y pioneros en este campo. Aunque todavía no existen investigaciones que avalen el uso de la fototerapia optométrica en el tratamiento de disfunciones binoculares, como la IC.

Objetivo:

1. Determinar la prevalencia de la insuficiencia de convergencia en una población no clínica de niños españoles de edad escolar.
2. Estudiar y comparar los efectos de diferentes tratamientos de terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia en una población de estudiantes.

Método:

Se diseñó un protocolo de detección de IC a través de screenings visuales en colegios en la Comunidad de Madrid. Para comparar los diferentes tratamientos en pacientes con IC, se diseñó un estudio prospectivo, longitudinal, multicéntrico, aleatorio y doble ciego. Asignado a los pacientes a 4 grupos de manera aleatoria: fototerapia optométrica (FO), terapia visual activa (TVA), combinación de ambas terapias (CTV) y grupo control (GC). Se realizaron evaluaciones antes de empezar el tratamiento, a las 4, 12 y 24 semanas desde el inicio. En estas revisiones pruebas se valoró: síntomas y signos característicos de la IC, así como otras pruebas binoculares, acomodativas y la velocidad lectora. La pauta de tratamiento fue de 4 semanas para el grupo FO, 12 semanas para los grupos TVA y CTV, el grupo control no recibió tratamiento. Tras finalizar los tratamientos los grupos estuvieron sin ningún tipo de terapia de mantenimiento hasta la semana 24 desde el inicio.

Resultados:

Estudio 1 o E.1. Se obtuvo una prevalencia de IC actualizada en una población española de 5,3%, siendo esta prevalencia sin diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas.

Estudio 2 o E.2. Los grupos que recibieron tratamiento mejoraron los síntomas y los signos de la IC de manera estadísticamente significativa con respecto al grupo control, sin existir diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Los resultados alcanzados tras finalizar los tratamientos se mantuvieron durante al menos 12 semanas más, sin cambios estadísticamente significativos.

Conclusiones:

1. La alta prevalencia encontrada sugiere la necesidad de incluir más pruebas de visión binocular en los programas de screenings visuales en colegios.
2. La prescripción de la fototerapia optométrica, sola o en combinación, en el tratamiento de la IC presenta una innovación terapéutica. La fototerapia optométrica y la terapia de acomodación-vergencia consiguen resultados exitosos y similares en el tratamiento de la IC, de forma combinada o de forma independiente. Restableciendo los valores normales, tanto en los síntomas como en los signos de la IC. La principal diferencia entre los tratamientos fue el tiempo de ejecución, de forma que la fototerapia optométrica se aplicó durante 4 semanas y la terapia de acomodación-vergencia 12 semanas.

El presente trabajo consta de 8 capítulos que se detallan a continuación:

En el primer capítulo, **introducción**, se revisa la fundamentación teórica de la investigación. Se describe la anomalía binocular objeto del estudio, la insuficiencia de convergencia (IC). Se describe la prevalencia según estudios previos, síntomas y signos asociados y su relación con el rendimiento académico. También se revisa la terapia visual como el tratamiento de elección para mejorar o eliminar esta disfunción. Se detalla la evidencia científica de la terapia visual en el tratamiento de la IC. Por último, se hace una revisión sobre la eficacia de la fototerapia en la medicina, y la fototerapia optométrica.

Los siguientes capítulos constarán de dos apartados: Estudio 1 (E.1.) y Estudio 2 (E.2.), que representan un estudio de prevalencia de la IC y un estudio comparativo de diferentes tratamientos de la IC, respectivamente.

A continuación, se expone de forma breve la **justificación** del estudio. Seguido de la **hipótesis** y **objetivos** de este estudio.

En el capítulo dedicado a **diseño, sujetos, material y método** se describen los sujetos participantes en cada uno de los estudios: en el E.1. los sujetos fueron una población no clínica en edad escolar en colegios de la Comunidad de Madrid, y en el E.2. los sujetos fueron una población clínica de niños con IC asignados a 4 grupos. Se describe la metodología seguida en la toma de medidas clínicas en cada uno de los estudios, protocolo y el tratamiento aplicado en el estudio 2. Tanto para E.1. como para E.2. se realizó el tratamiento estadístico de los datos.

En el capítulo siguiente se presentan los **resultados** obtenidos en la prevalencia de IC en una población de niños españoles en el E.1. También se presentan los resultados obtenidos en las medidas clínicas en las distintas revisiones (inicial, tras 4 semanas, tras 12 semanas y tras 24 semanas) y en los grupos de estudio para comparar distintos tratamientos para la IC del E.2. A continuación, se **discuten** los resultados obtenidos en ambos estudios con los resultados publicados por otros autores en relación con los objetivos de la presente investigación, siguiendo el mismo orden descrito en los capítulos anteriores. Posteriormente se incluyen las **conclusiones** de la presente tesis y la **bibliografía** consultada para el planteamiento, desarrollo y discusión de la tesis.

Para terminar, se incluyen una serie de **anexos**. Los primeros muestran los consentimientos informados de ambos estudios y el anexo de aprobación de la investigación del comité de ética. Los siguientes incluyen las fichas de registro de datos de ambos estudios, el informe modelo entregado tras la revisión visual y el cuestionario de síntomas. El siguiente anexo muestra una ficha modelo de los procedimientos de terapia visual. El último anexo recoge las contribuciones científicas relacionadas con el desarrollo de la tesis doctoral.

- 1. Visión binocular.**
- 2. Insuficiencia de convergencia.**
 - 2.1. Prevalencia de la insuficiencia de convergencia.**
 - 2.2. Síntomas y signos de la insuficiencia de convergencia.**
 - 2.3. Tratamiento en la insuficiencia de convergencia.**
 - 2.4. Evidencia científica del tratamiento en la insuficiencia de convergencia.**
 - 2.5. Generalidades de la terapia visual.**
- 3. La fototerapia.**
 - 3.1. Fototerapia en optometría**

INTRODUCCIÓN

UCCIÓN

INTRODUCCIÓN



1. La visión binocular

Se define visión binocular a la capacidad de coordinar de manera correcta ambos ojos, dando como resultado la visión tridimensional que permite, además del cálculo de distancias en el espacio, la adaptación más rápida del cerebro a los cambios ⁽¹⁾.

Dentro de las anomalías binoculares se encuentran las disfunciones acomodativas y las disfunciones binoculares estrábicas y no estrábicas. En general, estas anomalías funcionales, son el resultado de un sistema visual ineficaz y suelen comprometer el rendimiento visual de la persona sobre todo cuando esta realiza trabajos en visión próxima, como leer, estudiar, trabajar u otras tareas diarias.

En su investigación Ritty et al. ⁽²⁾ al determinaron que "*habilidades de acomodación, convergencia y oculomotoras constituyen las demandas fisiológicas primarias e inmediatas localizadas en el sistema visual para las tareas de clase*". Las tareas académicas en el aula requieren el 75% del tiempo para lo cual se necesita un óptimo funcionamiento del sistema visual en visión próxima.

Según el modelo de Hung y Ciuffreda ⁽³⁾, el sistema acomodativo y el sistema binocular están conectados y son dependientes, y gracias a esta interconexión es posible observar un objeto simple y nítido. Si existiera algún fallo en alguno de estos sistemas o en la relación entre ambos se pondrán de manifiesto las disfunciones acomodativas o binoculares.

La acomodación es la capacidad visual que permite el ajuste de la potencia dióptrica del ojo. La acomodación se logra mediante cambios en la forma del cristalino cuando el cuerpo ciliar se contrae o se relaja, de forma que podemos obtener una imagen retiniana nítida de los objetos, permitiendo ver los objetos con claridad a cualquier distancia. La deficiencia en el enfoque da como resultado una respuesta acomodativa inapropiada a una determinada demanda visual.

Las disfunciones acomodativas se clasifican en base a los criterios de Donders ⁽⁴⁾ y confirmados años más tarde por Scheiman y Wick ⁽⁵⁾. Según este criterio, las anomalías o disfunciones acomodativas se dividen en tres: exceso acomodativo, insuficiencia acomodativa e inflexibilidad acomodativa. La frecuencia de estas disfunciones es muy variada, encontrando datos de prevalencias desde 0,4% en inflexibilidad acomodativa hasta 61% en insuficiencia acomodativa ⁽⁶⁻¹¹⁾.

En la población pediátrica el sistema acomodativo juega un papel fundamental en el aprendizaje ^(12,13), para que las tareas escolares se realicen de manera eficaz se hace imprescindible una adecuada función acomodativa, tanto en precisión, amplitud, rangos y flexibilidad. Una imagen borrosa en retina, por una respuesta acomodativa inapropiada, podría interferir en el aprendizaje de la lecto-escritura y dificultar innecesariamente el trabajo de cerca en los niños en edad escolar ⁽¹⁴⁾.

Abdi et al. ⁽¹⁵⁾ muestra una relación significativamente positiva entre disfunción vergencial y acomodativa, éste es el caso de la insuficiencia de convergencia (IC) y la insuficiencia acomodativa (IA). Además, se observó la mejora subjetiva de la lectura en niños con IA tras el tratamiento con lentes positivas o terapia visual, ya que disminuyeron los síntomas y mejoraron la concentración.

Duane en 1897 hizo una clasificación de las disfunciones binoculares no estrábicas, que Wick ⁽⁵⁾ años más tarde modificaría siendo esta última la clasificación más empleada. Esta clasificación está basada en la relación acomodación-vergencia a través del cociente AC/A, divide las disfunciones horizontales en función del valor del AC/A y por otro lado las disfunciones verticales (figura 1).

La prevalencia de las disfunciones binoculares se encuentra en unos rangos muy amplios que van desde 0,1% al 33% ^(6,10,16,17). Siendo los valores superiores los dados en la insuficiencia de convergencia, que es una de las disfunciones más estudiadas y analizadas.

AC/A Elevado	<ul style="list-style-type: none">· Exceso de divergencia· Exceso de convergencia
AC/A Medio	<ul style="list-style-type: none">· Exoforia básica· Endoforia básica· Distribuciones de las vergencias fusionales
AC/A Bajo	<ul style="list-style-type: none">· Insuficiencia de divergencia· Insuficiencia de convergencia
Disfunciones Verticales	<ul style="list-style-type: none">· Desviaciones verticales

Figura 1: Clasificación disfunciones binoculares no estrábicas basada en los criterios de Wick (5) (AC/A: relación convergencia acomodativa/acomodación)

Los síntomas asociados a las disfunciones binoculares aparecen generalmente mientras se realizan las tareas de cerca en el colegio, en el trabajo y con el uso del ordenador. Estos pacientes suelen experimentar un incremento en sus síntomas al dedicar más tiempo al uso de la visión en trabajos de visión próxima. No obstante, algunos pacientes se muestran asintomáticos pudiendo mantener la tarea en cerca a lo largo del tiempo, ya que presentan asociada a la disfunción binocular el fenómeno de supresión sensorial. En esta situación desaparece su binocularidad, y así la posibilidad de presentar la sintomatología asociada a los desórdenes binoculares (14,18).

Las disfunciones binoculares pueden interferir en el rendimiento escolar de los niños. Birnbaum y Birnbaum (19) observaron que los niños que presentaban problemas de lectura y disfunción binocular leían un mayor número de palabras y cometían menos errores cuando lo hacían de manera monocular que cuando lo hacían de forma binocular. Varios estudios indican que anomalías en las habilidades binoculares como exoforia en cerca, foria vertical, bajas vergencias fusionales o los signos característicos de la IC, se encontraban presentes en niños con problemas de lectura y aprendizaje (18,20,21). Por otro lado, otras investigaciones determinaban que no existe

correlación entre disfunciones acomodativas y problemas de lectura, así como tampoco existe relación estadística entre la binocularidad y el rendimiento académico ⁽²⁰⁻²⁵⁾.

Pacientes que han sufrido traumatismos cerebrales (Traumatic Brain Injury, TBI) presentan síntomas y signos compatibles con disfunciones binoculares no estrábicas y acomodativas ⁽²⁶⁾. Gallaway et al. ⁽²⁷⁾ determinaron que la prevalencia de los problemas visuales secundarios a una conmoción cerebral fueron IC (47%) e IA (42%). Por tanto, este es un grupo de población objeto de tratamiento, ya que cada vez se encuentran más publicaciones en la literatura científica sobre los cambios que se producen a nivel visual y cerebral tras una rehabilitación con terapia visual optométrica. En esta línea están las investigaciones de Scheiman et al. ⁽²⁸⁾ y Conrad et al. ⁽²⁹⁾ donde concluyen que, tras el tratamiento con terapia visual optométrica en pacientes con disfunciones binoculares secundarias a traumatismos, como IC, la mayoría de los participantes que completaron el estudio experimentaron mejoras significativas en los signos y síntomas de la IC.

Por todo lo visto anteriormente, la IC es una de las anomalías más frecuentes según la literatura, interfiriendo en el aprendizaje y en la atención, llegando en ocasiones a confundirse con otros trastornos neurológicos ⁽³⁰⁾. Por este motivo este trabajo se centra en la detección de esta disfunción en niños y en sus posibles tratamientos por parte del óptico-optometrista.

2. Insuficiencia de convergencia

Etimológicamente la palabra insuficiencia proviene del latín “insufficiencia” y se define como la falta de capacidad o escasez de algo. A su vez, convergencia es el movimiento conjugado según el cual los ejes visuales de ambos ojos tienden a confluir.

Desde el enfoque clínico la convergencia es la capacidad del sistema visual para mantener ambos ojos alineados, apuntando a un mismo punto en visión cercana. Esta convergencia se debe mantener durante el tiempo que dure la actividad en visión próxima, y la falta de esta habilidad suele conllevar un conjunto de síntomas astenópicos tales como: visión doble, visión borrosa, dolores de cabeza y de ojos. Así como, signos medibles en el gabinete optométrico, falta de concentración y/o problemas en la velocidad y comprensión de la lectura.

2. Insuficiencia de convergencia

La insuficiencia de convergencia (IC) es un trastorno de la visión binocular que se caracteriza por la dificultad para mantener la fusión mientras se mira a un objetivo cercano debido a la tendencia de los ojos a desplazarse hacia afuera. Los síntomas comúnmente asociados de IC incluyen astenopía (fatiga visual), diplopía, dolores de cabeza, visión borrosa, movimiento de letras al leer y dificultad para comprender la lectura. Otros síntomas notables que se presentan después de períodos cortos de lectura o trabajo prolongado en visión próxima, incluyen somnolencia e incapacidad para concentrarse ⁽³¹⁾.

Los movimientos oculares de vergencia (ya sea convergencia o divergencia) son una suma de componentes en respuesta a un estímulo. La vergencia implica el movimiento de ambos ojos. En pacientes con insuficiencia de convergencia, se presume que la etiología es una diferencia inervacional en estos componentes que da como resultado la capacidad limitada para converger con demandas cercanas. Estos componentes, a menudo descritos como componentes de vergencia de Maddox, incluyen vergencias tónicas, proximales, fusionales y acomodativas ⁽³²⁾.

2.1. Prevalencia de la insuficiencia de convergencia

Existe gran número de estudios que abordan la prevalencia de la IC, encontrando gran variabilidad en los resultados que van desde un 2,25% a un 33% ⁽³³⁾. Estas diferencias en la prevalencia de IC, se deben a la falta de homogeneidad en el tipo de población estudiada (en clínicas o a través de screenings en colegios), en la metodología empleada en las pruebas clínicas y en el criterio diagnóstico basado en diferentes pruebas y en un número de signos diferentes considerados para el diagnóstico, pudiendo ser 1, 2 ó 3 signos (tabla 1). Según la investigación de Wajuihian no existe una correlación significativa entre el error refractivo y la insuficiencia de convergencia ⁽³⁴⁾. Sobre si la prevalencia de la insuficiencia de convergencia varía según el origen étnico, la raza, la edad, el sexo, la ubicación geográfica o el estado socioeconómico hay pocos datos. Aunque en un estudio reciente en niños españoles sobre prevalencia de IC no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre sexos en los pacientes con IC ⁽³⁵⁾.

Tabla 1: Datos de estudios sobre prevalencia de insuficiencia de convergencia (IC: insuficiencia de convergencia; PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencia fusional positiva. Fuente: elaboración del autor a través de diversos recursos bibliográficos)

Autor del estudio	Año	Centro	Rango de edad (años)	N (Muestra)	Criterio de IC	Frecuencia IC
Letourneau et al. (25)	1979	Colegio	7-14	735	PPC >10cm con linterna	8,3%
Letourneau et al. (36)	1988	Colegio	6-13	2054	Exoforia mayor en cerca que en lejos PPC >10cm	2,25%
Dwyer et al. (37)	1992	Clínica	7-18	144	Exoforia cerca > 6 Δ	33%
Scheiman et al. (10)	1996	Colegio	6-18	1650	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	4,6%
Porcar et al. (6)	1997	Universidad	19-25	65	> 6 exoforia en cerca PPC alejado VFP bajas	7,7% (2 signos)
Rouse et al. (17)	1998	Colegio	10-12	620	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	17,6% (1 signo: 33% 2 signos: 12% 3 signos: 6%)
Rouse et al. (16)	1999	Colegio	10-12	415	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	4,2% (1 Signo: 8,4% 2signos: 8,8% 3signos: 4,2%)
Borsting et al. (9)	2003	Colegio	8-15	392	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	17,3% (- 2signos: 12,7% - 3signos: 4,6%)
Abdi et al. (11)	2005	Referido de colegios por astenopia	6-16	120	Astenopia	18,3 %
Jang et al. (38)	2015	Colegio	8-13	589	Exoforia > 6 cerca PPC ≥ 10 cm VFP borrosidad < 12 VFP rotura < 15	10,3%
Wajuihian et al. (39)	2016	Colegio	13-19	1201	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	10,3% 1 signo: 11,8% 2 Signos: 6% 3 Signos: 4,3%
Menjivar et al. (40)	2018	Colegio	9-14	282	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	1 signo: 19,8% 3 signos: 6%
Hassan et al. (41)	2018	Colegio	13-18	4211	Exoforia mayor en cerca 4 Δ > lejos PPC ≥ 8 cm VFP rotura ≤15Δ	7,8%
Nunes et al. (31)	2019	Colegio	10-14	292	Exoforia cerca 4Δ ≥ lejos PPC rotura > 6 cm VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	1 signo: 7,2% 2 signos: 4,8% 3 signos: 2%
Ma et al. (42)	2019	Colegio	13-18	928	Exoforia mayor en cerca PPC > 7,5 cm VFP borrosidad <12 VFP rotura <15 no cumple el criterio de Sheard	1 signo: 32,6% 2 signos: 12,8% 3 signos: 2,7%
Sánchez-Cuadrado et al. (35)	2022	Colegio	6-14	628	Exoforia cerca 4Δ ≥ lejos PPC ≥ 6 cm VFP rotura ≤ 15 no cumple el criterio de Sheard	5,3% 1 signo: 23,76% 2 signos: 12,20% 3 signos: 5,3%

2. Insuficiencia de convergencia

La tabla 1 muestra estudios de prevalencia de IC describiendo lugar de realización, año, edad y número de pacientes, y el criterio de IC considerado. Se obtiene una prevalencia mayor cuando los estudios se realizan en clínicas o centros optométricos. Esto se debe a que la mayoría de los sujetos acuden a la consulta con sintomatología previa, esto produce un sesgo en la población de estudio. En exámenes de detección en colegios, donde no se segmenta a la población entre sujetos sintomáticos o asintomáticos, la prevalencia disminuye. Sin embargo, en la investigación desarrollada por Borsting et al. ⁽⁹⁾ se puede observar una alta prevalencia de IC (17,3%) en un estudio realizado en un colegio. Esto fue debido a que previamente completaron el cuestionario específico para la IC (CISS) y solo fueron evaluados los sujetos sintomáticos.

Teniendo en cuenta los criterios diagnósticos utilizados en cada estudio se pueden apreciar variaciones en la prevalencia de IC. Letourneau et al. ⁽²⁵⁾ cuando consideraron el punto próximo de convergencia (PPC) medido con linterna como el único criterio diagnóstico, obtuvieron una prevalencia de 8,3% frente al 2,25% obtenido cuando el diagnóstico de la IC depende de dos criterios: el PPC alejado y exoforia mayor en cerca que en lejos ⁽³⁶⁾.

En estudios como los de Borsting, Rouse y Scheiman ^(9,10,16,17), clasifican la IC en función de 1, 2 o 3 signos. De forma que, se considera baja sospecha de IC cuando se presenta exoforia en cerca y uno más de los signos característicos; alta sospecha cuando se presenta exoforia en cerca y dos de los signos característicos; y una IC diagnosticada cuando se presentan los tres signos característicos. Por lo que la prevalencia de IC con tres, dos y un signo se encuentra entre unos valores de 4,2% - 6%; 8% - 12%; y 33%, respectivamente. En el reciente estudio de Sánchez-Cuadrado et al. ⁽³⁵⁾ en 2022, ya que no se disponía de datos actualizados en una población escolar española, se encontró una prevalencia de 5,3% teniendo en cuenta los tres signos característicos de la IC, de un 12,2% y 23,76% teniendo dos o un signo característico de la IC.

2.2. Síntomas y signos de la insuficiencia de convergencia

Los síntomas subjetivos se valoran con el cuestionario de síntomas CISS (Convergence Insufficiency Symptoms Survey), que fue elaborado por el grupo CITT (Convergence Insufficiency Treatment Trial). En la bibliografía se encuentran documentados diferentes versiones y modelos de cuestionarios de síntomas ⁽⁴³⁾, siendo el CISS V-15 el modelo específico empleado para la detección de

síntomas de la IC. El cuestionario CISS V-15 ha sido utilizado en al menos 21 artículos acerca de los síntomas de disfunciones visuales binoculares, en concreto en la insuficiencia de convergencia ⁽⁴³⁾. Hasta ahora ha sido validado en niños ⁽⁴⁴⁾ y en adultos ⁽⁴⁵⁾ y consta de 15 preguntas, cada una específica de un síntoma, puntuando en escala de Likert de 5 opciones de respuesta. Cada ítem es valorado de 0 a 4 puntos, en función de la frecuencia (0: nunca; 1: con poca frecuencia; 2: a veces; 3: con frecuencia; 4: siempre) y se obtiene una puntuación de 0 a 60 puntos. Si el resultado, en niños de 9 a 18 años, es mayor o igual a 16 se relaciona con sintomatología asociada a la IC. Y se considera un cambio clínico cuando hay una variación de 10 puntos.

Este cuestionario está validado a través de un análisis ROC para medir la capacidad del cuestionario CISS V-15 para diferenciar los grupos con IC y con visión binocular normal. Ha sido muy utilizado en las investigaciones sobre la IC tanto para su diagnóstico como para monitorizar la eficacia de los tratamientos de los ensayos clínicos. Incluso ha sido validada su versión en español en 2020 ⁽⁴⁶⁾.

Estos síntomas se han asociado a veces con dificultades en la lectura ^(2,47-49) o con sujetos diagnosticados de TDAH ⁽⁵⁰⁻⁵³⁾, debido a las dificultades para mantener la atención visual a una distancia de trabajo de cerca. Como consecuencia la lectura será un proceso mucho más complejo en niños con IC ⁽⁵⁴⁾, ya que en estos casos el sistema visual presenta una anomalía de la visión binocular por lo que no funciona de manera óptima.

Existen diferentes criterios para caracterizar las disfunciones binoculares en la población infantil ⁽⁵⁵⁾, las referencias que se han encontrado parten de los estudios de Morgan ⁽⁵⁶⁾ en 1944 que en 2004 Jiménez et al. ⁽⁵⁷⁾ sentaron las bases para no depender de los antiguos valores de Morgan. A su vez los criterios de Morgan también fueron modificados por Scheiman ⁽⁵⁾ y que el grupo CITT ⁽⁵⁸⁾ adaptó para el diagnóstico de la IC. Según el grupo CITT la IC generalmente se caracteriza como un conjunto de signos obtenidos a través de pruebas en visión próxima ^(16,17). Los signos son: exoforia en cerca mayor que en lejos, la rotura del punto próximo de convergencia (PPC) alejado y la rotura de las vergencias fusionales positivas reducidas ^(5,59).

En el diagnóstico de la IC ⁽⁵⁸⁾, la medida primaria es una puntuación ≥ 16 puntos obtenida en el cuestionario de síntomas CISS. Las medidas secundarias son dos pruebas clínicas comunes que evalúan la capacidad de los ojos para converger al realizar un trabajo en visión próxima: i) exoforia en cerca será 4 dioptrías prismá-

ticas (Δ) mayor que en lejos medida con el Cover Test alternante, por ser la prueba más objetiva y repetible ⁽⁶⁰⁾ ; ii) rotura del PPC alejada (> 6 cm) medido con estímulo acomodativo ⁽⁶¹⁾; y iii) rotura de la VFP menor a dos tercios de la foria (según el criterio de Sheard) o inferior a 15Δ medido con estímulo acomodativo ⁽⁵⁾.

Cohen et al. ⁽⁶²⁾ encontraron correlaciones entre los síntomas y los signos clínicos de la IC (PPC y VFP), pero no clasificaron la gravedad de la IC. Sin embargo, Rouse et al. ⁽¹⁷⁾ determinaron que los niños que presentan los tres signos clínicos de IC (exoforia cerca, PPC alejado y rangos bajos en VFP) son más sintomáticos que los niños que solo presentaron uno o dos de los signos clínicos.

En un estudio publicado en 2020 se determinó que existe una correlación significativa entre la estereopsis y la VFP (amplitud de convergencia), signo característico de la IC, poniendo de manifiesto que el valor de la estereopsis es un predictor de la presencia de una posible IC ⁽⁶³⁾. Aunque hasta ahora la estereopsis no ha sido considerada como un signo de la IC.

Se recomienda un diagnóstico diferencial de la IC simulada, en la que los valores vergenciales se ven normalizados con el uso exclusivo de una lente de baja potencia positiva en cerca, porque la etiología del problema es una disfunción acomodativa. También se debe realizar el diagnóstico diferencial respecto de: exotropía, exoforia básica, exotropía adquirida, diplopía, Síndrome del mesencéfalo dorsal, oftalmoplejía internuclear, Miastenia gravis, parálisis del nervio oculomotor, enfermedad ocular tiroidea ⁽⁶⁴⁾.

2.3. Tratamiento en la insuficiencia de convergencia

La terapia visual ha sido durante muchos años un método de tratamiento para trastornos acomodativos y vergenciales no estrábicos manifestados tanto en niños como en adultos, siendo en la IC el método de elección ⁽⁶⁵⁾.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la rehabilitación es un conjunto de intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno. La terapia visual pretende esos mismos objetivos, potenciar al máximo los recursos visuales del sujeto mediante el entrenamiento de las áreas más deficitarias. Se puede definir la terapia visual como:

*"Arte y ciencia de arreglar las condiciones para que el paciente se dé cuenta de nuevas relaciones en su campo visual, y para que a través de estas nuevas relaciones aprenda a utilizar los procesos que le permitan extraer mayor cantidad de información de una manera más eficiente".
(Applied Concepts in Vision Therapy. Press 1997)*

La terapia visual, también conocida como entrenamiento o rehabilitación visual, es un término utilizado para definir paradigmas y regímenes de estimulación sensorio-motriz altamente específicos y secuenciales que se utilizan para mejorar las habilidades visuales, como, por ejemplo, el control del movimiento y la coordinación ocular ⁽⁶⁶⁾. La terapia visual consiste en una serie de técnicas y ejercicios no invasivos, todos ellos dirigidos por un optometrista ⁽⁶⁷⁾, que pretenden mejorar la calidad visual del paciente y lograr una visión binocular lo más eficaz posible: cuando el sistema visual trabaja de manera eficiente puede percibir, procesar y comprender más y mejor la información visual.

Los principales tratamientos que se llevan a cabo para tratar a los pacientes con IC, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

Por un lado, la terapia visual pasiva, en la cual la colaboración del paciente es mínima y se utiliza para ello uso de lentes, prismas o filtros. Por otro lado, la terapia visual activa, que precisa de la colaboración del paciente en forma activa y para la que se realizan procedimientos específicos para la mejora de cada habilidad visual.

La terapia visual se basa en la neuroplasticidad, siendo esta la que permite el conjunto de modificaciones que se producen en el sistema nervioso como resultado del aprendizaje, entrenamiento, la experiencia, las lesiones o los procesos degenerativos. Esto tiene su base en las investigaciones de Hubel y Wiesel ⁽⁶⁸⁾, por las que obtuvieron el premio Nobel, "*Descubrimientos en relación con el procesamiento de información en el sistema visual*". La plasticidad cerebral se define como la capacidad del cerebro para reorganizar sus patrones de conectividad neuronal, reajustando su funcionalidad ⁽⁶⁹⁾. Según la rehabilitación

neuropsicológica la plasticidad puede mejorar los procesos de aprendizaje en tres niveles: nivel neuronal, nivel sináptico y nivel de red. El sistema nervioso no está constituido por estructuras estáticas, sino que tiene la posibilidad de modificar su estructura y funcionamiento de un modo dinámico a lo largo de todo el proceso vital. En 2010 en las investigaciones de Álvarez et al. (70) se pudieron observar los cambios en algunos parámetros corticales a través de imágenes de resonancia magnética funcional en los pacientes diagnosticados de IC tratados mediante terapia visual.

2.4. Evidencia científica de la terapia visual como método de tratamiento en IC

El tratamiento con terapia visual en sujetos con IC alcanza el máximo nivel de evidencia científica (grado I), basándose en dos meta-análisis publicados en 2011 y 2020 (71,72), y varios ensayos clínicos controlados. También se han descrito gran variedad de ejercicios y esquemas de terapia visual, priorizando en todos ellos la relación acomodación-vergencia. Aunque no existe un consenso sobre los procedimientos concretos a realizar en la práctica profesional, todos coinciden en que se debe trabajar en la consulta y en casa, y las habilidades a entrenar serán principalmente binoculares. También es importante indicar que, en ninguno de los estudios publicados, tanto en niños como en adultos, se han descrito efectos adversos relacionados con el tratamiento con terapia visual optométrica (71,72).

La eficacia de la terapia visual optométrica en IC se describe en la literatura científica, donde Gruning define el manejo del estrés inducido por problemas en el punto próximo (73). Una de las últimas publicaciones sobre la terapia visual en el tratamiento de la IC fue un segundo meta-análisis publicado en 2020, llegando a la conclusión que el tratamiento de elección ante una anomalía de IC es la terapia visual optométrica (72).

En la tabla 2 se muestran diferentes opiniones de profesionales de la visión, oftalmólogos y optometristas, sobre la terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia. Todos coinciden en que gracias a la terapia visual u ortóptica se consiguen mejoras en los síntomas y en los signos en pacientes con insuficiencia de convergencia.

Tabla 2: Recopilación de opiniones sobre la terapia visual en insuficiencia de convergencia de oftalmólogos y optometristas (Fuente: grupo CITT).

Referencia	Autor	Año de publicación	Declaraciones clave
Binocular Vision and Ocular Motility (74)	von Noorden	1985	"La terapia para la insuficiencia de convergencia está en el ámbito de la ortóptica. De hecho, su tratamiento es una de las aplicaciones más exitosas del arte de la ortóptica ..."
Duke-Elder's Practice of Refraction (75)	Abrams	1993	En referencia a la insuficiencia de convergencia: "El entrenamiento ortóptico parece ser el mejor en el tratamiento de esta afección ..."
Pediatric Ophthalmology (76)	Cibis, Tongue and Stass-Isern	1993	"La mayoría de los sujetos con insuficiencia de convergencia pueden eliminar o aliviarse de sus síntomas con ejercicios apropiados".
Management of Strabismus and Amblyopia (77)	Pratt-Johnson	1994	"La ortóptica es el tratamiento de elección en la mayoría de los sujetos con insuficiencia de convergencia y ofrece excelentes resultados".
Strabismus: A Decision-Making Approach (78)	von Noorden and Helveston	1994	En referencia a la insuficiencia de convergencia: "El tratamiento, los ejercicios ortópticos, en la mayoría de los casos proporciona un alivio duradero de los síntomas".
Binocular Anomalies: Diagnosis and Vision Therapy (79)	Griffin and Grisham	1995	"... la terapia visual es la opción preferida aplicada en estos casos".
Applied Concepts in Vision Therapy (1)	Press	1997	"La insuficiencia de convergencia es la condición que más responde a la terapia visual".
Clinical Management of Binocular Vision (5)	Scheiman and Wick	2002	"La terapia visual es el tratamiento de elección para la insuficiencia de convergencia".

Con respecto al tratamiento más pautado, se elaboró una encuesta descriptiva en el año 2002 en las consultas de los profesionales de la salud visual (80). Esta encuesta concluyó que el acercamiento con lápiz es el ejercicio más prescrito como tratamiento inicial para la IC. Los optometristas encuestados prescribían acercamiento con lápiz (36%), seguido de terapia visual/ortóptica en casa (22%) y en consulta (16%). Entre los oftalmólogos participantes en la encuesta, el tratamiento más pautado fue el acercamiento con lápiz (50%) y en menor medida prescripción de terapia visual/ortóptica en casa (21%) y prismas base interna (10%).

Dentro de la última revisión sistemática realizada por la Cochrane (72) se encontraron siete tipos de intervenciones diferentes en el tratamiento de la IC:

2. Insuficiencia de convergencia

1. Terapia de acomodación-vergencia en la consulta con refuerzo en casa.
2. Acercamiento con lápiz en casa.
3. Terapia de acomodación-vergencia a través de ordenador en casa.
4. Terapia de acomodación-vergencia en la consulta.
5. Terapia de acomodación-vergencia placebo u otra terapia placebo.
6. Gafas de cerca con prismas.
7. Gafas de cerca placebo.

En la revisión de la Cochrane sobre los tratamientos de la IC para niños, se encontraron 4 estudios aleatorizados y controlados con un número total de 737 pacientes. En todos ellos los tratamientos con mejores resultados fueron: en primer lugar, la combinación de la terapia visual acomodación-vergencia en consulta y en casa; en segundo lugar, la terapia de acomodación-vergencia a través de software de ordenador en casa; y en último lugar acercamiento con lápiz en casa (figura 2).

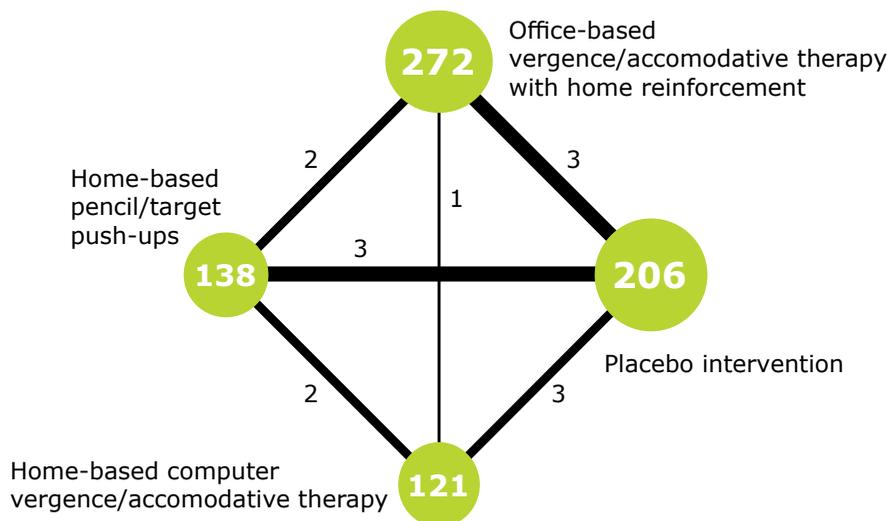


Figura 2: Esquema de distintos estudios de tratamientos de terapia visual en niños junto con el número de pacientes, y los números que se encuentran en las conexiones indican el número de ensayos controlados aleatorizados que comparan los diferentes tratamientos. (Fuente: Cochrane Database 2020)

El tratamiento de la insuficiencia de convergencia en niños mediante terapia visual está respaldado por una amplia bibliografía desde los primeros estudios preliminares de casos publicados en 1973 hasta hoy en día. Uno de los grupos de estudio que más se ha especializado en el tratamiento de esta disfunción binocular es el grupo CITT (*Convergence Insufficiency Treatment Trial*), el cual dispone de más de 40 artículos en revistas indexadas. A continuación, se exponen los resultados de los estudios más relevantes en el tratamiento de la IC, en los que se ha fundamentado parte de la metodología del presente estudio.

En 2005 Scheiman et al.⁽⁵⁸⁾ publicaron un ensayo clínico controlado y aleatorizado con tratamiento en consulta y en casa, con una muestra de 47 niños de edades comprendidas entre 9 y 18 años. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de los 3 grupos de estudio (terapia visual en consulta, terapia placebo en consulta y acercamiento con lápiz en casa). Después de 12 semanas de tratamiento, se observó que la terapia en consulta resultó significativamente más efectiva que la terapia placebo y que la terapia exclusiva en casa. La terapia visual en consulta redujo los síntomas (evaluados con el CISS) y los signos frente a los otros dos tratamientos.

Entre los estudios del grupo CITT destaca el publicado en 2009. Se trata de un ensayo controlado y aleatorizado, en una población de 79 niños con edades comprendidas entre 9 y 17 años, sobre el mantenimiento de los resultados tras el tratamiento con terapia visual. Los sujetos fueron asignados aleatoriamente a uno de los 3 grupos de estudio (acercamiento con lápiz en casa, terapia acomodación-vergencia junto con acercamiento con lápiz en casa y terapia visual placebo). Se pautaron 12 semanas de terapia visual y además terapia de mantenimiento durante 6 meses para casa. El tiempo establecido para la terapia de mantenimiento fue 15 minutos 1 vez por semana. Concluyeron que después de 12 meses de finalizar el tratamiento, el grupo que realizó terapia acomodación-vergencia fue el que mejor mantuvo su mejora en signos y síntomas de la IC ⁽⁸¹⁾.

Borsting et al. ⁽⁸²⁾ en 2012 realizaron un ensayo clínico controlado y aleatorizado, con 218 niños con edades comprendidas entre 9 y 17 años. Se evaluó el cambio en los síntomas en pacientes con IC sintomática tras realizar terapia visual, a través de un cuestionario de comportamiento académico (ABS: Academic Behavior Survey). Los pacientes fueron asignados aleatoriamente a uno de los 4 grupos de tratamiento (acercamiento con lápiz en casa, acercamiento con lápiz junto con software para trabajo acomodación-vergencia en casa, terapia visual acomodación-vergencia en consulta con refuerzo en casa y terapia visual placebo

con refuerzo en casa). Finalmente, tras 12 semanas de tratamiento se observó que los sujetos que mejoraron la IC con el tratamiento, redujeron los malos resultados académicos y la preocupación de los padres por la lectura y los deberes.

Shin et al. ⁽⁸³⁾ en 2011 corroboraron que las mejoras conseguidas en el tratamiento de la IC con terapia visual se mantuvieron 1 año tras finalizar la terapia. Este fue un estudio prospectivo comparativo (2 cohortes) en el que participaron 55 niños con edades comprendidas entre 9 y 13 años, de los cuales 27 presentaban el diagnóstico de IC y 30 presentaban diagnóstico de IC más insuficiencia acomodativa (IA). Los sujetos recibieron aleatoriamente tratamiento o no durante 12 semanas, pasado este tiempo se observaron cambios estadísticamente significativos en la mejora de los síntomas en el grupo que recibió tratamiento respecto al grupo control. Tras un año, desde que finalizaron el programa de terapia visual se observó que los resultados conseguidos se mantuvieron.

En 2010 el grupo CITT estudió la evolución del tratamiento en sujetos con IC en el tiempo. El diseño del estudio fue similar al descrito anteriormente, de forma que los 221 sujetos de edades comprendidas entre 9 y 17 años, fueron asignados aleatoriamente a uno de los 4 grupos de tratamiento: acercamientos con lápiz en casa, acercamiento con lápiz en casa junto con refuerzo acomodación-vergencia con programa de ordenador, terapia acomodación-vergencia en la consulta con refuerzo en casa y terapia visual placebo en consulta con refuerzo en casa. Los sujetos realizaron tratamiento durante 12 semanas. En la revisión tras 4 semanas de entrenamiento visual se consiguieron mejoras en los signos de IC (PPC y VFP); siendo el grupo que realizó trabajo en consulta y en casa el que presentó unos resultados más altos de mejora respecto a los otros grupos de tratamiento. Además, se realizó otra revisión tras 8 y 12 semanas en las cuales el grupo que realizó terapia en consulta y en casa siguió mejorando los valores de VFP ⁽⁸⁴⁾.

El tratamiento de la IC en adultos fue estudiado por Birnbaum et al. ⁽⁸⁵⁾ en un estudio prospectivo comparativo con una muestra de 60 sujetos adultos mayores de 40 años que presentaban IC. Los sujetos se distribuyeron de manera aleatoria en tres grupos de tratamiento: terapia visual en la consulta con refuerzo en casa, terapia visual solo en casa y grupo control. Los resultados mostraron un 62% de éxito en el grupo que realizó terapia visual en la consulta y refuerzo en casa; frente al 30% del grupo que solo realizó terapia visual en casa. También se incluyó en la revisión de la Cochrane la eficacia del tratamiento de IC en adultos con terapia visual, viendo que la terapia de acomodación vergencia sería una de las opciones de tratamiento ⁽⁷²⁾.

En pacientes adultos con IC también se estudian los cambios en el sistema visual, tanto a nivel de signos clínicos optométricos como los cambios cerebrales a través de neuroimagen. En 2010 Álvarez et al. (70) llevaron a cabo un estudio prospectivo comparativo en el que se compararon las resonancias magnéticas funcionales pre - post terapia visual (TV) acomodación-vergencia (18 horas de duración del tratamiento). Las resonancias magnéticas funcionales mostraron cambios en los patrones neuronales después de haber finalizado el tratamiento a los 4 y 12 meses (figura 3). Encontrando correlación entre los signos clínicos y corticales de los cambios que produce la terapia visual en el cerebro.

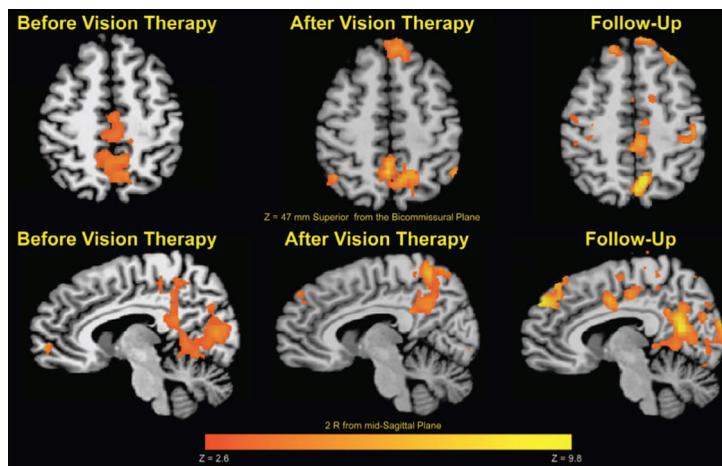


Figura 3: Vista axial y sagital de los datos del experimento de imágenes funcionales que estudia la evolución en sujetos con IC. Las imágenes de la columna de la izquierda son el promedio del conjunto de datos antes de la terapia visual, la columna del medio es posterior a la terapia visual y la columna de la derecha es de una exploración de seguimiento. En promedio, se observan aumentos en la extensión espacial (cantidad de activación significativa) y / o en la intensidad cuando se comparan las exploraciones antes y después (Fuente: Álvarez et al. (70) *Optom and Vision Science*)

En adultos presbítas también se ha utilizado como tratamiento pasivo de la IC la prescripción de prismas base interna (86,87). Estos estudios concluyen que la prescripción de prismas en las lentes progresivas mejoró los síntomas (puntuación CISS) y los signos (reduciendo la exoforia en cerca y el punto próximo de convergencia) en paciente de IC. Sin embargo, la prescripción de prismas en niños con IC no mostró cambios significativos ni en los síntomas (CISS) ni en los signos respecto a un grupo placebo (88).

Ciuffreda ⁽⁸⁹⁾ concluye que es posible realizar tratamiento de terapia visual tanto en niños como en adultos obteniendo una intervención exitosa incluso en estrabismos y traumatismos cerebrales. La plasticidad cerebral y más específicamente la plasticidad del sistema visual, redescubiertas por Oliver Sacks y Susan Barry, sugiere que la visión binocular en el siglo XXI sigue siendo un área importante y en constante crecimiento, tanto a nivel de investigación como a nivel de la clínica ⁽⁸⁹⁾. "Si el sistema binocular funciona adecuadamente potencia la mayoría de actividades cerebrales motoras si no funciona solo puede interferir" (John Ratey. El cerebro manual de instrucciones) ⁽⁹⁰⁾.

2.5. Generalidades de la terapia visual

Historia de la terapia visual

Los primeros estudiosos de la visión se preocuparon de buscar soluciones a los problemas refractivos para mejorar la agudeza visual y la corrección de estrabismos, es decir, "enderezar los ojos". El primer registro encontrado en el tratamiento del estrabismo data del año 1500, fue efectuado por un físico griego Paulus Aeginata, que utilizó una máscara con dos agujeros centrales delante de cada pupila, por donde el paciente tenía que mirar, para así "enderezar los ojos". A partir de esta época (Siglo XVI) Ambroise Paré empezó a utilizar parches y ocluidores estenopéicos con los que obligaba a sus pacientes a centrar los ojos para poder ver. También en este siglo se utilizan los flashes de post-imagen en los tratamientos de pacientes estrábicos ⁽⁹¹⁾. Casi 200 años más tarde (año 1722), con el descubrimiento del desplazamiento foveolar, los investigadores se dieron cuenta de que los tratamientos con máscaras no eran eficaces y que el paciente con estrabismo torcía uno de los dos ojos también debajo de la máscara, utilizando de manera exclusiva el ojo fijador.

Buffón en el S.XVII tras muchas investigaciones, puso de manifiesto el diagnóstico y el tratamiento de "ojos cruzados", además de poner en evidencia que el estrabismo no solo era un componente motor y estético. Entre las soluciones de tratamiento utilizó el parche en el ojo fijador y la utilización de la corrección óptica.

En el S.XIX comenzaron a tener en cuenta factores como la agudeza visual, la fijación, la localización y la correspondencia sensorial. Fue entonces cuando se empezó a dar importancia a la visión binocular, la ortóptica y se diseñaron los primeros instrumentos para realizar estos procedimientos, como el Estereos-

copio de Wheastone (año 1854). Según datos de la época las primeras escuelas de ortóptica fueron la inglesa (Worth) y la francesa (Javal) (92).

En el año 1980 se produjo un cambio revolucionario en el concepto de la terapia visual, como consecuencia de las investigaciones de Hubel y Wiesel (93). El descubrimiento de la plasticidad sináptica a nivel cerebral, evidencia que la visión es potencialmente entrenable. Cambia entonces el antiguo concepto de ortóptica por el actual de entrenamiento visual (93). La neuroplasticidad del sistema visual respalda los trabajos realizados por el programa de extensión optométrica (OEP) fundada en el año 1928 y los denominados cuatro círculos de Skeffington, donde se describe que la visión es un proceso dinámico que emerge de la combinación de diferentes espacios y áreas (figura 4). Además, durante esos años el Dr. Brock (año 1940) describió la importancia de la visión central y periférica, Sutton Nichols el concepto de coordinación ojo-mano, el Dr. Hart y el Dr. Marsdem hicieron hincapié en los movimientos oculares (año 1950) y el Dr. Wachs estableció la relación entre el desarrollo del individuo y de su visión (año 1972) (94).



Figura 4: Esquema círculos de Skeffington (fuente: elaboración propia a través de diversos recursos bibliográficos, Adaptado de la "Optometric Extension Program Foundation" Capítulo 1 Paul A.Harris.)

Gracias a todo esto, cada vez se han ido perfeccionando más las técnicas de diagnóstico, así como, el tratamiento de las anomalías visuales con terapia

visual. Cada programa de terapia visual y cada procedimiento hay que adaptarlo a cada paciente. La personalización del tratamiento evita que fracase el programa en la consecución de los objetivos. Una de las claves del correcto empleo de la terapia visual es entender cada habilidad visual per se y poder entrenarla y adaptarla al nivel adecuado para cada paciente.

En los últimos años se han publicado estudios bien diseñados, que permiten disponer de evidencia sobre la utilidad de la terapia visual y otras herramientas terapéuticas (prescripción de prismas), para mejorar las distintas habilidades visuales. Esto ha permitido que la evidencia clínica manifestada por los optometristas se vea respaldada por la evidencia científica con resultados muy sólidos.

La terapia visual tiene un margen muy amplio de aplicación: desde el tratamiento en disfunciones binoculares, acomodativas y oculomotoras (65,95-98), hasta en las ambliopías y estrabismos (99,100), donde cada vez son más conocidos los beneficios de un tratamiento activo frente al uso exclusivo del parche (101).

También se aplica la terapia visual con resultados exitosos en problemas visuales secundarios a traumatismos craneoencefálicos. En estas personas se puede haber producido una descompensación del sistema visual que afecta a la visión binocular, aunque presenten buena agudeza visual y de forma monocular “no se encuentre problema”. La Dra. Álvarez pone de manifiesto con electroencefalogramas y resonancias magnéticas como cambia el mapeo cerebral tras un programa de terapia visual en estos pacientes (26,70).

Pautas generales de la terapia visual

Para aplicar un programa de terapia visual se debe tener en cuenta los procedimientos de entrenamiento utilizados y adaptados a cada paciente, cumpliendo las características que se detallan a continuación (1).

1. El procedimiento de terapia visual siempre debe aplicarse en función de los resultados del examen optométrico del paciente. Los resultados obtenidos son los que indican qué áreas son deficitarias, cuales se pueden mejorar y qué prioridad se debe seguir. También indican si existe alguna alteración que no es susceptible de tratar con terapia visual, en cuyo caso el profesional debe ser honesto y no levantar falsas expectativas en el paciente.

2. El procedimiento de terapia visual debe ser rápido y efectivo. Desde el primer momento se deben fijar y tener claros los objetivos del optometrista y del paciente. Sobre estos se diseña un protocolo encaminado a conseguir los primeros objetivos en base al orden de prioridades establecido, lo que da valor a la terapia y motiva al paciente viendo que sus objetivos se van cumpliendo. Es responsabilidad del entrenador (optometrista o terapeuta) informar al paciente porque realiza ese procedimiento y que relación guarda con sus objetivos.

3. El procedimiento de terapia visual debe seguir un orden cronológico y evolutivo, iniciándose en función de la capacidad visual y cognitiva del paciente. Es fundamental empezar en el nivel crítico de dificultad del paciente (encontrar el "High Level"), este nivel supone un reto adecuado, ya que le requiere esfuerzo en su justa medida produciéndose así un trabajo en la curva del aprendizaje. Si el nivel es demasiado alto ("High High Level") el paciente se frustrará y terminará abandonado la tarea; al igual que si el nivel es demasiado bajo ("Low Level"), no supondrá ninguna dificultad para el paciente y es improbable que ejerza alguna acción positiva sobre él.

4. El procedimiento de terapia visual debe ir aumentando en dificultad a medida que las habilidades mejoren, los protocolos se componen de ejercicios específicos para la función que se quiere mejorar. Iniciándose en el ya mencionado nivel adecuado de cada paciente ("High Level") y subiendo el nivel progresivamente, siempre y cuando lo consiga, hasta llegar a niveles de mayor complejidad.

5. El procedimiento de terapia visual debe ser individual, único y personal. Siguiendo una serie de pautas de ejercicios específicos adaptando cada uno a las necesidades del paciente.

6. El procedimiento de terapia visual debe tener un aspecto lúdico, que junto con un ambiente seguro para el paciente hace que la terapia visual sea divertida y motivacional. Estos aspectos preparan al cerebro para el aprendizaje, mejorando así las habilidades visuales y haciendo que estos cambios perduren en el tiempo.

7. El procedimiento de terapia visual debe realizarse en la consulta y en casa. El entrenamiento diario o durante al menos 5 días en semana ayuda a mejorar las distintas áreas y habilidades visuales, produciendo un aprendizaje a nivel cortical y creando nuevos patrones de visión que se asemejen a

un modelo óptimo. Todo esto sin necesidad de repetir el entrenamiento una vez finalizado el programa, ya que los cambios conseguidos se producen a nivel de sistema nervioso.

El éxito de un programa de terapia visual depende principalmente del correcto manejo de la disfunción y del paciente que en caso de que sea un niño, es fundamental también la colaboración de los padres. El tiempo que se recomienda y el esfuerzo consciente para realizar los ejercicios en casa deben seguirse exactamente como indica el optometrista que dirige esta terapia.

Tipos de técnicas de terapia visual

La terapia visual como método de tratamiento, con resultados contrastados y con base científica, se puede clasificar en dos grandes grupos: la terapia visual pasiva y la terapia visual activa.

- Se denomina **terapia visual pasiva** a aquella que utiliza procedimientos que no requieren de manera expresa, la colaboración plena del paciente.

Dentro de la terapia visual pasiva se incluye: 1) la corrección óptica siempre que el paciente la precise, ya sea mediante gafas o lentes de contacto; 2) la prescripción de lentes positivas para disminuir el estrés visual en visión próxima; 3) la utilización de filtros de diferentes densidades, como los filtros de Bangerter utilizados en el tratamiento de la ambliopía; 4) filtros de colores prescritos en lentes oftálmicas, para mejorar el contraste o mejorar la calidad visual en ciertas patologías; y 5) el uso de prismas, ya sea tallados en la lente oftálmica o tipo Fresnell, para mejorar el reflejo postural o en el tratamiento de anomalías binoculares, como la insuficiencia de convergencia.

- Se denomina **terapia visual activa** aquella en la que la ejecución de procedimientos y técnicas requiere colaboración del paciente y además se puede realizar en la consulta y en casa.

En la terapia visual activa se utilizan procedimientos muy diversos, que van desde los más tradicionales hasta los programas y aplicaciones informáticas más sofisticadas. Estos procedimientos, permiten el control y la monitorización de las habilidades trabajadas, para

la mejora de la eficacia visual en la binocularidad, la acomodación, la relación acomodación-vergencia y los movimientos oculomotores (mantenimiento de la fijación, sacádicos predictivos y no predictivos, seguimientos...). También permiten trabajar habilidades implicadas en el procesamiento de la información visual para mejorar el rendimiento y optimizar el funcionamiento del sistema visual. Se pueden aplicar en niños, deportistas o pacientes que han sufrido un traumatismo craneoencefálico o un ictus. En el caso particular de pacientes con una disfunción binocular de IC, objetivo del estudio de esta tesis, la terapia visual activa es el método de elección.

El tratamiento de terapia visual activa de acomodación-vergencia se realiza de forma conjunta mostrando cambios en las habilidades de acomodación y vergencia de forma paralela. Esto se basa en los estudios de Hung y Ciuffreda (3) que determinan mediante un diagrama la relación entre la acomodación y la vergencia (figura 5). Así al mejorar la convergencia proximal el sistema acomodación-vergencia puede mejorar la respuesta acomodativa.

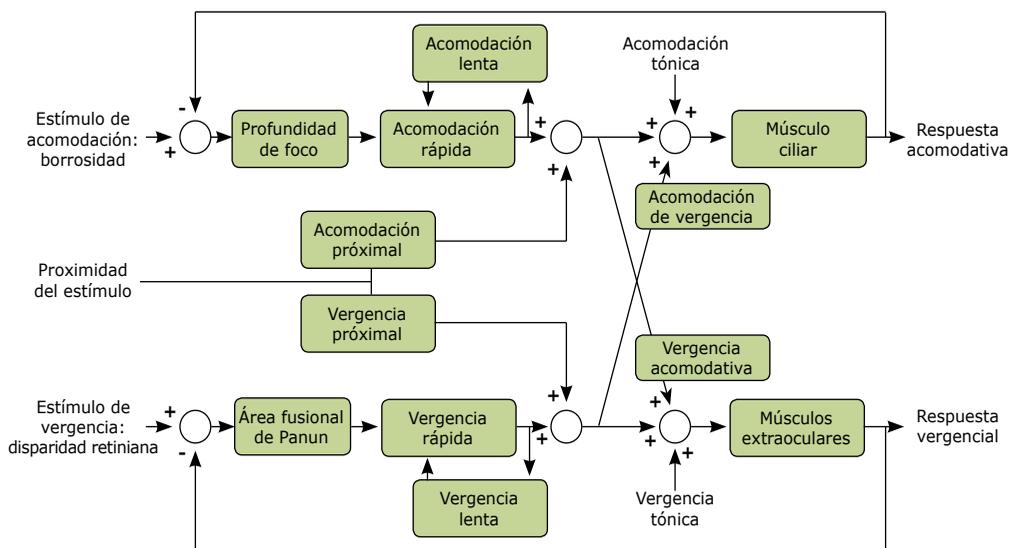


Figura 5: esquema Hung & Ciuffreda de la contribución proximal a un modelo estático lineal de acomodación y vergencia (Fuente: Elaboración propia a través del recurso de OPO (3))

3. La fototerapia

En medicina, la luz es utilizada en tres categorías principales: diagnóstico por imagen, cirugía láser y terapia o fototerapia activada por luz. Con respecto a la fototerapia, la exposición humana a la luz ha demostrado impactos tanto visuales como no visuales, incluidas las funciones de la retina, los ritmos circadianos, procesos metabólicos, sueño, estado de ánimo y crecimiento. Además, su intensidad y longitud de onda se pueden modificar para lograr efectos terapéuticos ⁽¹⁰²⁾.

La luz ha sido utilizada con objetivo terapéutico desde la antigüedad. Los egipcios filtraban la luz solar a través de las piedras preciosas, los griegos construyeron ciudades "Solárium" en las altas montañas, aprovechando la luz ultravioleta en los tratamientos de la tuberculosis; y la luz roja se utilizó para reprimir los efectos del virus de la viruela.

En el año 1903 el Dr. N.R Finsen obtuvo el segundo Premio Nobel de Fisiología en Medicina *"En reconocimiento a su contribución al tratamiento de las enfermedades, especialmente el lupus vulgar, con la radiación de luz concentrada, lo que abrió una vía totalmente nueva para la ciencia médica"*. Sus investigaciones se basaron en los efectos fisiológicos de la luz en el tratamiento del lupus vulgar o tuberculoso. Descubrió las propiedades bactericidas de los rayos actínicos (azul, violeta y ultravioleta) sobre los bacilos de la tuberculosis ⁽¹⁰³⁾.

En 1876, Augustus Pleasanton ⁽¹⁰⁴⁾ pensaba que la luz azul estimulaba las glándulas, el sistema nervioso y los órganos. Pancoast en 1877 ⁽¹⁰⁵⁾ determinó que la luz roja estimula y la luz azul relaja el sistema nervioso autónomo. Y en 1878 Babbit publicó *"The principle of light and colour"* ⁽¹⁰⁶⁾, donde hizo referencia a las vibraciones de los colores en la medicina y la luz en el cuerpo. Identificó el color rojo como estimulante, sobre todo de la sangre y en menor medida de los nervios; el amarillo y naranja como estimulantes nerviosos; el azul y violeta como calmantes para todos los sistemas y con propiedades antiinflamatorias. Los tres autores coinciden en que los colores azules relajan más el sistema y los rojos estimulan. Aunque en un análisis crítico sobre la utilización de diferentes terapias se concluyó que todo ello fue diseñado sin unos fundamentos sólidos científicos, las prácticas experimentales con pacientes fueron su base ⁽¹⁰⁷⁾.

Desde la medicina hoy en día se llevan a cabo numerosos tratamientos con el uso de la fototerapia que se pueden dividir en dos categorías.

- Tratamientos con un efecto suficientemente conocido y clínicamente probado, como son: el tratamiento de fototerapia en neonatología para tratar la hiperbilirrubinemia ⁽¹⁰⁸⁾; el tratamiento de la psoriasis por su efecto antiinflamatorio ^(109,110); en la síntesis de vitamina D para ayudar a la absorción del calcio en el tejido óseo y en forma de terapia fotodinámica para tumores en la piel o mucosas ⁽¹¹¹⁾.
- Tratamientos en los que tras aplicar luz se observan cambios, aunque no es del todo conocido el mecanismo de acción: por ejemplo en trastornos depresivos estacionales y no estacionales ⁽¹¹²⁻¹¹⁴⁾, en el tratamiento del Alzheimer ⁽¹¹⁵⁾, en la regulación de los ritmos circadianos ⁽¹¹⁶⁾, preventivo en la retinopatía de bebés prematuros ⁽¹¹⁷⁾, en el tratamiento de ojo seco ⁽¹¹⁸⁾, en el tratamiento de drusas maculares ⁽¹¹⁹⁻¹²¹⁾ y en el tratamiento con fototerapia en ambliopías y estrabismos ^(122,123). Recientemente la exposición a luz roja del espectro visible (670 nm), ha mostrado una mejora significativa en la función mitocondrial de las células de la retina, mejorando la visión del color en personas mayores ⁽¹²⁴⁾.

3.1. Fototerapia en optometría

La fototerapia optométrica fue diseñada con el objetivo de mejorar las habilidades en diversas disfunciones visuales, utilizando filtros con distintas longitudes de onda. Actualmente se necesita más investigación en esta área que aporte evidencia científica, para mostrar su posible eficacia en el tratamiento de anomalías binoculares, como la IC. Para ello es imprescindible disponer de estudios bien diseñados, aleatorizados, con doble ciego y controlados. En caso de estudios multicéntricos, además se debe disponer de un buen protocolo de trabajo, que deben seguir todos los colaboradores.

La técnica de la fototerapia optométrica surgió en 1920 con el Dr. Spitler que describió que la luz y determinadas longitudes de onda que entran a través de los ojos juegan un papel clave en el control de su desarrollo biológico y la función visual ⁽¹²⁵⁾. También llegó a la conclusión que muchas enfermedades sistémicas, mentales, emocionales y visuales eran consecuencia de desequilibrios en los sistemas nervioso autónomo y endocrino. Describió por primera vez que la luz que entra a través de los ojos no sólo sirve para ver, sino que también viaja a otras regiones cerebrales no relacionadas con la visión. Observó que había una implicación de la entrada de luz a través de los ojos con la regulación

de los ritmos circadianos (síntesis de melatonina); y la inervación del sistema visual por el sistema nervioso autónomo o vegetativo. Además, relacionó los filtros que utilizó con la estimulación o la relajación del sistema nervioso simpático y parasimpático.

Este modelo de la fototerapia está basado en observaciones clínicas, terapias pioneras utilizando el color a finales del S XIX, sugiriendo que el rojo (baja energía, longitud de onda larga) en un extremo del espectro visible, estimula el sistema nervioso simpático, con el verde (frecuencias medias) se obtiene el equilibrio fisiológico, y el azul / índigo (de alta energía, longitud de onda corta) activa el sistema nervioso parasimpático ⁽¹²⁵⁾.

En 1941 Spitler publicó su tesis: "*El principio sintónico: su relación con los problemas de salud y oculares*". Esto incluyó un estudio de los resultados clínicos de los profesionales que utilizaron fototerapia optométrica en los tratamientos de anomalías oculares ⁽¹²⁵⁾.

En 1960 Charles Butts desarrolló un protocolo para uso de la fototerapia optométrica, en el que se hacía imprescindible el diagnóstico optométrico previo y el tratamiento aplicado estaba en función de los resultados del mismo. A continuación, se describen con detalle los pasos de los que consta el mencionado protocolo.

1. Cuestionario de síntomas.
2. Examen optométrico: recoge los datos obtenidos en el examen optométrico según los 21 puntos de la OEP (Optometric Extension Program).
3. Respuestas pupilares a la iluminación directa: con una linterna sostenida a unos centímetros de cada ojo se observa si la pupila se contrae rápidamente y si se mantiene la contracción o existe una dilatación o un bombeo que le impide contraer de manera sostenida. El grado de incapacidad para mantener la constricción pupilar se relaciona con la fatiga en la inervación del SNA a nivel ocular. La severidad de la respuesta se correlaciona con disfunción en las habilidades oculomotoras, dando lugar a disminución de los campos visuales funcionales. A este fenómeno lo denominó pupila Alfa-Omega.
4. El campo visual funcional evalúa la visión periférica en cerca y no es comparable con el campo visual convencional, ni en los resultados ni en

la forma de evaluarlo. Deficiencias en los campos visuales funcionales se corresponden con alteraciones en la función binocular y acomodativa, la velocidad de lectura, la comprensión, la habilidad de rastreo y el procesamiento de la información visual (figura 6). Se evalúa en visión próxima mediante un campímetro específico, que cuenta con unas lentes positivas y punteros de diferentes tamaños y colores. El paciente debe fijar en un punto central e indicar al examinador cuando detecta el puntero, que el examinador mueve desde la periferia hacia el centro. Este lo registra en la hoja de respuestas. El primer estímulo se presenta desde la posición superior central y el resto se van presentando el sentido antihorario con una diferencia entre estímulos de 45° , midiendo un total de 8 puntos. Se repetirá este procedimiento con punteros de 4 colores diferentes, siempre en el mismo orden: rojo, azul, verde y blanco. Una vez completado el campo con los colores, se determina la zona que ocupa el nervio óptico midiendo la mancha ciega. Se repite el procedimiento en el otro ojo. Los valores obtenidos se consideran dentro de la norma, siempre que los colores se encuentren en un campo de unos 25° - 30° y la mancha ciega entorno a 5° . Cuando existen disfunciones visuales se suelen encontrar campos visuales inferiores o manchas ciegas superiores. Al igual que en una campimetría convencional también influye el aprendizaje en la ejecución de la prueba.

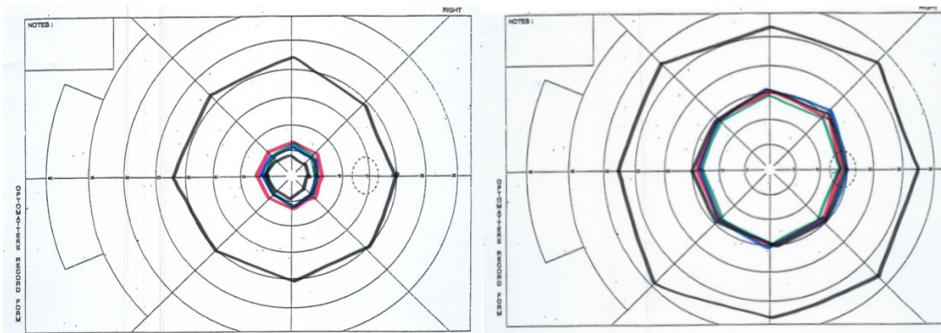


Figura 6: Representación del campo visual funcional antes (alterada-pequeña) y después (más normalizada) de la estimulación con fototerapia optométrica

5. Movimientos oculares: incluye la evaluación del sostenimiento de la fijación, los movimientos de seguimiento y los sacádicos. Se anota si los ojos presentan movimientos asociados de cabeza o lo hacen de manera precisa e independiente. La puntuación se asigna por el examinador, de manera subjetiva, con valores comprendidos entre 1 y 4 puntos, siendo 4 el valor máximo.

6. La selección del filtro se basa en la relación entre las longitudes de onda o colores de los filtros y la inervación del sistema nervioso autónomo (SNA) en el sistema visual, utilizando la llamada Barra de Equilibrio (Figura 7), teniendo en cuenta que:
- Una mayor activación de la vía simpática del SNA implica dilatación pupilar, relajación del músculo ciliar (imposible acomodar) y posturas exofóricas. Las disfunciones visuales características pueden ser: exceso de divergencia, insuficiencia de convergencia, insuficiencia acomodativa, exoforia y/o exotropía.
 - Una mayor activación de la vía parasimpática del SNA implica contracción pupilar, estimulación de la acomodación y posturas endofóricas. Las disfunciones visuales características pueden ser: insuficiencia de divergencia, exceso de convergencia, exceso acomodativo, endoforia y/o endotropía.

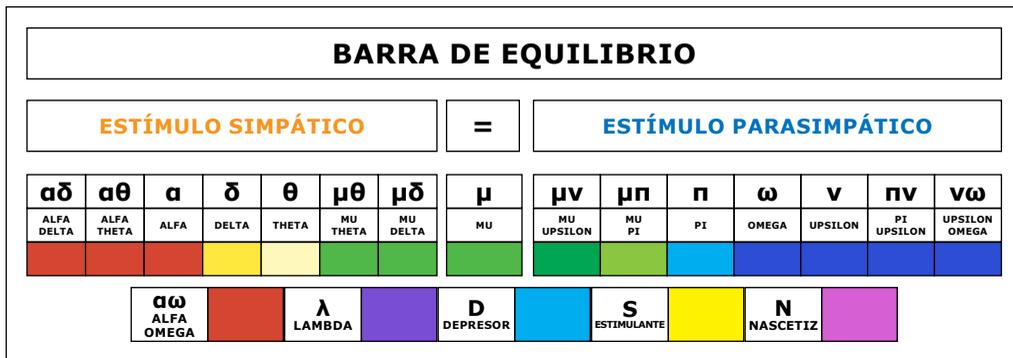


Figura 7: Barra de equilibrio para la elección de filtro de fototerapia optométrica (Fuente: elaboración propia basada en libro azul de fototerapia optométrica)

El filtro se selecciona con el objetivo de encontrar equilibrio o sintonía entre el sistema simpático y parasimpático, de ahí surgió el nombre de "Syntonik". Por tanto, se selecciona el filtro opuesto al sistema que esté más activada del SNA. Se utilizan longitudes de onda altas (rojos $\approx 780\text{nm}$) en situaciones en las que esté más activa la rama parasimpática del SNA y longitudes de onda bajas (azules $\approx 400\text{nm}$) en situaciones en las que esté más activa la rama simpática del SNA. Este empleo es el que, según el Protocolo de Régimen de Tratamiento descrito por Butts, permitirá conseguir el equilibrio o sintonía entre las dos sistemas del SNA.

7. Duración del tratamiento: el paciente es expuesto al filtro/s seleccionado/s durante un máximo de 20 minutos. Se repite esta sesión de cuatro a siete veces por semana con el filtro específico elegido. Se considera que el tratamiento ha finalizado una vez completadas 20 sesiones.

El primer día, tras las pruebas de evaluación, se realiza una primera estimulación con el filtro elegido y se reevalúan los valores optométricos y el campo visual funcional. Si el filtro es el adecuado se pauta para el tratamiento. Cuando el paciente haya completado 8 sesiones, se evalúan de nuevo las habilidades visuales alteradas y los campos visuales funcionales. En este momento se observan los cambios, casi definitivos, y para mantenerlos el paciente debe completar las 20 sesiones.

El filtro se administra a través de un instrumento con una fuente de luz blanca, una lente colimadora en el que se colocan los filtros de absorción de diferentes colores. A este instrumento se le denomina "syntonizer". Existen diferentes modelos de instrumentos, cuatro de ellos fueron caracterizados en la investigación de la Dra. López de la Fuente et al. ⁽¹²⁶⁾ en Julio del 2021. Sus resultados muestran que las características espectrales y de luminancia de diferentes sistemas "syntonizer" varían ampliamente, incluyendo variaciones entre los filtros con la misma característica de identificación.

La evidencia clínica de profesionales de la optometría durante años muestra resultados muy favorables tras el tratamiento con fototerapia optométrica, sin embargo, no se han realizado estudios con un diseño de investigación adecuado, número de pacientes suficientes y rigurosidad en su desarrollo que permitan corroborar lo que sugiere la práctica clínica.

En 2010 Gottlieb invitó a realizar nuevos estudios para crear una base sólida en el tratamiento de fototerapia optométrica, con el fin de validar su uso ⁽¹²⁷⁾. Se basó en que existe suficiente investigación en la función que realiza la luz para modular acciones biológicas, y en los resultados que obtenían optometristas y oftalmólogos con el tratamiento de fototerapia optométrica en su práctica clínica. Uniendo estas dos premisas, concluyó que sería un buen comienzo para realizar más estudios controlados, dando el fundamento científico necesario en la utilización de dicha técnica. Gottlieb indicó que alrededor de 1.200 optometristas y algunos oftalmólogos en Estados Unidos y otros países prescriben la fototerapia optométrica, indicando que desde 1933 se han tratado con éxito disfunciones visuales en niños y adultos. Sin embargo, la mayoría de casos tratados con éxito

no han quedado registrados en revistas indexadas, existiendo solo tres estudios controlados realizados por los optometristas Kaplan, Liberman e Ingersol.

En el primero de ellos, del año 1983 R. Kaplan ⁽¹²⁸⁾ publicó un estudio basado en los cambios que producía la fototerapia optométrica en niños con problemas de lectura. Basó su hipótesis inicial en que investigaciones previas sugerían que los niños con problemas de lectura presentaban unos campos visuales funcionales reducidos. En el estudio presentó la medida del campo visual funcional de un total de 22 niños, que se dividieron en 3 grupos:

- El grupo experimental (9 niños que se encontraban en un nivel de lectura dos grados inferiores al nivel que le correspondía para su edad).
- El grupo control 1 (4 niños que se encontraban en un nivel de lectura significativamente inferior al nivel que les correspondía para su edad).
- El grupo control 2 (9 niños, que estaban en desventaja en lectura, pero no muy por debajo del nivel que les correspondía para su edad).

Los niños del grupo experimental fueron expuestos a luces de colores con frecuencias específicas (los filtros usados con su longitud de onda fueron "alpha" = 630-770nm, "omega" = 390-450nm, "mu" = 490-550nm, "delta" = 590-630nm), mientras que los niños del grupo control 1 recibieron tratamiento placebo exponiéndolos a luz blanca, y los niños del grupo control 2 fueron tratados con un programa de terapia visual activa diseñado para tratar los problemas de disfunciones binoculares.

Los resultados corroboraron la hipótesis inicial, los niños que tenían dificultades para la lectura presentaba un campo visual funcional significativamente menor. Se observó que antes del tratamiento los sujetos con problemas de lectura (grupo experimental) presentaron un campo visual funcional de 18,4-18,8 grados en el ojo derecho e izquierdo respectivamente; los sujetos pertenecientes al grupo control 1 presentaron un campo visual funcional de 30 grados y los sujetos del grupo control 2 presentaron un campo visual funcional de 20,63-24,73 grados en el ojo derecho e izquierdo, respectivamente.

Tras el tratamiento de fototerapia optométrica observó que el tamaño de los campos visuales funcionales cambió en los niños del grupo expe-

rimental, obteniendo un campo visual funcional de 39,2-43,9 grados (mejoró un 55% de media) en el ojo derecho e izquierdo respectivamente. El grupo control 1 (terapia placebo) mostró unos campos inferiores a los iniciales. El grupo que recibió el tratamiento de terapia visual activa mejoró un 8,7% de media el campo visual funcional.

Concluyó que basándose en la observación clínica la terapia visual puede ser intensificada/mejorada con el uso en paralelo de la fototerapia optométrica y planteó que en futuros estudios se podría explorar si los campos visuales funcionales reducidos se pueden generalizar en una población más grande con problemas de lectura.

Las limitaciones del estudio de Kaplan residen en que los grupos de tratamiento no presentaban las mismas características iniciales y no aporta datos optométricos de los participantes. Futuros estudios se deberían diseñar de forma que todos los participantes partan de las mismas condiciones y que presenten datos optométricos para ver si realmente esta técnica podría ser usada por los profesionales de la visión.

El segundo estudio fue publicado por J. Liberman (año 1986), sobre los efectos de la fototerapia en el campo visual funcional y en las funciones cognitivas como la memoria visual ⁽¹²⁹⁾. La muestra de 36 sujetos, fue dividida en dos grupos: 18 fueron asignados al grupo experimental, y los 18 sujetos restantes se asignaron al grupo control. El grupo experimental realizó un tratamiento con fototerapia optométrica, durante 20 minutos un total de 20 sesiones, aproximadamente 4 sesiones por semana. Las frecuencias de onda de los filtros fueron asignados a los pacientes en función de los resultados en su evaluación optométrica:

- Los sujetos con un campo visual funcional reducido y una foria dentro de los límites normales, el filtro seleccionado fue "mu-delta" (amarillo-verde) = 500-590 nm.
- Los sujetos con un campo visual funcional reducido y una exoforia alta, el filtro seleccionado fue "upsilon-omega" (índigo) = 400-500 nm.
- Los sujetos con un campo visual funcional reducido y una endoforia alta, el filtro seleccionado fue "alfa-delta" (rojo) = 620-770 nm.
- Los sujetos del grupo control no recibieron ningún tipo de tratamiento.

Los resultados del estudio reflejaron aumentos estadísticos del campo visual funcional en los sujetos del grupo experimental y reducción del campo visual funcional en los sujetos del grupo control. También concluyen que la fototerapia optométrica tiene efecto en un amplio rango de áreas visuales, académicas, cognitivas y emocionales. Se basaron en pruebas de memoria visual (Visuo-Verbal; Visuo-Motora; Auditivo-verbal), y movimientos oculares sacádicos (velocidad y precisión test de sacádicos de Pierce). También consideraron las apreciaciones de los sujetos del grupo experimental, que informaron de mejoras en sus resultados académicos y una mejora significativa de su escritura. El autor del estudio anima a usar la fototerapia optométrica combinada con otros tratamientos de terapia visual al igual que invita a realizar más investigaciones sobre los efectos tan potentes de la fototerapia optométrica.

El tercer estudio lo realizó S. Ingersoll ⁽¹³⁰⁾ en 1999. Investigó el impacto de la fototerapia optométrica y de las técnicas de aprendizaje visual integrado (IVL: Integrated Visual Learning) en el campo visual funcional, en los movimientos oculares y en la lectura. El grupo estudiado fue de 228 niños, dividido en dos grupos y cada uno de estos en 4 grupos (Fototerapia optométrica, IVL, combinación de fototerapia optométrica + IVL y grupo control). Las pruebas evaluadas fueron los campos visuales funcionales y la eficacia en la lectura con el Visagraph, que mide los movimientos oculares.

En los resultados concluyó, con un 95% de confianza, que los grupos que fueron tratados con fototerapia optométrica sola o en combinación con IVL mejoraron 8,97° y 6,77° más, respectivamente, el campo visual funcional en comparación con el grupo control. En el grupo que solo hizo IVL no se observó una mejora de campo estadísticamente significativa. Los resultados obtenidos en las pruebas de lectura demostraron que las mayores mejoras fueron las del grupo de tratamiento de la combinación de fototerapia junto con IVL, consiguiendo un 13,88% más en la velocidad lectora y un 8,3% en la comprensión lectora. Por esto, concluye que la técnica de elección sería la combinación de los dos tratamientos, ya que solo cuando se incluye la técnica de la fototerapia se mejora el campo y las habilidades lectoras.

Ingersoll indicó que son necesarios más estudios de los efectos de la fototerapia optométrica sola o en combinación con IVL, ya que este estudio representó una intervención a corto plazo. En las limitaciones de este estudio

destacan que los grupos de sujetos no fueron homogéneos, no realizaron el mismo número de sesiones y no consideró incluir grupo placebo.

Se siguen registrando publicaciones relacionadas con la fototerapia optométrica. J. Searfoss publicó en el año 2000 "*Loss of Visual Sensitivity in School Age Children*" (131). Encontró que el 20% de los niños en los cursos 3º a 10º tenían campos visuales funcionales reducidos. La reducción en los campos visuales conducía a una disfunción del procesamiento visual con una pérdida de integración paralela de los sistemas Periferia-Centro (Magno-Parvo), lo que se traducía en un desequilibrio entre la información visual que llega a través de la ruta central (vía retino-cortical) y la ruta periférica (Vía retino-tectal y vía retino-hipotalámica). Todo esto se acompañó de pérdida de flexibilidad en la atención visual, tanto sostenida como dividida (ventana atencional). Searfoss enfatizó el papel de la atención en el aprendizaje y en el campo visual funcional y concluyó que sin atención no puede haber percepción visual.

En 2009 Wallace publicó un artículo de revisión, con el objetivo de proporcionar una introducción a la fototerapia optométrica, revisando las vías de estimulación ocular, los modelos científicos y los protocolos de diagnóstico y tratamiento. Concluyó que el uso de la fototerapia optométrica podría estar indicado en pacientes con dificultades oculomotoras, binoculares, de discriminación visual, con campos visuales funcionales reducidos y con dificultades en el procesamiento de la información visual (132).

En 2010 Suttle publicó una revisión bibliográfica sobre la evidencia de métodos activos en el tratamiento de la ambliopía, incluyendo la fototerapia optométrica. Concluyó que para poder establecer el uso clínico de la fototerapia optométrica debía existir mayor base científica, con estudios bien diseñados que aporten pruebas de buena calidad, para decidir si el uso de la fototerapia optométrica en el tratamiento de ambliopía es indicado (99).

En febrero de 2021 Ibrahimí publicó los últimos avances sobre uso de la fototerapia optométrica en ambliopías y estrabismos. Mostró que la estimulación con luz produce un estado de maleabilidad en el cerebro de pacientes con ambliopía y estrabismos, por el incremento de conectividad cortical, aumentando la actividad neural y proporcionando equilibrio en la comunicación interhemisférica. Considerando la fototerapia optométrica como un estimulador potencial del cerebro que debería ser considerado como una terapia complementaria en el tratamiento de pacientes con ambliopías y estrabismos (122).

Entre los estudios mencionados existen diferentes tipos: desde descripción de casos clínicos, series de casos, investigaciones experimentales y revisiones bibliográficas. Pero es importante remarcar que algunas de ellas presentan limitaciones en el diseño de las investigaciones y solo las más recientes se encuentran publicados en revistas indexadas, lo que hace que la evidencia científica sea todavía de nivel bajo.

Sin embargo, todos ellos concluyen que obtienen buenos resultados mediante la fototerapia optométrica. Por este motivo se decidió incluir un grupo de tratamiento con fototerapia optométrica en este estudio, con un diseño que no presente las limitaciones de estudios previos.

Conflicto de intereses. Financiación

JUSTIFIC

JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

2

La disfunción binocular más prevalente es la IC, afectando al rendimiento visual en las tareas en visión próxima como son: la lectura y la escritura. En estos pacientes también se ve afectada la concentración. Los estudios de prevalencia de la IC muestran gran variabilidad. En España algunos estudios han analizado la prevalencia de disfunciones binoculares en la población universitaria, sin embargo, no existen datos actualizados sobre la prevalencia de IC en una población en edad escolar, siendo un objetivo de la presente investigación estudiar la prevalencia de IC en una población escolar.

La IC es tratada con éxito gracias a la terapia visual activa, eliminando los síntomas y los signos característicos de la IC. Estos programas de terapia visual están compuestos por una serie de procedimientos, que se realizan tanto en consulta como en casa, y suelen tener una duración mínima de doce semanas. Existen suficientes publicaciones, con estudios bien diseñados metodológicamente, que muestran resultados de la eficacia de la terapia visual activa en sujetos con IC. Por lo que se evidencia científicamente que el tratamiento de elección ante una anomalía de IC es la terapia visual optométrica.

La fototerapia optométrica ha sido aplicada recientemente con resultados prometedores en el tratamiento de ambliopías y estrabismos, no encontrando efectos adversos. Existen otras publicaciones que muestran la eficacia de la fototerapia en la mejora de la lectura y la amplitud de campos visuales funcionales. Además, la fototerapia optométrica se está utilizando a nivel clínico para el tratamiento de diferentes disfunciones visuales (mejora de la acomodación, vergencias y estrabismos). Por lo tanto, la evidencia científica de esta técnica es

muy limitada (no existiendo estudios sobre el tratamiento de la IC) y los datos de los que se dispone, concluyen que son necesarias más investigaciones, con estudios bien diseñados, para contrastar el uso de la fototerapia optométrica con otras técnicas de tratamiento en la IC.

El presente estudio se planteó comparar la eficacia y durabilidad de la terapia visual activa y la fototerapia optométrica, de forma individual y combinada, en el tratamiento de la IC. Para ello se diseñó un estudio aleatorizado, doble ciego y con grupo control. Las evaluaciones de las habilidades visuales, la lectura, y el tratamiento de cada paciente se realizó de forma individualizada en consulta siguiendo uno estricto protocolo en cada visita. Los resultados de este estudio podrían ayudar al optometrista a diseñar la estrategia más adecuada para el tratamiento de pacientes con IC.

Conflicto de intereses. Financiación

No existe conflicto de interés por parte del investigador principal, de los directores del proyecto, ni por ninguno de los colaboradores.

Se trata de un estudio que carece de financiación de cualquier tipo, por lo que los resultados se publicarán de manera independiente a la aceptación o rechazo de la hipótesis.

HIPO-

RESIS

HIPÓTESIS



La alta prevalencia de IC en una población no clínica de niños en edad escolar y sin diferencia entre sexos, justifica programas de screenings escolares que incluyan pruebas de visión binocular.

El tratamiento de la IC mediante procedimientos de terapia visual activa mejora en los resultados y durabilidad obtenidos cuando se combina con la fototerapia optométrica.

La fototerapia optométrica por si sola, como método de tratamiento de la IC, alcanza resultados similares a los obtenidos por la terapia visual activa y en menor tiempo.

- 1. Estudio 1. Prevalencia de Insuficiencia de Convergencia**
- 2. Estudio 2. Tratamiento de Insuficiencia de Convergencia**
 - 2.1 Objetivo general**
 - 2.2 Objetivos específicos**

OBJET

RIVOS



OBJETIVOS

1. Estudio 1. Prevalencia de Insuficiencia de Convergencia

Determinar la prevalencia de IC en una población no clínica de niños españoles de edad escolar.

2. Estudio 2. Tratamiento de Insuficiencia de Convergencia

2.1. Objetivo general

Estudiar y comparar los efectos de diferentes métodos de terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia (IC) en una población de estudiantes de edades comprendidas entre 8 y 17 años.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar los resultados obtenidos en los síntomas y signos binoculares (rotura PPC, heteroforia en VP y rotura de la VFP) en tres grupos de tratamiento de terapia visual (fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas) y un grupo control, en pacientes con IC.
- Analizar el efecto del tratamiento mediante fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas en los síntomas y en los

signos binoculares (rotura PPC, heteroforia en VP y rotura de la VFP) de pacientes con IC, así como, valorar la estabilidad de los cambios obtenidos en cada método tras el cese del tratamiento.

- Comparar los resultados obtenidos en otros signos binoculares (recobro PPC, recobro de la VFP, rotura y recobro de la VFN y estereopsis) en tres grupos de tratamiento de terapia visual (fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas) y un grupo control, en pacientes con IC.
- Analizar el efecto del tratamiento mediante fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas en otros signos binoculares (recobro PPC, recobro de la VFP, rotura y recobro de la VFN y estereopsis) de pacientes con IC, así como, valorar la estabilidad de los cambios obtenidos en cada método tras el cese del tratamiento.
- Comparar los resultados obtenidos en la función acomodativa (ARN, ARP, AA y FA) en tres grupos de tratamiento de terapia visual (fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas) y un grupo control, en pacientes con IC.
- Analizar el efecto del tratamiento mediante fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas en la función acomodativa (ARN, ARP, AA y FA) de pacientes con IC, así como, valorar la estabilidad de los cambios obtenidos en cada método tras el cese del tratamiento.
- Comparar los resultados obtenidos en la velocidad lectora en tres grupos de tratamiento de terapia visual (fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas) y un grupo control, en pacientes con IC.
- Analizar el efecto del tratamiento mediante fototerapia optométrica, terapia visual activa y combinación de ambas en la velocidad lectora de pacientes con IC, así como, valorar la estabilidad de los cambios obtenidos en cada método tras el cese del tratamiento.
- Analizar la relación entre la función visual y la velocidad lectora en niños con IC.

- 1. Diseño del estudio**
 - 1.1. E.1. Prevalencia de IC**
 - 1.2. E.2. Tratamiento de IC**
- 2. Sujetos**
 - 2.1. E.1. Prevalencia de IC**
 - 2.2. E.2. Tratamiento de IC**
- 3. Criterios Inclusión y Exclusión**
 - 3.1 E.1. Prevalencia de IC**
 - 3.2 E.2. Tratamiento de IC**
- 4 Cálculo muestral**
 - 4.1 E.1. Prevalencia de IC**
 - 4.2 E.2. Tratamiento de IC**
- 5 Protocolo**
 - 5.1 E.1. Prevalencia de IC**
 - 5.2 E.2. Tratamiento de IC**
- 6 Medidas clínicas**
 - 6.1 E.1. Prevalencia de IC**
 - 6.2 E.2. Tratamiento de IC**
- 7 Análisis estadístico**
 - 7.1 E.1. Prevalencia de IC**
 - 7.2 E.2. Tratamiento de IC**

DISEÑO, SUJETOS, M

MATERIAL Y MÉTODO



**DISEÑO, SUJETOS,
MATERIAL Y MÉTODO**

Esta tesis doctoral consta de dos estudios relativos al estudio de la prevalencia y el tratamiento de la IC.

1. Diseño del estudio

1.1. E.1. Prevalencia de IC

Se diseñó un estudio prospectivo, transversal y multicéntrico. El examen de detección fue llevado a cabo por 6 optometristas experimentados dentro del campo de la visión binocular. Todos ellos, pertenecían al mismo grupo de trabajo de la Universidad San Pablo CEU, utilizaron el mismo protocolo.

1.2. E.2. Tratamiento de IC

En este estudio participaron tres figuras diferenciadas, todos ellos optometristas u oftalmólogos, en las tareas asignadas para conseguir un diseño prospectivo, longitudinal, multicéntrico, aleatorio y doble ciego. Los "colaboradores" fueron aquellos que derivaron pacientes susceptibles de incluir en el estudio. Los "evaluadores" fueron los encargados de tomar las medidas clínicas y los "terapeutas" aplicaron el tratamiento.

Multicéntrico. Los sujetos participantes, todos ellos con IC, procedían de distintos centros de optometría o de oftalmología, colaboradores en la realización del estudio. Estos centros detectaban la existencia de un posible candidato, para lo cual realizaban las medidas optométricas necesarias para verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión. A través del investigador principal, los pacientes fueron derivados a los evaluadores, encargados de realizar todas las medidas clínicas. Tanto los colaboradores como los evaluadores trabajaron con un protocolo muy detallado común. Una vez el paciente fue examinado por los evaluadores se derivó a uno de los centros de terapia donde los terapeutas realizaron el tratamiento. En estos centros, los terapeutas, que previamente habían sido formados para trabajar todos con el mismo protocolo, aplicaron el programa de tratamiento indicado para cada paciente en función del grupo de estudio al que pertenecía.

Aleatorio. Los sujetos participantes se asignaron aleatoriamente a uno de los grupos de los que consta el estudio. La inclusión dentro de cada grupo se hizo desde la Universidad San Pablo CEU, de manera aleatoria, por una persona (siempre la misma) ajena al diagnóstico y tratamiento de los pacientes, mediante una tabla aleatoria randomizada.

Doble ciego. Los terapeutas no tenían información sobre las pruebas realizadas, ni sobre los resultados de las mismas. Del mismo modo, los evaluadores, no tenían información sobre el grupo al que se asignó a cada sujeto, por tanto, desconocían el tipo de terapia que estaba realizando. Por su parte, los pacientes tampoco tuvieron información de los otros tratamientos asignados a los otros grupos. Además, recibieron indicaciones expresas de no hablar del tratamiento que estaban realizando con el evaluador en las revisiones.

2. Sujetos

2.1. E.1. Prevalencia de IC

Para estudiar la prevalencia de IC en niños en edad escolar se invitó a participar a 680 niños de edades comprendidas entre 6 y 14 años, de los cuales 640 niños dieron su consentimiento informado. El estudio se realizó en tres colegios de la Comunidad de Madrid.

2.2. E.2. Tratamiento de IC

Los sujetos de la investigación sobre el tratamiento de la IC fueron reclutados en diferentes centros colaboradores a lo largo de la geografía española.

Para seleccionar a los pacientes con IC se realizaron distintas acciones, ya que reclutar la muestra fue uno de los puntos más difíciles de la investigación.

- Se realizaron revisiones visuales, tipo screening, en 3 colegios en la Comunidad de Madrid, descrito anteriormente.
- Se establecieron relaciones con clínicas oftalmológicas y optométricas privadas.
- Se elaboró un video divulgativo y una nota de prensa con el departamento CEU-media de la Universidad San Pablo CEU para captar candidatos a través de información aparecida en redes sociales.
- Se pusieron anuncios en la Facultad de Óptica y Optometría de la Universidad Complutense de Madrid, donde se informó de las características de los pacientes que se estaban buscando.
- Se utilizaron las redes sociales y dos congresos nacionales de optometría y terapia visual (OPTOM MEETING 19 y SIODEC IV) para informar a los profesionales y solicitar la colaboración en la realización de este estudio.

En todas estas acciones se informó de los objetivos del estudio y también se especificaron los criterios de inclusión para que un paciente pudiera ser referido.

3. Criterios Inclusión y Exclusión

3.1. E.1. Prevalencia de IC

Los Criterios de Inclusión fueron los siguientes:

- Firma del consentimiento informado por parte del tutor, en el que se indica que el candidato es libre y voluntario de participar en el estudio (Anexo 1).

- Edades comprendidas entre 6 y 14 años.
- Agudeza visual de cerca y de lejos con o sin corrección de al menos 0,1 (logMAR).

Los Criterios de Exclusión fueron los siguientes:

- Estrabismo constante.
- Cualquier enfermedad ocular o sistémica que pudiera interferir con la función visual.
- Error refractivo no corregido de más de 0,50 D de miopía, 1,50 D de hipermetropía y / o 1,50 D de astigmatismo.

3.2. E.2. Tratamiento de IC

Los Criterios de Inclusión establecidos fueron los mismo validados por el grupo de estudio de la insuficiencia de convergencia (Convergence Insufficiency Treatment Trial, CITT), en los cuales se especifican unas características estándares en los sujetos diagnosticados de IC ^(5,16,17,59).

Estos Criterios de Inclusión fueron los siguientes:

- Presentar diagnóstico de insuficiencia de convergencia, debe mostrar en el examen optométrico los tres siguientes signos ⁽⁵⁸⁾:
 - Exoforia en cerca, al menos 4 dioptrías prismáticas, mayor que en lejos.
 - Rotura del punto próximo de convergencia (PPC) de 6 cm o más alejado.
 - Rotura de la vergencia fusional positiva (VFP) en cerca insuficiente (menos que el doble de la foria de cerca [criterio de Sheard] o inferior a 15 dioptrías prismáticas).
- Presentar una puntuación igual o mayor a 16 puntos en el cuestionario estandarizado para los síntomas de la insuficiencia de convergencia (CISS-V15) ^(44,45).
- Firma del consentimiento informado por parte del tutor, en el que se indica que el candidato es libre y voluntario de participar en el estudio aleatorizado (Anexo 2).

3. Criterios Inclusión y Exclusión

- Edad comprendida entre 8 y 17 años (según criterio del CITT).
- Cualquier género, raza o etnia.
- No presentar patología asociada, ni estar sometidos a ningún tratamiento farmacológico.
- Presentar agudeza visual $\leq 0,1$ (logMAR) (en cerca y en lejos) con su mejor corrección en cada ojo.
- Presentar un valor mínimo de 500 segundos de arco de estereopsis utilizando el test de puntos aleatorios (Ramdon dot Test)
- Estar emetropizados, en casos de amétropes, con gafas o lentes de contacto, desde al menos 2 semanas antes de realizar las pruebas para su inclusión en el estudio.

Se consideraron Criterios de Exclusión del estudio:

- Haber sido diagnosticado de IC y haber realizado terapia visual previamente durante más de dos semanas, ya sean acercamiento con lápiz o terapia visual en consulta y en casa.
- Presentar ambliopía refractiva (anisométricos e isométricos) o estrábica.
- Presentar un estrabismo constante.
- Historial previo de cirugía estrábica o refractiva.
- Error refractivo elevado. Participantes con las siguientes ametropías quedaron fuera del estudio:
 - Miopía $\geq 6.00D$ esfera.
 - Hipermetropía $\geq 5.00D$ esfera.
 - Astigmatismo $\geq 4.00D$ cilindro.
 - Anisometropías $\geq 2.00D$ de equivalente esférico.
 - Heteroforia vertical $> 1\Delta$

- Presentar enfermedades sistémicas que afectaran a la acomodación, vergencia o motilidad ocular tales como: esclerosis múltiple, enfermedad tiroidea de Graves, miastenia gravis, diabetes o Parkinson.
- Presentar nistagmus manifiesto o latente.
- Presentar diagnóstico de IC secundario a una lesión cerebral adquirida o por otro desorden neurológico.

Después de que los centros colaboradores, comprobaron que el sujeto cumplía con los criterios de inclusión para participar en el estudio, enviaron los datos al investigador principal. Este informó en detalle a los padres sobre el desarrollo de la investigación en cuanto a duración, número de visitas a diferentes consultas y la importancia del cumplimiento del trabajo asignado. Una vez estuvieron de acuerdo en participar, firmaron el consentimiento informado y cesión de datos previa. El estudio contó con la aprobación del comité de ética de estudios clínicos en humanos de la Universidad San Pablo CEU (Código de aprobación: 207/17/05) y el protocolo cumplió con los principios de la declaración de Helsinki (Anexo 3).

4. Cálculo muestral

4.1. E.1. Prevalencia de IC

En la Comunidad de Madrid, se matricularon 713.245 niños de la edad objetivo en el curso escolar 2018/2019 ⁽¹³³⁾. Se aplicó el cálculo de la muestra para poblaciones finitas y el tamaño de la muestra requerida, ($p = 0,5$; $q = 0,5$) para un intervalo de confianza del 95%, fue de 384 niños.

4.2 E.2. Tratamiento de IC

Se realizó el cálculo de la muestra, previo al reclutamiento, mediante el programa Granmo versión 7.12. La valoración se basó en la bibliografía existente ^(5,44,134), teniendo en cuenta un riesgo alfa 0.05, riesgo beta 0.20, con contraste bilateral, razón 1 entre el número de sujetos entre grupos y considerando 10% la proporción prevista de pérdidas de seguimiento. El número de sujetos obtenido para cada variable de la función visual estudiada fue:

- Para el cuestionario CISS diferencia a detectar 10 unidades, con una DS de 6,4 se requirió un $n=8$
- Para la foria medida con Cover test la diferencia a detectar es de 6 Δ , con una DS de 3 se requirió un $n= 5$
- Para el PPC para una diferencia a detectar de 4 cm y una DS de 3; se requirió un $n=10$
- Para la rotura de VFP una diferencia de 10 Δ y DS de 3,8; se requirió un $n=5$
- Se estimó de forma global 10 sujetos por cada grupo

Se obtuvieron 40 sujetos que cumplieron los criterios de inclusión y fueron asignados por el investigador principal de forma aleatoria, gracias a las tablas de aleatorización, a uno de los cuatro grupos de tratamiento propuesto. Así 10 niños con IC formaron cada grupo como indica la figura 8.

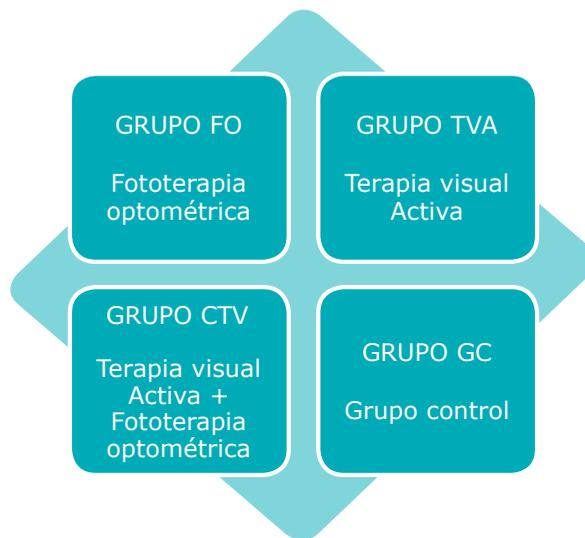


Figura 8: Clasificación de los grupos de tratamiento (fuente: elaboración del autor)

- Grupo de Fototerapia Optométrica (FO): sujetos que solamente realizaron fototerapia optométrica (terapia visual pasiva o tratamiento no invasivo con filtro mu-upsilon, de una determinada longitud de onda). Duración del tratamiento 4 semanas.

- Grupo de terapia visual activa (TVA): sujetos que solamente realizaron terapia visual activa (ejercicios de acomodación-vergencia) en consulta y en casa. Duración del tratamiento 12 semanas.
- Grupo de combinación de ambas terapias (CTV): sujetos que realizaron la combinación de terapia visual activa más fototerapia optométrica. Duración del tratamiento 12 semanas (FO 4S y TVA 12S).
- Grupo control (GC): sujetos que no realizaron ningún tratamiento durante las 24 semanas del estudio.

5. Protocolo

5.1. E.1. Prevalencia de IC.

Las medidas se realizaron en una habitación bien iluminada y aislada de ruidos donde se realizaron en diferentes estaciones cada una de las pruebas incluidas en el protocolo utilizando la misma ficha de registro en todos los colegios (Anexo 4). Se entregó a los padres a través del colegio un informe con los resultados del screening de cada niño, dónde se indicó si el niño debía realizar un examen optométrico completo en el gabinete (Anexo 5).

5.2. E.2. Tratamiento de IC

A continuación, se expone el protocolo seguido para realizar las medidas y el tratamiento a cada niño de forma individualizada. Los niños que aceptaron participar en el estudio fueron citados en una consulta, donde el evaluador, realizó todas la medidas: previa al inicio del estudio (medida Inicial), tras 4 semanas desde el inicio del estudio (medida 4 S), tras 12 semanas desde el inicio del estudio (medida 12 S) y tras 24 semanas desde el inicio del estudio (medida 24 S). Esta última medida fue considerada de seguimiento, en la que el paciente había estado sin realizar ningún tipo de tratamiento durante al menos 12 semanas tras finalizar el tratamiento.

Los evaluadores fueron 4 optometristas que cumplieron estrictamente con el protocolo diseñado, de tal manera que todos ellos realizaron las pruebas del

mismo modo, en las mismas condiciones, sin noción del grupo de tratamiento al que pertenecía el sujeto (garantizando el doble ciego) y se encontraban en centros de trabajo diferentes e independientes a los centros donde los terapeutas realizaban tratamiento (garantizando la confidencialidad y el no traspaso de información).



Figura 9: Esquema del protocolo en orden cronológico de las visitas por los pacientes a los examinadores externos (Fuente: elaboración propia)

Los evaluadores se encontraban en la Universidad San Pablo CEU (Madrid), y dos centros privados uno en Albacete y otro en Valencia. En ninguna de estas localizaciones los pacientes realizaron ningún tipo de tratamiento, en dichos centros el paciente acudía exclusivamente a las revisiones pautadas. El tratamiento fue llevado a cabo por terapeutas diferentes y en centros distintos a aquellos donde se realizaban las evaluaciones. Se contó con 5 centros de optometría en los que se realizó el tratamiento a los sujetos que participaron en el estudio en: Madrid, Albacete, Valencia y Jaén.

Los roles del investigador principal en este protocolo fueron: encontrar pacientes candidatos a participar en el estudio, organizar, informar y coordinar a los pacientes con los centros y confirmar posibles diagnósticos de IC. El investigador principal nunca ejerció de evaluador ni de terapeuta.

6. Medidas clínicas

A continuación, se describen las medidas clínicas que se realizaron en el estudio.

6.1. E.1. Prevalencia de IC

En cada colegio, las pruebas se realizaron en una habitación tranquila y bien iluminada (120 cd/m², Tek Lumacolor II). Los niños que llevaban gafas fueron evaluados con su corrección. Se evaluó la agudeza visual en lejos (6 m) y cerca (40 cm). También fueron evaluadas pruebas de visión binocular: cover test de lejos y de cerca, punto próximo de convergencia y vergencia fusional negativa y positiva (VFN y VFP). Se describen más adelante el método de ejecución de dichas pruebas.

6.2. E.2. Tratamiento de IC

En primer lugar, se describen las medidas previas que realizaron los colaboradores para seleccionar a los pacientes candidatos para participar en el estudio. Los colaboradores realizaron las pruebas diagnósticas de IC, como método de selección; aunque esta medida no fue analizada en los resultados del estudio. Estas pruebas fueron: punto próximo de convergencia (PPC), foria objetiva cerca (CT) y vergencia fusional positiva de cerca (VFP). Por cuestión de orden y simplicidad se describen en el apartado de medidas clínicas del estudio, ya que estos valores tomados por los evaluadores fueron analizados como medida inicial y sucesivas revisiones a las 4 S, 12 S y 24 S. Otras pruebas para verificar criterios de inclusión, realizadas por los colaboradores fueron agudeza visual en lejos y cerca, refracción subjetiva binocular (retinoscopia y autorefractometría), función de sensibilidad al contraste (FSC), percepción del color y salud ocular (biomicroscopia y reacción pupilar).

En segundo lugar, se describen las medidas propias del estudio que realizaron los evaluadores, para diagnosticar la IC y otras pruebas binoculares, acomodativas y de velocidad lectora. Estas pruebas son:

- Cuestionario de síntomas CISS V-15,
- Pruebas binoculares: punto próximo de convergencia (PPC), heteroforia (objetiva y subjetiva), vergencia fusional positiva y negativa de cerca (VFP/VFN), y estereopsis.
- Pruebas acomodativas: acomodación relativa negativa y positiva (ARN/ARP), amplitud de acomodación (AA), flexibilidad acomodativa monocular y binocular (FAM, FAB).
- Velocidad lectora.

Las fichas utilizadas para registrar los datos de cada participante se incluyen en los Anexos: 6 (ficha de pruebas del colaborador), 7 (cuestionario de síntomas CISS), 8 (ficha de pruebas binoculares, acomodativas) y 9 (registro de lectura).

Las medidas en visión lejana se realizaron a 6 metros con la iluminación de la sala (aproximadamente 320 lux, Tek Lumacolor II). Las medidas en visión próxima se realizaron a 40 cm con la iluminación de la sala más un foco de luz adicional sobre la tarjeta de cerca (luminancia 120 cd/m², Tek Lumacolor II), evitando reflejos.

6.2.1. E.2: Medidas previas

A continuación, se describen las pruebas que se realizaron a todos los participantes para decidir su inclusión en la investigación según los criterios establecidos en el apartado "criterios de inclusión y exclusión". Las pruebas fueron las siguientes:

Agudeza visual

Se midió la agudeza visual sin corrección y/o con corrección de lejos y cerca, si los sujetos eran usuarios de gafas o lentes de contacto, en condiciones monoculares y binoculares. El test utilizado para lejos fue el optotipo de letras ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Standardized ETDSV-ESV-3000) con un contraste del 100%.

Refracción.

Se realizó el examen subjetivo binocular buscando el máximo positivo con la máxima AV (MPMAV) y realizando el equilibrio biocular con filtros polarizados. Previamente se realizaron medidas objetivas de retinoscopia estática, retinoscopia de Mohindra, y autoqueratometría. El material utilizado fue: retinoscopio (Welch Allyn® Elite™ de 3.5V), reglas de retinoscopia, autoqueratometro (KR-800 Topcon®), gafa de prueba y caja de lentes de prueba.



Figura 10: Material utilizado para la refracción como autorrefractómetro, retinoscopio y reglas de retinoscopia.

Sensibilidad al contraste

Se midió con el test de sensibilidad al contraste con el test CSV 1000E (Vector-Vision Dayton, OH) de forma monocular a 2 m. Los resultados se anotaron en la ficha propia del test para poder obtener la curva, y se valoró si estaba dentro de los límites normales.

Percepción del color

Se utilizó el test de Ishihara (Dr. Shinobu Ishihara, M.D., Dr. Med. Sc. Kanehara Trading Inc. CE Luneau S.A. Tokyo. Japón), que determina si hay alguna anomalía congénita del color. Se realizó de manera monocular.

Salud visual

Dentro de estas pruebas se incluyó la evaluación de polo anterior, con el uso de lámpara de hendidura (biomicroscopía). Con el uso de una linterna de luz puntual

halógena (no led) se evaluó la reacción pupilar, anotando si ambas pupilas son isocóricas, normorreactivas, sin defecto pupilar aferente relativo (PICNR no DPAR)

6.2.2. E.2: Medidas clínicas

A continuación, se describen el cuestionario de síntomas y las medidas clínicas realizadas en el orden establecido (figura 11). Las medidas clínicas se agruparon en bloques: visión binocular, acomodación y velocidad lectora.



Figura 11: Clasificación de pruebas optométricas medidas (Fuente: elaboración propia).

Cuestionario de síntomas CISS V-15

Los síntomas subjetivos se valoraron con el cuestionario de síntomas CISS V-15 (Convergence Insufficiency Symptoms Survey)⁽⁴³⁾. El cuestionario CISS V-15 consta de 15 preguntas, cada una específica de un síntoma, puntuando en escala de Likert de 5 opciones de respuesta. Cada ítem es valorado de 0 a 4 puntos, y se obtiene una puntuación de 0 a 60 puntos. Si el resultado es mayor o igual a 16 se considera que la IC es sintomática y los autores del cuestionario consideran una mejora clínica cuando disminuye 10 puntos.

El examinador fue quien se encargó de leer las preguntas a los pacientes, junto con las posibles respuestas (nunca, con poca frecuencia, a veces, con frecuencia y siempre) y anotó con una "x" en el formulario la respuesta dada por el paciente. La puntuación del CISS fue la suma de los puntos obtenidos en las 15 preguntas.

En este estudio y siguiendo los criterios del grupo CITT, se estableció una mejora clínicamente significativa una disminución de 10 puntos desde el valor inicial o una puntuación total en el cuestionario < 16 puntos.

Visión binocular

Las medidas clínicas correspondientes a la visión binocular evaluadas fueron: punto próximo de convergencia, heteroforia (objetiva y subjetiva), vergencias fusionales en VP (VFN y VFP) y estereopsis.

Punto próximo de convergencia (PPC)

El PPC se evaluó con la técnica de acercamiento de un estímulo acomodativo ^(61,135), el tamaño de la letra fue de AV 20/30 colocado en una varilla móvil. Se pidió al paciente, con su corrección habitual, que siguiera visualmente el acercamiento de la letra que se desplazó hacia su raíz nasal, sobre la varilla a una velocidad de 1-2 cm/s. El valor de rotura se definió como la media de las tres medidas en las cuales el examinador observó que un ojo se desvió o que el sujeto manifestó diplopía, aquella de las dos que ocurriera primero. El valor de recobro se definió como la media de las tres medidas en las que el examinador observó una respuesta de fusión del paciente o el paciente manifestó visión simple, cualquiera de las dos que ocurriera primero. El procedimiento se repitió dos veces más, con un periodo no inferior a 10 s entre cada presentación ^(6,62,88). Ambos valores del PPC se expresaron en centímetros (cm). En este estudio y siguiendo los criterios del grupo CITT ⁽⁵⁸⁾, se consideró un valor > 6 cm en la rotura del PPC como un signo de IC y se estableció una mejora clínicamente significativa si el punto de rotura del PPC disminuyó en al menos 4 cm del valor inicial o si fue < 6 cm.

Heteroforia objetiva

La heteroforia objetiva de lejos y cerca se realizó mediante la técnica del cover test unilateral (CTU) y alternante (CTA). Primero se realizó en lejos, el sujeto, llevando su mejor corrección, miró una letra del tamaño 20/30 proyectada sobre una pantalla a 6 m. Para la medida se utilizó un ocluser translúcido y una barra de prismas o un set de prismas sueltos.

La instrucción que dio el examinador fue "mira la letra y mantenla clara" "yo te voy a tapar un ojo y luego otro y tú solo debes mirar a la letra". El examinador cubrió el ojo derecho (OD) y observó el ojo izquierdo (OI) cuando cubría el OD, y viceversa. Esto se repitió varias veces con el fin de descartar un estrabismo en visión lejana. En caso de presencia de estrabismo se anotó el tipo y el paciente fue excluido del estudio. Con el CTA se neutralizó la desviación, introduciendo prismas con la base en la dirección adecuada, se anotó el valor del prisma mayor antes de conseguir que el movimiento fuera inverso.

Se repitió esta medida en visión cercana a 40 cm, utilizando una letra aislada de 20/30. Si durante el cover test el examinador observó una desviación vertical, quedó valorada y registrada.

Se anotó la endo con signo positivo y la exo con signo negativo y la unidad de medida fue dioptrías prismáticas (Δ). En este estudio y siguiendo los criterios del grupo CITT⁽⁵⁸⁾, se consideró un valor $> 4 \Delta$ de exoforia en cerca con respecto a la de lejos y se estableció una mejora clínicamente significativa si la diferencia entre el valor de la heteroforia de cerca y la de lejos fue menor a 4 dioptrías de exoforia.

Heteroforia subjetiva

La heteroforia subjetiva horizontal de cerca se midió utilizando la tarjeta Thorington modificada, una linterna puntual y la varilla roja de Maddox. Se realizó con buena iluminación, en visión próxima (40 cm) y con la mejor corrección del sujeto. El examinador sujetó la tarjeta con la linterna y colocó la varilla de Maddox sobre su OD de manera que las líneas estriadas quedaron en horizontal (lo que produce una imagen de una línea roja vertical). El paciente mirando al punto luminoso central indicó en qué punto se situó la línea roja. Si coincidían la línea con el punto, el examinador anotó ortodesviación (\emptyset), si la línea roja se situó a la derecha del punto (desde la perspectiva de paciente) el examinador

anotó el número que le indicaba el sujeto seguido de "EndoF", y si la línea roja se situó a la izquierda del punto (desde la perspectiva del paciente) el examinador anotó el número que le indicaba el sujeto seguido de "ExoF". Se anotó la endo con signo positivo y la exo con signo negativo y las unidades fueron dioptrías prismáticas (Δ).

Si el paciente no observó el punto de luz o la línea roja fue una indicación de que suprimía uno de sus ojos, en este caso el examinador anotó "supresión".

Vergencias fusionales de cerca (VFN y VFP)

Se midieron los valores de borrosidad, rotura y recobro de las vergencias fusionales horizontales de cerca, mediante la barra de prismas y una tarjeta de letras de agudeza visual 20/30.

Se colocó la tarjeta delante del sujeto con su mejor corrección, a una distancia de 40cm y la barra de prismas sobre el ojo izquierdo con la base en posición nasal, para evaluar las vergencias fusionales negativas (VFN) en primer lugar.

La instrucción fue "dime cuando las letras se ponen borrosas o se vuelven dobles, aunque intenta mantener una única tarjeta todo lo que sea posible". Se incrementó la magnitud prismática unas 2Δ por segundo, se paró en cada salto prismático y el sujeto indicó "claro y uno". Si el sujeto indicó que veía borroso, se anotó ese valor como borrosidad, se continuó incrementando la cantidad prismática hasta que el sujeto indicó "dos o doble" sin poder recuperar la visión única o el examinador observó pérdida de fusión, siendo este el valor de rotura.

Después de que el sujeto informó de diplopía, el examinador aumentó el prisma en 5Δ , y luego a una velocidad de aproximadamente de 2Δ /segundo se redujo la cantidad prismática hasta que el sujeto indicó "uno" o el observador apreció recuperación de la fusión, este fue el punto de recobro.

La secuencia entera se repitió 2 veces más, esperando 30 segundos entre cada medida. Si el sujeto no apreció borrosidad se anotó "x" en ese apartado.

Una vez finalizadas las medidas para las VFN, se cambió la orientación de las bases del prisma y del mismo modo se evaluó las VFP (convergencia).

Se evaluaron primero los rangos de VFN (divergencia) tal y como recomienda Rosenfield et al. ⁽¹³⁶⁾, para evitar la adaptación de vergencias.

Si el sujeto fusionó el prisma más grande de la barra (45Δ), se anotó 50Δ para el valor de rotura y se hizo que el paciente cerrará o se cubriera un ojo con el objetivo de romper la fusión para poder medir el recobro.

Todas las unidades fueron expresadas en dioptrías prismáticas (Δ) y se anotó "X" cuando no hubo respuesta. En este estudio y siguiendo los criterios del grupo CITT, se consideró un valor $< 15 \Delta$ en la rotura de VFP como un signo de IC (58). La mejora clínicamente significativa del punto de rotura de las VFP se estableció en un valor $> 15 \Delta$ o un aumento en al menos 10Δ desde el valor inicial.

Estereopsis

La estereopsis se midió con el test de puntos aleatorios (Random dot, test polarizado de Stereo Optical Company®, Chicago IL) que mide un valor máximo de 20 segundos de arco (sec arc) en disparidad lateral y 200 sec arc en puntos aleatorios. La prueba se realizó a 40 cm puesto que la modificación de la distancia altera el valor de la percepción en profundidad. La habitación estaba iluminada y el examinador se aseguró que la luz auxiliar no producía reflejo en el test. El sujeto se puso las gafas polarizadas (encima de su mejor corrección óptica tanto en gafas como en lentes de contacto). El examinador sujetó el test controlando que este permanecía estable. Se mostró en primer lugar la parte superior derecha donde se encontraban 4 cuadros formados por puntos al azar correspondientes a niveles de disparidad grande ($500 - 200$ sec arc), en los que solo 3 contenían una figura y se pidió al paciente que indicara que veía en cada cuadro. Si el paciente tenía dificultad en el nombramiento de las figuras, estaba permitido mostrar la tapa de test en la que aparecen los dibujos de las figuras y se le pidió que señalara cuál había en cada cuadro. Una vez se finalizó esta parte del test, se pasó a la izquierda dónde se encontraba otra parte híbrida de estímulos de contornos sobre un fondo de puntos al azar, con la que se evaluó un amplio rango de disparidades ($400 - 20$ sec arc). Se le pidió al paciente que indicara que punto sobresalía del test ^(57,137,139). Se anotó como valor de estereoagudeza el correspondiente al estímulo de menor disparidad visto por el sujeto y expresado en segundos de arco (sec arc).

En este estudio se consideró un valor > 40 sec arc como una pobre estereopsis y se estableció una mejora clínicamente significativa si el valor de la estereopsis disminuyó por debajo de 40 sec arc ⁽⁶³⁾.



Figura 12: test de estereopsis

Acomodación

A continuación, se describen las medidas clínicas correspondientes a la acomodación: acomodación relativa positiva y negativa, amplitud de acomodación y flexibilidad acomodativa monocular y binocular.

Acomodación relativa positiva (ARP) y negativa (ARN):

La acomodación relativa se realizó con el foróptero con la mejor corrección del sujeto y el optotipo utilizado fue una tarjeta con una línea de letras de una agudeza visual del 20/30 que se presentó a 40cm. Se pidió al sujeto que mirara de forma binocular al test y que se esforzara en mantener nítidas las letras en todo momento, al tiempo que se añadieron lentes (positivas para ARN y negativas para ARP) en pasos de 0.25D binocularmente hasta que el paciente manifestó la primera borrosidad sostenida según Scheiman y Rouse ⁽¹⁴⁰⁾. Se realizó en primer lugar la ARN y después la ARP. Los valores se expresan en dioptrías (D).

En este estudio y siguiendo los criterios del Scheiman ⁽⁵⁾, se consideró un valor dentro de límites normales para el ARN ($+2,00 \pm 0,50$ D) y para el ARP ($-2,37 \pm 1,00$ D).

Amplitud de acomodación:

Para medir la amplitud de acomodación se utilizó el método del acercamiento de Donder's de manera monocular. En condiciones de buena iluminación, al paciente con su mejor corrección óptica y con el OI ocluido se le presentó una tarjeta de letras de tamaño de texto 20/30, colocada a una distancia de 40 cm. Se le pidió que indicara cuando las letras empezaban a estar borrosas, animándole a mantenerlas claras el mayor tiempo posible, mientras se le acercaba la tarjeta a una velocidad de 1- 2cm/seg aproximadamente. Cuando el paciente detectó la primera borrosidad sostenida se anotó el valor. Para calcular el valor en dioptrías se halló la inversa de la distancia obtenida en metros (1/distancia m). El valor se anotó en dioptrías (D).

En este estudio y siguiendo los criterios del Scheiman ⁽⁵⁾, se consideró la AA dentro de límites normales con método de acercamiento $(18 - (1/3) \text{ edad} \pm 2 \text{ D})$. Valores inferiores a los calculados según esta fórmula, $AA 15 - (1/4) \text{ edad}$, estarían fuera de norma.

Flexibilidad acomodativa (FAM y FAB):

Se evaluó la flexibilidad acomodativa de forma monocular y binocular. Para la medida de la FA monocular el sujeto utilizó su mejor corrección óptica y situado a una distancia de 40cm del test seleccionado. Se pidió al paciente mirar con su OD una carta que contiene palabras cortas con un tamaño de agudeza visual de 20/30 a una distancia de 40cm. El paciente debe aclarar la palabra y decirla en voz alta cuando se interponga la lente positiva (Flipper $\pm 2.00 \text{ D}$) delante de su ojo, cuando eso ocurra se voltea el flipper e interponiendo la lente negativa debe hacer lo mismo con la siguiente palabra y así sucesivamente. El procedimiento se repitió con el OI. Se contabilizó y anotó el número de ciclos (un ciclo se consigue cuando aclara lente positiva y lente negativa) conseguidos en un minuto (cpm) y también se anotó si hubo dificultades con las lentes positivas o negativas.

Para la medida de la FA binocular se utilizó la lámina polarizada Bernell Accuity Suppression Slide vectograma® (VO/9) y los flipper de $\pm 2,00 \text{ D}$. Se pidió al paciente, con su mejor corrección y la gafa polarizada que mirase las letras de la línea 5 y decía "claro" si las mantiene claras y únicas sin que desaparezcan las líneas 4 y 6 (control antisupresión) ^(5,140). Se introdujo delante de sus ojos primero la lente positiva del flipper y cuando decía "claro" se volteaba, interpo-

niendo la lente negativa. Se anotaron los ciclos completados en 1 minuto (cpm) y si hubo dificultades con las lentes positivas o negativas.

En este estudio y siguiendo los criterios de Scheiman ⁽⁵⁾, se consideró un valor dentro de límites normales para la FAM ($7 \pm 2,5$ cpm) y para el FAB ($5 \pm 2,5$ cpm).

Velocidad lectora

Se incluyó la medida de la velocidad lectora realizada con el eye-tracker Eye X Tobii® (Tobii, Stockholm, Sweden) y evaluada con los textos estandarizados en función del curso escolar. Estos textos incluyen palabras y signos de puntuación adecuados al nivel de cada curso escolar. El número de palabras en cada uno de los textos varía según el nivel, presentando 848 palabras para 4º curso de primaria (9 años), 1129 palabras para 2º curso de secundaria y 1440 palabras para 2º curso de bachillerato (17 años). Se incluyeron estos textos en el software de análisis de los movimientos oculares Thomson Solution® (Thomson Software Solutions Welham Green, UK) y fueron registrados con el eye-tracker Eye X Tobii®, que permite 60 medidas por segundo (60Hz). El objetivo fue evaluar los movimientos oculares del sujeto mientras leyó en voz alta un texto durante un minuto. Estos textos fueron extraídos del libro de R. Bisquerra y se seleccionó el texto adecuado para cada paciente en función del curso. La instrucción fue "lee lo mejor y lo más rápido posible este texto". La prueba se realizó de manera binocular y monocular, se anotó el número de palabras leídas en un minuto (ppm).

6.2.3. E.2. Tratamientos de terapia visual

El principal objetivo del presente estudio fue evaluar dos tratamientos de terapia visual distintos, de forma individualizada y de forma conjunta, en sujetos diagnosticados de IC. Estos tratamientos fueron la terapia visual activa y la terapia visual pasiva. De tal manera se hicieron tres grupos de tratamiento y un grupo control:

- **Grupo FO:** pacientes que solamente realizaron terapia visual pasiva mediante fototerapia optométrica o filtro mu-upsilon.
- **Grupo TVA:** pacientes que solamente realizaron terapia visual activa mediante ejercicios de entrenamiento para la función visual, dónde se englobaron procedimientos binoculares, acomodativos, localización visuo-espacial y conciencia visual.

- **Grupo CTV:** pacientes que realizaron la combinación de fototerapia optométrica más terapia visual activa.
- **Grupo GC:** grupo control, pacientes que no realizaron ningún tratamiento.

Antes de iniciar el tratamiento y una vez finalizado, estos pacientes acudieron a las revisiones correspondientes y se comprometieron a no realizar ningún otro tratamiento hasta que se hubiera completado el estudio (24 semanas).

A continuación, se resumen los protocolos y procedimientos con las técnicas de tratamiento en los distintos grupos:

El Grupo FO utilizó unas gafas con un filtro mu-epsilon y un foco de luz blanca con una bombilla incandescente. El filtro elegido, por tratarse de una IC, fue el que presenta una transmitancia de 470 - 540 nm de longitud de onda, corresponde a un tono verde y este filtro recibe el nombre de mu-epsilon (figura 13). La fuente de luz blanca tiene una potencia de 40kw y el tubo tiene una longitud de 50 cm, de tal manera que los ojos del paciente están a una distancia de 50 cm del punto de luz (figura 14).

El paciente miró durante 10 minutos a través del tubo de luz, donde se observó un círculo de un diámetro de 5 cm al final del tubo y unos reflejos a los lados. La habitación estuvo a oscuras y el paciente no llevaba su prescripción óptica. El tratamiento tuvo una duración total de 20 sesiones de 10 minutos cada una y los pacientes realizaron una sesión diaria durante 4 semanas.



Figura 13: Gafa fototerapia optométrica filtro mu-epsilon / Figura 14: Syntonizer

Todos los participantes utilizaron el mismo tipo de "Syntonizer" (Optomatters® CVBA Belgium), lo cual supone un activo del diseño del estudio ya que un estudio reciente muestra la variabilidad que existe entre instrumentos y filtros que en principio están denominados como iguales ⁽¹²⁶⁾.

El filtro de corte seleccionado MU-UPSILON de Optomatters® CVBA Belgium tenía las siguientes características:

- La figura 15 muestra la curva de transmitancia del filtro mu-upsilon, permitiendo una transmisión desde 470 a 540 nm con un máximo de intensidad de 510 nm. Los espectros UV-vis fueron obtenidos con un espectroradiómetro de IRRADIAN® modelo SR9910-V7.

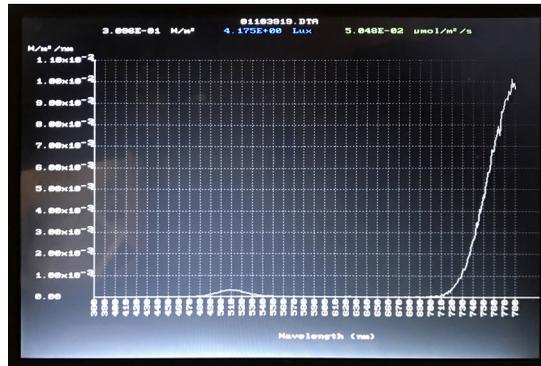


Figura 15: Curva de transmitancia espectral MU-UPSILON de Optomatters CVBA Belgium

El Grupo TVA realizó ejercicios de entrenamiento para mejorar la función visual, dónde se englobaron procedimientos binoculares, acomodativos, localización visuo-espacial y conciencia visual. Estos pacientes acudieron una vez por semana a la consulta, cada sesión fue de 45 minutos, y además trabajaron en casa, 5 días en semana durante 15 minutos. El tratamiento se completó tras 12 semanas.



Figura 16: Niña localizando en el procedimiento de terapia visual activa de vectogramas

En las sesiones en consulta, que fueron dirigidas por el terapeuta, se trabajaron 4 ó 5 procedimientos y se prescribieron las tareas visuales para casa (figura 16). En el anexo 10 se encuentra el modelo de ficha para un procedimiento de terapia visual activa.

Durante las 12 semanas que duró el tratamiento se hizo una división en 3 fases basado en el esquema de Scheiman et al. (134). Las figuras 17, 18 y 19 muestran la secuencia para el desarrollo de cada habilidad visual, de lo más grueso - periférico a lo más fino - central. Además, se siguió la recomendación realizada por los autores anteriores para saber cuándo se alcanzó el punto final en cada procedimiento (tabla 3).

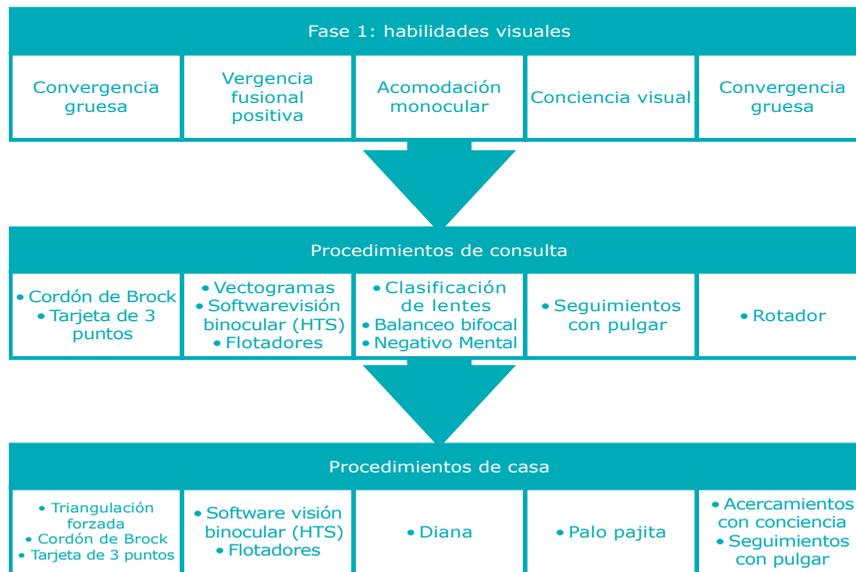


Figura 17: Esquema de la Fase 1 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.

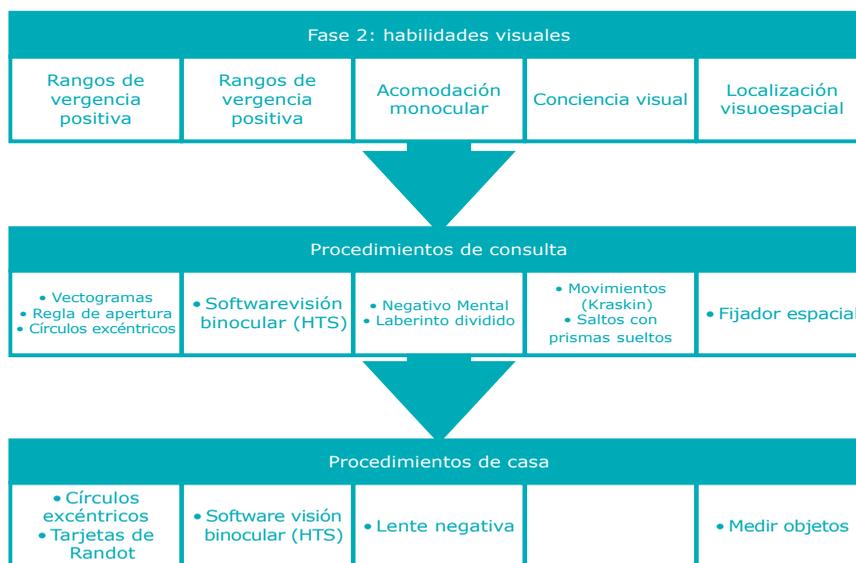


Figura 18: Esquema de la Fase 2 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.

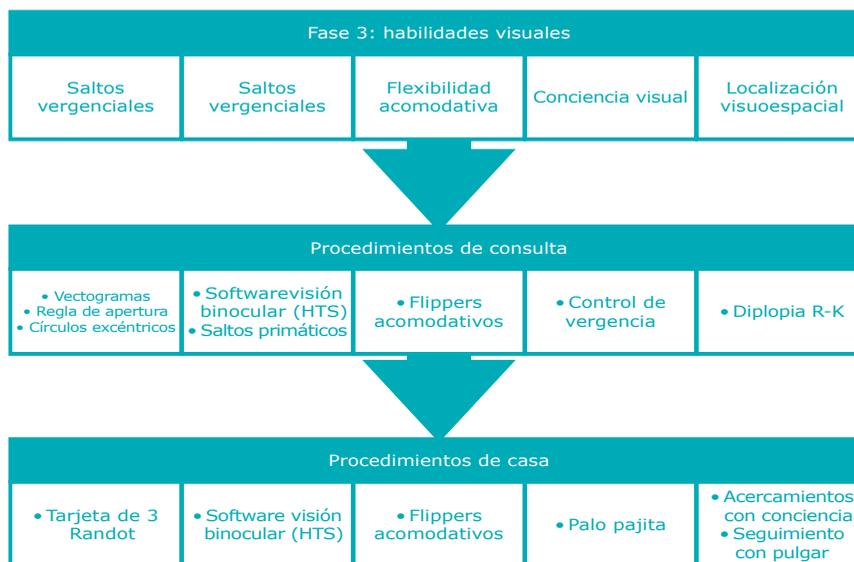


Figura 19: Esquema de la Fase 3 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.

Tabla 3: Esquema de los puntos finales de los distintos procedimientos utilizados en el tratamiento de terapia visual activa (Fuente: creación propia a través de distintos recursos bibliográficos)

PUNTOS FINALES DE LOS PROCEDIMIENTOS	
Conciencia Visual	Punto final
1. Seguimientos con pulgar	Control del seguimiento y localización
2. Acercamientos con conciencia	Convergencia a $\leq 2,5$ cm de la nariz
3. Movimientos cercanos al ojo (R.Kraskin)	Control en distintos puntos de mirada
4. Saltos con prismas sueltos	Conciencia del movimiento ocular
5. Control de vergencia	Cambio de vergencia voluntaria
Localización Visuo espacial	Punto final
6. Palo con pajita	Localización estática
7. Rotador	Localización dinámica
8. Medir objetos	Localización tridimensional (ejes: x, y, z)
9. Fijador espacial	Localización con periferia
10. Diplopia R-K	Control de la localización
Convergencia gruesa	Punto final
11. Cordón de Brock (1)	Cambio de la convergencia
12. Cordón de Brock (2)	Control de la convergencia voluntaria
13. Tarjeta de 3 puntos	Fusionar los 3 puntos, 5 seg. 10 repeticiones
14. Triangulación forzada	Converger a $\leq 2,5$ cm de la nariz

Vergencia fusional positiva	Punto final
15. Vectogramas	Base externa:25Δ
16. Software visión binocular (RDS)	Base externa:45Δ
17. Flotadores	Aclarar y mantener únicos los 4 flotadores 5 segundos
Rangos vergencias positivas	Punto final
18. Vectogramas	Base externa:25Δ, Base interna: 12Δ (L)
19. Regla de apertura	Base externa:30Δ (12), Base interna: 15Δ (6)
20. Círculos excéntricos	Base externa:30Δ, Base interna: 15Δ
21. Software visión binocular (RDS)	Base externa:45Δ, Base interna: 15Δ
22. Tarjetas de Randot	Base externa:30Δ, Base interna: 12Δ
Salto vergenciales	Punto final
23. Vectogramas	Alternar convergencia (25Δ) y divergencia (12Δ)
24. Software visión binocular (RDS)	Alternar convergencia (45Δ) y divergencia (15Δ)
25. Regla de apertura	Fusión con flippers prismáticos (BE:8Δ, BI:4Δ)
26. Círculos excéntricos	Control del cambio vergencial
27. Saltos prismáticos	Fusionar y aclarar tarjeta de cerca, con y sin prisma (BE:25Δ, BI:12Δ) (10 ciclos/minuto)
Acomodación monocular	Punto final
28. Clasificación lentes	Máxima discriminación (0,25D de diferencia)
29. Balanceo bifocal	Conciencia, efecto SILO y localización
30. Negativo mental	Control acomodativo
31. Diana	Conciencia del espacio y acomodación (sostenimiento y flexibilidad)
32. Laberinto dividido	Control de cambios acomodativos
33. Lente negativa	Acomodación rápida (-8,00D)
Flexibilidad acomodativa binocular	Punto final
34. Flippers acomodativos	10 ciclos/minuto (+2,00D /-6,00D)

El Grupo CTV realizó la combinación de los tratamientos anteriores. Durante las primeras 4 semanas realizaron la TVA en consulta descrita anteriormente para el grupo TVA. El trabajo en casa fue de 25 minutos diarios, 10 minutos de FO más 15 minutos de TVA. El resto de semanas hasta completar el tratamiento realizaron la TVA como fue descrita anteriormente.

El Grupo GC, no hizo ningún tipo de tratamiento durante el tiempo de estudio y acudieron a las revisiones correspondientes.

7. Análisis estadístico

El cálculo y análisis estadístico fueron realizados con el software IBM SPSS para Windows, versión 24.0.

7.1. E.1. Prevalencia de IC

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors para confirmar la distribución normal de los datos recopilados. Los datos se expresaron como medias y desviación estándar (DE) para las variables continuas y número y porcentaje para las variables categóricas y se analizaron mediante la prueba de Chi cuadrado y la prueba exacta de Fisher. Para las variables continuas usamos una "2-tailed t test" cuando se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de la varianza, o la prueba de la U de Mann-Whitney cuando no se cumplieron dichos supuestos. Las asociaciones entre las variables cuantitativas de interés se midieron mediante los coeficientes de correlación de Pearson.

7.2. E.2. Tratamiento de IC

Se calculó el valor medio y desviación estándar para cada variable de estudio en cada grupo y en cada medida en el tiempo. Para determinar si existieron diferencias estadísticamente significativas en cada variable, entre los grupos en cada medida, se utilizó el análisis de Kruskal-Wallis, y para comparar dos muestras independientes se aplicó el análisis de la U de Mann-Whitney. Para valorar si existieron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las medidas Inicial, 4S, 12S y 24S de cada grupo se utilizó el análisis de Friedman, y para comparar dos muestras relacionadas se aplicó el análisis de Wilcoxon.

Para valorar el efecto de cada tratamiento, independientemente del factor tiempo, sobre las variables binoculares, acomodativas y de velocidad lectora se calcularon los incrementos relativos para los 4 grupos. El incremento relativo para cada variable se calculó teniendo en cuenta la medida inicial 0 y la siguiente medida, así sucesivamente entre todas las medidas según la siguiente ecuación expresado en porcentaje (%).

$$[(\text{Medida}^{\text{inicial}} - \text{Medida}^{\text{final}}) / \text{Medida}^{\text{final}}] \times 100$$

Para valorar las diferencias en los incrementos relativos obtenidos de cada variable entre grupos se aplicó la U de Mann-Whitney.

El análisis de correlaciones R_{h0} de Spearman se utilizó para evaluar la relación entre la velocidad lectora y las variables binoculares PPC, VFP, estereopsis, AA, FAB y FAM en la medida inicial y la final.

Para todas las pruebas estadísticas de ambos estudios la significancia, para un intervalo de confianza del 95%, se estableció en $p < 0,05$.

- 1. E.1. Prevalencia de IC**
 - 1.1. E.1. Sujetos**
 - 1.2. E.1. Prevalencia de IC**
- 2. E.2. Tratamiento de IC**
 - 2.1. E.2. Sujetos**
 - 2.2. E.2. Síntomas**
 - 2.3. E.2. Visión binocular**
 - 2.4. E.2. Acomodación**
 - 2.5. E.2. Velocidad lectora**
 - 2.6 E.2. Relación entre variables**

RESULT

TADOS

RESULTADOS



1. E.1. Prevalencia de IC

En este apartado del capítulo se describen las características clínicas de los sujetos que participaron en el screening y se muestran los porcentajes de IC con uno, dos o tres signos en función del género.

1.1. E.1. Sujetos

De 640 participantes inscritos, 5 fueron excluidos porque tenían estrabismo constante y 7 porque no cumplían con nuestros requisitos establecidos de AV. Esto dejó una población de estudio de 628 sujetos: 309 niños y 319 niñas, de 6 a 14 años (media $9,6 \pm 1,34$ años). En el momento de las pruebas, los participantes se encontraban en los cursos de 1º de primaria a 2º E.S.O. La agudeza visual media para la población fue $0,097 \pm 0,009$ LogMAR en lejos y $0,098 \pm 0,007$ LogMAR en cerca (tabla 4). Un 91,6% de los sujetos presentaba una agudeza visual de 0,1 LogMAR en ambas distancias con su corrección habitual. De 110 participantes que usaban gafas (17,5%), 70 (63,63%) eran niñas y 40 (36,36%) eran niños.

Tabla 4: Media y desviaciones estándar de las variables descriptivas utilizadas para diagnosticar la insuficiencia de convergencia registradas en el estudio de prevalencia. (el signo menos indica exoforia; Δ = dioptría prismática; cm = centímetro)

Variable (unidades)	Media \pm Desviación estándar
Edad (años)	9,51 \pm 1,34
Agudeza Visual de Lejos (LogMAR)	0,097 \pm 0,09
Agudeza Visual de Cerca (LogMAR)	0,098 \pm 0,07
Cover Test de Cerca (Δ)	-2,09 \pm 4,70
Cover Test de Lejos (Δ)	-0,39 \pm 1,97
Rotura del Punto Próximo de Convergencia (cm)	5,77 \pm 6,54
Recobro del Punto Próximo de Convergencia (cm)	9,4 \pm 8,39
Rotura de las Vergencia Fusional Negativa (Δ)	13,36 \pm 3,51
Recobro de las Vergencia Fusional Negativa (Δ)	9,14 \pm 3,33
Rotura de las Vergencia Fusional Positiva (Δ)	25,08 \pm 9,70
Recobro de las Vergencia Fusional Positiva (Δ)	19,62 \pm 9,86

1.2. E.1. Prevalencia de IC

La tabla 5 describe la distribución de sujetos en función del número de signos de IC detectados en cada individuo. De los 628 sujetos examinados, 371 no presentaron ningún signo clínico de IC, mientras que 148 sujetos (23,76%) mostraron un signo, 76 sujetos (12,15%) dos signos y 33 sujetos (5,30%) tres signos clínicos diagnósticos de IC. Considerando los criterios de inclusión de diagnóstico de IC, estos últimos 33 niños presentaban insuficiencia de convergencia, dando lugar a una prevalencia global de IC del 5,30% de nuestra población de estudio. No hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) entre niñas y niños.

De los sujetos que presentaron dos signos clínicos, treinta y ocho sujetos (6,05%) tenían una exoforia $\geq 4 \Delta$ de cerca que de lejos, además de un punto de rotura del PPC alejado (> 6 cm). Se observó una correlación negativa moderada ($r = -0,374$, $p < 0,05$) entre ambos dos signos, de manera que cuanto mayor fue la exoforia, más alejado estaba el punto de rotura del PPC.

Tabla 5: Número de signos de insuficiencia de convergencia registrados en los niños por sexo. (PPC: punto próximo de convergencia, VFP: vergencia fusional positiva; cm: centímetro; Δ : dioptría prismática)

		Total N (%)	Niñas N (%)	Niños N (%)	p-valor
1 Signo	Exoforia cerca $\geq 4\Delta$ lejos	27 (4,33%)	14 (4,39%)	13 (4,21%)	0,911
	PPC > 6 cm (punto de rotura)	95 (15,25%)	43 (13,48%)	52 (16,83%)	0,242
	Rotura VFP < 15 Δ o no cumple el criterio de Sheard	26 (4,17%)	15 (4,70%)	11 (3,59%)	0,473
	Totales	148 (23,76%)	72 (22,57%)	76 (24,59%)	0,550
2 Signos	Exoforia cerca $\geq 4\Delta$ lejos + PPC > 6 cm (punto de rotura)	38 (6,05%)	16 (5,01%)	22 (7,12%)	0,269
	Exoforia cerca $\geq 4\Delta$ lejos + Rotura VFP < 15 Δ o no cumple el criterio de Sheard	6 (0,96%)	3 (0,94%)	3 (0,97%)	0,969
	PPC > 6 cm (punto de rotura) + Rotura VFP < 15 Δ o no cumple el criterio de Sheard	32 (5,14%)	16 (5,01%)	16 (5,18%)	0,926
	Totales	76 (12,15%)	35 (10,97%)	41 (13,27%)	0,378
3 Signos	Exoforia cerca $\geq 4\Delta$ lejos + PPC > 6 cm (punto de rotura) + Rotura VFP < 15 Δ o no cumple el criterio de Sheard	33 (5,30%)	19 (5,96%)	14 (4,53%)	0,424
	Totales	33 (5,30%)	19 (5,96%)	14 (4,53%)	0,424

Seis sujetos (0,96%) mostraron una exoforia $\geq 4 \Delta$ de cerca que de lejos, junto con un punto de rotura reducido de la VFP. Estos dos signos mostraron una correlación positiva moderada ($r = 0,347$, $p < 0,05$), lo que significa que cuanto mayor era la exoforia, menor era el punto de rotura de la VFP.

Treinta y dos sujetos (5,14%) mostraron puntos de rotura reducidos tanto en el PPC como en las VFP. Estos dos signos se correlacionaron moderada y positivamente ($r = 0,426$, $p < 0,05$), lo que significa que cuanto más alejado estaba el punto de rotura del PPC, menor era el punto de rotura de la VFP.

Finalmente, 33 sujetos (5,30%) mostraron los tres signos característicos de IC que indican un diagnóstico definitivo.

2. E.2. Tratamiento de IC

En este apartado del capítulo se describen las características clínicas de los sujetos que participaron en el estudio y se comparan los valores iniciales con los obtenidos en las distintas revisiones de cada uno de los grupos.

Los resultados se presentan ordenados en función de las pruebas que determinan los signos característicos para diagnosticar la IC (cuestionario CISS; CT de cerca; PPC; VFP); y otras pruebas binoculares (VFN y Estereopsis). También se muestran los valores obtenidos en las pruebas acomodativas (ARP; ARN; AA; FAM; FAB) y en la velocidad lectora (en binocular y en monocular). Por último, se presenta la relación entre la velocidad lectora y las variables de PPC, estereopsis VFP, AA, FAB y FAM en la medida inicial y la final en cada grupo.

2.1. E.2. Sujetos

Los pacientes incluidos en el estudio fueron 40 sujetos (17 niñas y 23 niños) con IC, y cuyas edades estaban comprendidas entre 9 y 17 años ($11,3 \pm 2,37$). Cada grupo estuvo formado por 10 sujetos de características similares y fueron asignados de forma aleatoria a cada uno de estos grupos gracias a la ayuda de una tabla de aleatorización.

En la tabla 6 se muestra esta distribución según el grupo de tratamiento asignado, el sexo de los participantes y la media de edad en cada uno de estos grupos.

Tabla 6: Valores descriptivos de la muestra en función del género y la edad en los diferentes grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Representando la media, desviación estándar, error estándar con un 95% del intervalo de confianza para la media, el valor mínimo y el valor máximo. (A: niña; O: niño; M: media; DE: desviación estándar) Las unidades de las medidas de la edad son años.

GRUPO	N	Género		M ± DE	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
		A	O			Límite inferior	Límite superior			
EDAD	FO	10	4	6	10,90 ± 2,33	0,74	9,23	12,57	9,00	16,00
	TVA	10	5	5	11,40 ± 2,37	0,75	9,71	13,09	9,00	16,00
	CTV	10	4	6	11,50 ± 2,88	0,91	9,44	13,56	9,00	17,00
	GC	10	4	6	11,40 ± 2,22	0,70	9,81	12,99	9,00	16,00
	Total	40	17	23	11,30 ± 2,38	0,37	10,54	12,06	9,00	17,00

El análisis de la varianza mediante el cociente de Kruskal-Wallis determinó que no existían diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos, presentando un rango de edad similar en cada grupo ($p=0,87$).

2.2. E.2. Síntomas

CISS

La tabla 7 muestra la media y la desviación estándar de los síntomas totales obtenidos en el cuestionario CISS por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 7: Media y desviación estándar del cuestionario CISS en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilkoxon (CISS Inicial: corresponde a la medida inicial previa al inicio del tratamiento; CISS 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CISS 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CISS 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medidas del CISS son puntos.

GRUPO	CISS Inicial	CISS 4S	CISS 12S	CISS 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	27,90 ± 4,61	13,10 ± 3,96	10,00 ± 2,31	9,00 ± 2,16	27,21	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,017 0,059
TVA	26,20 ± 4,39	14,90 ± 4,36	9,30 ± 3,53	8,10 ± 3,72	28,75	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,042
CTV	26,00 ± 4,19	13,00 ± 3,94	8,00 ± 2,49	7,00 ± 1,94	28,31	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,059
GC	25,00 ± 4,62	25,20 ± 4,52	23,10 ± 5,38	23,10 ± 5,55	10,25	0,017	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,106 1,000
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	1,33	21,15	23,95	24,05				
p-valor	0,721	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,000)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,000)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,000)				

El análisis de Kruskal-Wallis mostró que en la medida inicial (CISS Inicial) no existían diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio ($p = 0,721$). En todos ellos fue superior a 16 puntos y por tanto sintomáticos. En las distintas revisiones (CISS 4S, CISS 12S y CISS 24S) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) entre los valores de los grupos de tratamiento (FO, TVA y CTV) y el grupo control (GC). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento (FO, TVA y CTV).

Mediante el análisis de Friedman se encontró que en los cuatro grupos desde la medida "Inicial" a la "24S" se redujeron de forma estadísticamente significativos los síntomas ($p < 0,01$).

Tabla 8: Incrementos relativos en el cuestionario CISS en los distintos grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
113%	76%	100%	0,79%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
179%	182%	225%	8%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
210%	223%	271%	8%

En la tabla 8 se observan los incrementos obtenidos en función del tiempo en los distintos grupos de tratamiento. Para determinar si estas diferencias fueron estadísticamente significativas se utilizó la U de Mann-Whitney y se observó que cada uno de los grupos de tratamiento con respecto al grupo control (GC) mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$). Y con respecto a los incrementos entre los tres grupos de tratamiento no se observó diferencias estadísticamente significativas las evaluaciones realizadas a las 4 S, 12 S y 24 S.

2.3. E.2. Visión binocular

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las habilidades binoculares: PPC, heteroforia horizontal en cerca, VFP y VFN en cerca y la estereopsis. Se comparan los resultados medios obtenidos en cada una de las medidas realizadas entre grupos y dentro de cada grupo entre las medidas realizadas en el tiempo.

Punto próximo de convergencia

La tabla 9 muestra los valores medios y la desviación estándar de la **rotura del PPC** obtenidos por los grupos de estudio antes del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

En la medida inicial (ROTURA PPC Inicial) no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro grupos ($p = 0,164$), y todos ellos presentaban un valor de rotura del PPC ≥ 6 cm y por tanto todos los pacientes presentaban este signo característico de la IC. En las distintas revisiones (4 S, 12 S y 24 S) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del grupo GC y los grupos FO, TVA y CTV. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento.

Mediante el análisis de Friedman se valoró el punto de rotura del PPC en la medida inicial y las sucesivas realizadas en cada uno de los grupos. Se encontró que los tres grupos de tratamiento mejoraron los valores medios el punto de rotura del PPC de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$) frente al grupo control, en el cual no se observaron cambios estadísticamente significativo, presentando un p-valor de 0,237 (tabla 9).

En la tabla 10 se observan los incrementos obtenidos en cada revisión en los distintos grupos de tratamiento.

Tabla 9: Media y desviación estándar de rotura del PPC en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ROTURA PPC Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA PPC 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA PPC 12S: medida tras fina-

lizar el tratamiento; ROTURA PPC 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar; PPC: punto próximo de convergencia. Las unidades de medida son centímetros (cm).

GRUPO	ROTURA PPC Inicial	ROTURA PPC 4S	ROTURA PPC 12S	ROTURA PPC 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	19,90 ± 10,25	6,50 ± 2,63	4,90 ± 2,18	4,60 ± 2,32	26,36	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,008 0,017 0,276
TVA	17,60 ± 12,37	8,10 ± 3,28	4,40 ± 1,17	4,20 ± 1,32	27,14	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,018 0,157
CTV	20,75 ± 7,44	7,80 ± 3,74	4,70 ± 2,11	4,40 ± 2,37	29,48	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,005 0,180
GC	13,90 ± 6,76	13,70 ± 6,91	11,90 ± 4,68	11,20 ± 4,94	4,23	0,237	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,208 0,276
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	5,10	11,16	17,92	16,60				
p-valor	0,164	0,011	< 0,001	0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	CTV - GC (0,026)	FO-GC (0,003) TVA-GC (0,023) CTV-GC (0,021)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,001)	FO-GC (0,003) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,002)				

Tabla 10: Incrementos relativos para los valores medios obtenidos en la rotura del PPC, diferenciados por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
206%	117%	166%	1,5%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
306%	300%	341,5%	17%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
333%	319%	371,5%	24%

Los grupos que recibieron tratamiento consiguieron unos incrementos en el punto de rotura del PPC superiores estadísticamente significativos ($p < 0,001$). Respecto al incremento del punto de rotura del PPC entre los grupos de tratamiento no se observaron diferencias estadísticamente significativas ni a las 4 S, 12 S ni 24 S.

La tabla 11 muestra la comparación de los valores medios y la desviación estándar del **recobro del PPC** entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo entre las medias obtenidas en cada medida realizada en el tiempo.

Tabla 11: Media y desviación estándar de recobro del Punto Próximo de Convergencia separado por grupo de tratamiento (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) y por momento del tiempo en que se ha realizado la evaluación (PPC Inicial: corresponde a la medida inicial previa al inicio del tratamiento; PPC 4S: corresponde a la medida tras 4 semanas de tratamiento; PPC 12S: corresponde a la medida tras finalizar el tratamiento; PPC 24S: corresponde a la medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento). Resultados de los análisis no paramétricos de Friedman y Wilcoxon (en función del grupo de tratamiento) y de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney (en función del momento de la evaluación). Los valores medios para esta medida son centímetros.

GRUPO	RECOBRO PPC Inicial	RECOBRO PPC 4S	RECOBRO PPC 12S	RECOBRO PPC 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	27,90 ± 14,09	10,50 ± 2,76	8,10 ± 2,23	8,00 ± 2,11	27,67	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,018 1,000
TVA	27,20 ± 16,92	13,00 ± 4,19	8,30 ± 2,11	4,20 ± 1,32	24,84	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,017 0,180
CTV	29,25 ± 12,08	12,40 ± 4,55	9,30 ± 2,54	8,50 ± 3,27	25,90	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,033 0,285
GC	20,00 ± 7,82	20,00 ± 7,82	16,80 ± 6,16	15,80 ± 5,45	7,59	0,055	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,054 0,414
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	4,10	13,92	15,71	14,18				
p-valor	0,251	0,003	0,001	0,003				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	CTV - GC (0,025)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,015) CTV-GC (0,009)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,004)	FO-GC (0,002) TVA-GC (0,002) CTV-GC (0,005)				

La medida inicial (RECOBRO PPC Inicial) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio ($p = 0,251$). En las distintas revisiones (4 S, 12 S, y 24 S) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del grupo control y los grupos de tratamiento (Grupos FO, TVA y CTV), mientras que entre los grupos de tratamiento (Grupos FO, TVA y CTV) no hubo diferencias estadísticamente significativas.

En cada uno de los grupos de tratamiento el valor medio de recobro del PPC fue disminuyendo de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$) hasta alcanzar valores normales. El grupo control no mostró diferencias estadísticamente significativas desde la medida inicial a la final.

En la tabla 12 se muestran los incrementos obtenidos por cada grupo de tratamiento en función del tiempo.

Tabla 12: Incrementos relativos para los valores medios obtenidos en el recobro del PPC, diferenciados por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
166%	109%	136%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
244%	228%	214,5%	19%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
244%	240%	244%	26,5%

Mediante la U de Mann-Whitney se observó en cada revisión, que cada uno de los grupos de tratamiento con respecto al grupo control, mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$), y no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los incrementos relativos entre los grupos de tratamiento.

Heteroforia de cerca (Cover test; Thorington)

La tabla 13 muestra la media y la desviación estándar de los valores de la **heteroforia horizontal objetiva de cerca medida con el cover test (CT)**, para cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 13: Media y desviación estándar del Cover test de cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (Cover test cerca Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Cover test cerca 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Cover test cerca 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Cover test cerca 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, indicando valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.

GRUPO	COVER TEST CERCA Inicial	COVER TEST CERCA 4S	COVER TEST CERCA 12S	COVER TEST CERCA 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	-9,60 ± 2,27	-2,20 ± 1,23	-1,40 ± 1,58	-1,40 ± 1,58	27,00	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,066 1,000
TVA	-10,40 ± 4,79	-6,20 ± 3,71	-2,60 ± 2,32	-1,40 ± 1,90	28,30	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,004 0,007 0,034
CTV	-10,40 ± 4,79	-5,40 ± 5,34	-3,80 ± 3,94	-3,80 ± 3,94	13,95	0,003	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,011 0,086 1,000
GC	-8,40 ± 3,37	-8,60 ± 3,41	-8,70 ± 2,98	-8,70 ± 3,13	0,22	0,975	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,763 1,000
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	2,43	16,47	18,58	20,21				
p-valor	0,489	0,001	< 0,001	< 0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO - TVA (0,004) FO-GC (0,000)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,008)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,010)				

En la medida inicial (COVER TEST CERCA Inicial) no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,489$), y todos ellos presentaban

un valor $> 4 \Delta$ de exoforia de cerca que de lejos y por tanto todos los pacientes cumplían este signo característico para el diagnóstico de la IC. En la revisión 4 S, el grupo FO mostró una mejoría estadísticamente significativa frente al grupo TVA ($p = 0,004$) y frente al grupo GC ($p < 0,001$), no mostrando diferencias con el grupo CTV. En las distintas revisiones (12 S y 24 S) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los grupos FO, TVA y CTV con respecto al grupo GC. No mostrando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento.

En cada uno de los grupos se valoró la diferencia en el valor del CT de cerca en la medida inicial y las sucesivas medidas. Se encontró que en los grupos de tratamiento se redujo la exoforia de forma estadísticamente significativa, frente al grupo GC, en el cual no se observaron ($p = 0,975$).

En la tabla 14 se observan los incrementos relativos obtenidos en función del tiempo en los distintos grupos de estudio.

Tabla 14: Incrementos relativos para los valores medios de la heteroforia horizontal de cerca medida con el CT en los distintos por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
336%	68%	104%	-2%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
586%	300%	189%	-3%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
586%	643%	189%	-3%

Los grupos que recibieron tratamiento consiguieron unos incrementos en el valor de la heteroforia de cerca con el CT superiores al grupo control de manera estadísticamente significativa en todas las revisiones. Con respecto al incremento de la heteroforia de cerca con el CT entre los grupos de tratamiento se observó que tras 4 semanas el grupo FO presentó un incremento mayor

que el resto de grupos de tratamiento de manera estadísticamente significativa (p-valor= 0,001 con el grupo TVA y p-valor= 0,009 con el grupo CTV). En las siguientes revisiones todos los grupos de tratamiento obtuvieron incrementos relativos similares, sin diferencias estadísticamente significativas.

La tabla 15 muestra la media y la desviación estándar de la **heteroforia horizontal subjetiva medida con el cover test de Thorington** en cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, el análisis de los valores medios entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 15: Media y desviación estándar para la heteroforia horizontal medida con el test Thorington cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (Thorington Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Thorington 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Thorington 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Thorington 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, siendo valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.

GRUPO	THORINGTON Inicial	THORINGTON 4S	THORINGTON 12S	THORINGTON 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	-7,20 ± 3,12	-2,70 ± 1,77	-1,90 ± 1,52	-1,40 ± 1,17	23,22	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,167 0,317
TVA	-8,40 ± 4,69	-3,80 ± 2,35	-1,90 ± 1,79	-1,40 ± 1,71	26,82	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,026 0,180
CTV	-9,25 ± 6,65	-5,30 ± 4,52	-3,60 ± 4,09	-2,90 ± 3,03	15,11	0,002	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,011 0,058 0,102
GC	-6,50 ± 3,78	-6,70 ± 3,74	-7,00 ± 4,40	-6,80 ± 4,29	0,69	0,875	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,470 0,655
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	1,35	6,06	10,92	12,10				
p-valor	0,718	0,109	0,012	0,007				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,017)	FO-GC (0,004) TVA-GC (0,005) CTV-GC (0,053)	FO-GC (0,005) TVA-GC (0,003) CTV-GC (0,043)				

La medida inicial (THORINGTON Inicial) no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,718$). Tras 4 semanas (4 S), aunque las medias de los grupos de tratamiento (FO, TVA y CTV) habían disminuido su exoforia en cerca, solo hubo diferencias estadísticamente significativas entre en grupo FO y el grupo GC ($p = 0,017$). En las siguientes revisiones (12 S y 24 S) sí se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los grupos de tratamiento y el grupo control.

En la medida inicial y las sucesivas realizadas en cada uno de los grupos se encontró que en todos los grupos de tratamiento se redujo la exoforia de forma estadísticamente significativa. El grupo control no presentó cambios ($p = 0,875$).

La tabla 16 muestra los incrementos relativos obtenidos en función del tiempo en los distintos grupos de estudio.

Tabla 16: Incrementos relativos de la heteroforia horizontal subjetiva de cerca medida con el test de Thorington en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
167%	121%	74,5%	-3%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
279%	342%	157%	-7%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
414%	500%	219%	-4%

Se observó que, en todas las revisiones, cada uno de los grupos de tratamiento con respecto al grupo control presentaron unas mejoras en los incrementos relativos estadísticamente significativas. Los incrementos relativos entre los grupos de tratamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Vergencia fusional positiva

La tabla 17 muestra la media y la desviación estándar de los valores del punto de **rotura de la VFP** en cada grupo de estudio, antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. También se muestra la comparación de los valores medios entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 17: Media y la desviación estándar de los resultados de rotura para la vergencia fusional positiva en cerca, en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (ROTURA VFP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA VFP 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA VFP 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; ROTURA VFP 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas.

GRUPO	ROTURA VFP Inicial	ROTURA VFP 4S	ROTURA VFP 12S	ROTURA VFP 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	9,60 ± 1,58	19,60 ± 5,93	22,80 ± 4,42	22,30 ± 4,42	24,61	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,008 0,068 0,317
TVA	12,30 ± 7,80	18,00 ± 6,86	24,90 ± 7,85	25,90 ± 7,79	28,28	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,011 0,008 0,157
CTV	11,40 ± 5,74	20,40 ± 6,88	27,00 ± 7,66	26,20 ± 10,43	23,70	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,655
GC	9,60 ± 2,80	9,60 ± 2,80	10,80 ± 3,55	11,20 ± 3,42	12,56	0,006	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,034 0,414
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	1,30	16,76	22,03	19,29				
p-valor	0,728	0,001	< 0,001	< 0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,031) TVA-GC (0,038) CTV-GC (0,030)	FO-GC (0,030) TVA-GC (0,011) CTV-GC (0,014)	FO-GC (0,039) TVA-GC (0,011) CTV-GC (0,015)				

El análisis de Kruskal-Wallis reveló que en la medida inicial (ROTURA VFP Inicial) no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,728$), y todos ellos presentaron un valor del punto de rotura

de la VFP < 15 Δ y por tanto presentaron este signo característico de la IC. En las distintas revisiones (4 S, 12 S y 24 S) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los grupos FO, TVA y CTV con el grupo GC. Entre los diferentes grupos de tratamiento no se observaron cambios estadísticamente significativos.

Se valoró la diferencia en el punto de rotura de la VFP en la medida inicial y en las sucesivas en cada uno de los grupos, mostrando que en los cuatro grupos de estudio aumentó de forma estadísticamente significativa el punto de rotura de la VFP. Sin embargo, este cambio solo fue clínicamente significativo en los grupos de tratamiento, ya que obtuvieron valores > 15 Δ, el grupo control continuó mostrando valores fuera de la norma.

En la tabla 18 se presentan los incrementos relativos obtenidos en función del tiempo en los distintos grupos de estudio.

Tabla 18: Incrementos relativos de la rotura de la VFP en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-51%	-32%	-44%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-58%	-51%	-58%	-11%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-57%	-52,5%	-56%	-14%

Los grupos de tratamiento consiguieron unos incrementos relativos superiores estadísticamente significativos con respecto al grupo GC ($p \leq 0,001$), no mostrando diferencias entre ellos.

La tabla 19 muestra la media y la desviación estándar del punto de **recobro de la VFP** en cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores

medios entre los grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo la comparación de las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 19: Media y desviación estándar de los valores de recobro para la vergencia fusional positiva (VFP) en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (RECOBRO VFP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; RECOBRO VFP 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; RECOBRO VFP 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; RECOBRO VFP 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).

GRUPO	RECOBRO VFP Inicial	RECOBRO VFP 4S	RECOBRO VFP 12S	RECOBRO VFP 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	5,60 \pm 3,37	15,80 \pm 3,58	17,40 \pm 2,50	17,20 \pm 2,35	23,08	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,008 0,066 0,317
TVA	4,80 \pm 5,24	13,30 \pm 5,58	21,90 \pm 7,53	22,60 \pm 7,76	28,55	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,180
CTV	5,50 \pm 3,50	15,30 \pm 6,70	22,50 \pm 8,02	23,40 \pm 7,35	29,32	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,005 0,102
GC	5,30 \pm 3,53	5,30 \pm 3,53	7,30 \pm 3,71	7,70 \pm 3,89	14,88	0,002	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,039 0,705
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	1,26	18,13	21,56	23,46				
p-valor	0,738	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,002) CTV-GC (0,003)	FO-GC (0,023) TVA-GC (0,007) CTV-GC (0,019)	FO-GC (0,038) TVA-GC (0,014) CTV-GC (0,007)				

En la medida inicial (RECOBRO VFP Inicial) no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio ($p= 0,738$), y todos ellos presentaron un valor de recobro de la VFP $< 10 \Delta$ (criterio de Scheiman) y por tanto todos estaban fuera de la norma. En las distintas revisiones (4 S, 12 S y 24 S) se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los grupos de tratamiento y el grupo control. Sin existir diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento.

Se valoró la diferencia en los valores del punto de recobro de la VFP en la medida inicial y en las sucesivas realizadas a cada uno de los grupos. Se encontró que en los cuatro grupos de estudio se incrementó de forma estadísticamente significativa el punto de recobro de la VFP, aunque sólo los grupos de tratamiento mostraron valores clínicamente significativos ($> 10 \Delta$), o normalizados.

En la tabla 20 se muestran los incrementos en cada revisión en los grupos de estudio.

Tabla 20: Incrementos relativos del punto de recobro de la VFP separada por grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
RECOBRO VFP			
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-64,5%	-64%	-64%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-68%	-78%	-75,5%	-27%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-67%	-79%	-76%	-31%

Los grupos que realizaron tratamiento consiguieron unos incrementos relativos superiores estadísticamente significativos ($p \leq 0,001$) con respecto al grupo control, y sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Vergencia fusional negativa

La tabla 21 muestra los datos de la media y desviación estándar del punto de **rotura de la VFN** por cada grupo de tratamiento antes del inicio del tratamiento y los obtenidos en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. También recoge la comparación de los valores medios entre los cuatro grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 21: Media y la desviación estándar de los resultados de rotura para la vergencia fusional negativa en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (ROTURA VFN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA VFN 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA VFN 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; ROTURA VFN 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento). (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control) VFN: vergencia fusional negativa; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).

GRUPO	ROTURA VFN Inicial	ROTURA VFN 4S	ROTURA VFN 12S	ROTURA VFN 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	11,20 \pm 2,35	13,80 \pm 2,20	14,20 \pm 2,20	14,20 \pm 2,20	18,000	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,013 0,157 1,000
TVA	12,80 \pm 3,68	14,00 \pm 2,98	15,00 \pm 2,54	15,20 \pm 2,15	16,811	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,109 0,059 0,317
CTV	11,80 \pm 5,37	14,60 \pm 3,53	15,60 \pm 3,37	15,60 \pm 3,37	10,810	0,013	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,044 0,129 1,000
GC	10,80 \pm 3,15	10,80 \pm 3,15	10,80 \pm 3,68	10,80 \pm 3,79	0,391	0,942	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 1,000 1,000
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	1,712	7,122	9,577	9,439				
p-valor	0,634	0,068	0,023	0,024				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,031) TVA-GC (0,038) CTV-GC (0,030)	FO-GC (0,030) TVA-GC (0,011) CTV-GC (0,014)	FO-GC (0,039) TVA-GC (0,011) CTV-GC (0,015)				

En la medida inicial (ROTURA VFN Inicial) no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,634$). Tras 4 semanas de tratamiento, se observó que entre los valores medios de los grupos de estudio no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos con el análisis de Kruskal-Wallis. Sin embargo, si se analiza grupo a grupo se observó que los grupos de tratamiento aumentaron sus valores medios frente a los del grupo control, de manera estadísticamente significativa desde la revisión de las 4 S en adelante. Entre los grupos de tratamiento no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las revisiones.

Se valoró la diferencia en los valores del punto de rotura de la VFN en la medida inicial y las sucesivas realizadas en cada uno de los grupos. Se encontró que en los tres grupos de tratamiento el valor medio del punto de rotura de la VFN aumentó de forma estadísticamente significativa a lo largo de las diferentes revisiones, hecho que no ocurrió en el grupo control ($p = 0,942$).

En la tabla 22 se presentan los incrementos en cada revisión en los grupos de estudio.

Tabla 22: Incrementos relativos de la rotura de la VFN en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
RECOBRO VFN			
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-19%	-9%	-19%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-21%	-15%	-23%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-21%	-16%	-24%	0%

En la revisión tras 4 semanas, los grupos FO ($p=0,001$) y CTV ($p= 0,010$) mostraron unos incrementos relativos superiores estadísticamente significativos con respecto al grupo control, no mostrando diferencias con el grupo TVA. Tras 12 semanas desde el inicio, los incrementos relativos fueron similares en todos los grupos de tratamiento y superiores estadísticamente significativos con respecto al grupo control.

Pasadas 24 semanas desde el inicio del tratamiento, se observó que a pesar de cesar los tratamientos los valores de rotura de la VFN continuaron aumentando ligeramente. En este punto el grupo CTV fue el que presentó mayor aumento. El análisis con la U de Mann-Whitney mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo CTV y el grupo TVA ($p = 0,028$).

La tabla 23 muestra la media y la desviación estándar del punto de **recobro de la VFN** por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 23: Media y la desviación estándar de los resultados de recobro para la vergencia fusional negativa en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (RECOBRO VFN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; RECOBRO VFN 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; RECOBRO VFN 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; RECOBRO VFN 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control) VFN: vergencias fusionales negativas; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).

GRUPO	RECOBRO VFN Inicial	RECOBRO VFN 4S	RECOBRO VFN 12S	RECOBRO VFN 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	M \pm DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	8,00 \pm 3,40	11,60 \pm 2,80	12,00 \pm 2,49	12,00 \pm 2,49	15,300	0,002	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,037 0,157 1,000
TVA	8,60 \pm 2,84	11,20 \pm 3,01	12,60 \pm 2,12	12,60 \pm 2,12	23,571	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,042 0,038 1,000
CTV	6,40 \pm 4,40	10,60 \pm 1,90	12,00 \pm 2,67	13,40 \pm 2,99	16,880	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,020 0,140 0,059
GC	8,40 \pm 3,50	8,40 \pm 3,50	8,40 \pm 3,37	8,60 \pm 3,66	1,222	0,748	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,666 0,317
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	3,206	4,724	9,519	10,090				
p-valor	0,361	0,193	0,023	0,018				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	No dif.	FO-GC (0,023) TVA-GC (0,007) CTV-GC (0,019)	FO-GC (0,038) TVA-GC (0,014) CTV-GC (0,007)				

La medida inicial y la medida realizada a las 4 S no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los 4 grupos ($p = 0,361$). En la revisión 12 S, se observó cómo los valores medios de los grupos de tratamiento aumentaron, aunque no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos, con

respecto al grupo control. A las 24 S, se mantuvieron los valores en cada uno de los grupos, con las mismas diferencias observadas en la revisión anterior.

Los grupos de tratamiento aumentaron de forma estadísticamente significativa el valor medio del punto de recobro de la VFN, mientras que el grupo control no mostró cambios ($p = 0,748$).

En la tabla 24 se presentan los incrementos obtenidos en cada grupo de estudio en cada revisión.

Tabla 24: Incrementos relativos del recobro de la VFN en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
RECOBRO VFN			
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-31%	-23%	-40%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-33%	-32%	-47%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-33%	-32%	-52%	2%

Los grupos de tratamiento consiguieron unos incrementos relativos superiores estadísticamente significativos ($p < 0,001$) frente al grupo control, y sin mostrar diferencias entre ellos.

Estereopsis

La tabla 25 compara la media y desviación estándar de los valores de la estereopsis obtenida por cada grupo de estudio antes del inicio del tratamiento y en cada una de las evaluaciones realizadas. Así como, la comparación de los

valores medios entre los grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 25: Media y desviación estándar de la estereopsis en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) evaluación (Estereo Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Estereo 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Estereo 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Estereo 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida de la media son segundos de arco (sec arc).

GRUPO	ESTEREO Inicial	ESTEREO 4S	ESTEREO 12S	ESTEREO 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ^2	p-valor	Dif. medidas	
FO	80,50 ± 53,77	25,50 ± 6,85	24,00 ± 6,58	24,00 ± 6,58	16,83	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,593 1,000
TVA	55,00 ± 25,05	34,00 ± 16,30	21,00 ± 2,11	21,00 ± 2,11	25,32	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,017 1,000
CTV	84,50 ± 53,77	26,50 ± 10,55	21,00 ± 3,16	21,00 ± 3,16	27,00	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,066 1,000
GC	70,00 ± 28,67	70,00 ± 28,67	69,50 ± 35,94	68,50 ± 35,75	1,85	0,605	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,750 0,655
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ^2	2,10	18,27	25,73	25,87				
p-valor	0,552	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,005) CTV-GC (0,001)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,000)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,000) CTV-GC (0,000)				

El análisis de Kruskal-Wallis reveló que en la medida inicial (ESTEREO Inicial) no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,552$). En las distintas revisiones (4 S, 12 S y 24 S) los grupos de tratamiento mostraron unos valores estadísticamente superiores que el grupo control ($p < 0,001$).

Mediante el análisis de Friedman se observó que los grupos de tratamiento mejoraron los valores medios de estereopsis de forma estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$), frente al grupo control, que no mostró cambios ($p = 0,552$). En la tabla 26 se muestran los incrementos entre grupos en las distintas revisiones.

En cada una de las revisiones, todos los grupos que realizaron tratamiento presentaron unos incrementos relativos superiores estadísticamente significativos frente al grupo control. Tras las primeras 4 semanas, entre los grupos de tratamiento se observó que los grupos de FO ($p= 0,019$) y CTV ($p= 0,037$) mejoraron la estereopsis de manera estadísticamente significativa frente al grupo TVA. En las siguientes revisiones todos los grupos de tratamiento alcanzaron unos incrementos relativos similares sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos.

Tabla 26: Incrementos relativos para la estereopsis en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
216%	62%	219%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
235%	162%	302%	0,7%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
235%	162%	302%	2%

2.4. E.2. Acomodación

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en: acomodación relativa negativa y positiva (ARN/ARP), amplitud acomodativa monocular (AAOD y AAOI), y flexibilidad acomodativa monocular (FAM) y binocular (FAB).

Acomodación relativa (ARN/ARP)

La tabla 27 muestra la media y la desviación estándar de los valores de **ARN** obtenidos por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

Tabla 27: Media y desviación estándar de la amplitud relativa negativa en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y de Wilcoxon) (ARN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ARN 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ARN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ARN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) ARN: amplitud relativa negativa; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías (D).

GRUPO	ARN Inicial	ARN 4S	ARN 12S	ARN 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	1,27 ± 0,48	1,70 ± 0,37	1,75 ± 0,39	1,75 ± 0,39	27,82	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,004 0,157 1,000
TVA	1,32 ± 0,60	1,52 ± 0,49	1,75 ± 0,47	1,72 ± 0,45	18,46	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,020 0,024 0,564
CTV	1,20 ± 0,37	1,70 ± 0,33	1,92 ± 0,29	2,12 ± 0,29	27,70	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,004 0,013 0,066
GC	1,52 ± 0,45	1,50 ± 0,46	1,60 ± 0,49	1,60 ± 0,49	4,93	0,177	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,305 1,000
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	2,53	1,95	2,47	8,24				
p-valor	0,470	0,583	0,480	0,041				
Análisis U Mann-Whitney								
Dif. Grupos	No dif.	No dif.	No dif.	FO-CTV (0,034) TVA-CTV (0,024) CTV-GC (0,012)				

Las medidas ARN Inicial, ARN 4S y ARN 12S no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos ($p > 0,05$). No fue hasta la última revisión 24 S cuando se observaron que estas diferencias fueron estadísticamente significativas, siendo estas entre el grupo CTV y el resto de grupos.

Se valoró la diferencia del ARN en la medida inicial y las sucesivas realizadas en cada uno de los grupos. Se encontró que en los grupos de tratamiento aumentó el ARN de forma estadísticamente significativa ($p < 0,001$) y en el grupo control no se observaron cambios ($p = 0,177$).

En la tabla 28 se muestran los incrementos obtenidos por cada grupo en cada revisión.

Tabla 28: Incrementos relativos de la amplitud relativa negativa en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
ARN			
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-25%	-13%	-29%	2%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-27%	-24%	-37%	-5%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-27%	-23%	-43,5%	-5%

Para determinar si estas diferencias fueron estadísticamente significativas se utilizó la U de Mann-Whitney y se observó en cada revisión que cada uno de los grupos de tratamiento con respecto al grupo control sí mostraron diferencias estadísticamente significativas y además se observó en la revisión 24 S diferencias estadísticamente significativas en el grupo CTV con FO ($p = 0,047$) y con TVA ($p = 0,030$).

La tabla 29 muestra la media y la desviación estándar de los valores de **ARP** obtenidos por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

El análisis de Kruskal-Wallis mostró que en las distintas medidas no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

La diferencia del ARP en la medida inicial y las sucesivas realizadas en cada uno de los grupos mostró que en los grupos de tratamiento se aumentó el ARP de forma estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$), mientras que en el grupo control no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,751$).

Tabla 29: Media y desviación estándar de los resultados de la amplitud relativa positiva en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ARP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ARP 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ARP 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ARP 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) ARP: amplitud relativa positiva; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías (D).

GRUPO	ARP Inicial	ARP 4S	ARP 12S	ARP 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
	M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	2,15 ± 0,67	2,45 ± 0,67	2,27 ± 0,66	2,45 ± 0,67	16,09	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,016 0,109 0,059
TVA	1,65 ± 0,76	1,97 ± 0,70	2,37 ± 0,49	2,40 ± 0,54	24,59	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,016 0,014 0,317
CTV	1,70 ± 0,81	2,27 ± 0,69	2,45 ± 0,76	2,52 ± 0,71	22,41	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,004 0,400 0,083
GC	2,22 ± 0,67	2,22 ± 0,67	2,24 ± 0,74	2,30 ± 0,80	1,21	0,751	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,852 0,257
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)								
χ ²	4,56	3,67	0,87	1,12				
p-valor	0,207	0,300	0,833	0,773				

En la tabla 30 se presentan los incrementos relativos entre grupos en cada revisión.

El grupo CTV mostró diferencias estadísticamente significativas en el incremento relativo alcanzado respecto al grupo FO en la revisión 4 S ($p = 0,019$); 12 S ($p = 0,004$) y 24 S ($p = 0,010$). El grupo TVA mostró diferencias estadísticamente significativas en el incremento relativo alcanzado respecto al grupo FO en la revisión 12 S ($p = 0,005$) y 24 S ($p = 0,012$)

Tabla 30: Incrementos relativos de la amplitud relativa positiva en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
ARP			
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS			
-12%	-16,5%	-25%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)			
-5,5%	-30,5%	-31%	-1%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)			
-12%	-31%	-33%	-3%

Amplitud de acomodación

La tabla 31 muestra la media y la desviación estándar de los valores de AA en OD y OI obtenidos por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

En la medida inicial (AA Inicial) hubo diferencias estadísticamente significativas entre los 4 grupos para el OD y no para el OI. Hubo una correlación positiva de alta a moderada entre los valores de la AA del OD y del OI, tanto al inicio (FO $R=0,781$ $p= 0,008$; TVA $R= 0,741$ $p= 0,014$; CTV $R= 0,945$ $p= 0,000$; GC $R= 0,844$ $p= 0,002$), como al final (FO $R= 0,975$ $p< 0,001$; TVA $R= 0,886$ $p= 0,001$; CTV $R= 0,672$ $p= 0,033$; GC $R=0,784$ $p= 0,007$).

En las revisiones 4 S y 12 S se observaron cambios en las medias de AA monocular entre los distintos grupos existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y entre estos y el grupo control. Los valores obtenidos en la revisión 12 S se mantuvieron hasta el final del estudio (24 S) en todos los grupos.

Tabla 31: Media y desviación estándar de los resultados de la amplitud de acomodación para el ojo derecho y el ojo izquierdo en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y de U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (AA Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; AA 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; AA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; AA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) OD: ojo derecho, OI: ojo izquierdo; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son dioptrías (D).

GRUPO		AA Inicial	AA 4S	AA 12S	AA 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
		M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	OD	13,52 ± 5,50	27,36 ± 13,67	27,10 ± 10,66	27,59 ± 10,41	16,325	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,595 0,317
	OI	13,87 ± 5,80	22,92 ± 8,16	26,59 ± 10,89	26,59 ± 10,89	18,075	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,196 1,000
TVA	OD	8,84 ± 2,49	13,42 ± 6,85	21,84 ± 11,26	21,87 ± 10,79	28,133	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,004 0,007 0,414
	OI	9,50 ± 2,54	15,04 ± 8,20	22,24 ± 10,75	21,28 ± 7,28	27,233	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,705
CTV	OD	9,89 ± 2,93	14,46 ± 4,82	21,92 ± 5,96	22,55 ± 6,13	25,921	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,011 1,000
	OI	9,60 ± 2,78	14,61 ± 3,86	22,84 ± 6,98	22,77 ± 6,45	27,862	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,007 0,890
GC	OD	11,90 ± 2,67	12,01 ± 2,60	12,69 ± 3,04	12,42 ± 3,12	1,753	0,625	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,530 0,157
	OI	11,21 ± 2,09	11,46 ± 2,08	12,31 ± 3,68	11,88 ± 2,65	0,945	0,815	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,582 0,564
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)									
χ ² (OD)		8,412	12,053	16,397	17,865				
p-valor		0,038	0,007	0,001	< 0,001				
χ ² (OI)		6,708	13,890	16,233	18,662				
p-valor		0,082	0,003	0,001	< 0,001				
Dif. Grupos (OD)		FO-TVA (0,020) TVA-GC (0,022)	FO-TVA (0,009) FO-CTV (0,013) FO-GC (0,003)	FO-GC (0,001) TVA- GC (0,012) CTV-GC (0,001)	FO-GC (0,001) TVA - GC (0,003) CTV-GC (0,001)				
Dif. Grupos (OI)		No dif.	FO-TVA (0,019) FO-CTV (0,020) FO-GC (0,000)	FO-GC (0,001) TVA- GC (0,005) CTV-GC (0,001)	FO-GC (0,000) TVA - GC (0,001) CTV-GC (0,001)				

Desde el inicio al fin del tratamiento, los grupos FO, TVA y CTV mejoraron la AA del OD y del OI de forma estadísticamente significativa ($p \leq 0,001$). Mientras

que en el grupo control no existieron cambios estadísticamente significativos ($p = 0,625$ para el OD y $p = 0,815$ para el OI).

En la tabla 32 se muestran los incrementos entre grupos en las distintas revisiones. Respecto a los incrementos relativos se observó que en la revisión 4 S y solo para el OD, una mejora estadísticamente significativa en el grupo FO respecto al grupo TVA ($p = 0,011$) y al grupo CTV ($p < 0,001$), y todos los grupos de tratamiento mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo GC. En el resto de las revisiones realizadas tanto para OD como para OI, los incrementos relativos de los grupos de tratamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí con el grupo control.

Tabla 32: Incrementos de la amplitud acomodativa del OD y OI separada por grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) (OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo).

	GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
AA				
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS				
OD	87%	33%	46%	1%
OI	69%	36,5%	53%	2%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)				
OD	100%	120%	123%	6%
OI	93%	111%	132%	6%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)				
OD	105%	128%	126%	3,5%
OI	93%	115%	132%	4,5%

Flexibilidad acomodativa

MONOCULAR (FAM, OD y OI) Y BINOCULAR (FAB)

La tabla 33 muestra la media y la desviación estándar de los valores de Flexibilidad acomodativa (FA) en OD, OI y AO obtenidos por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

En la medida inicial la FA mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p = 0,016$) en monocular. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,110$) en binocular. Existió una correlación muy fuerte entre los valores de la FAM del OD y del OI, en todos los grupos y en cada medida realizada.

Desde la medida inicial a la final se encontró que en los grupos que recibieron tratamiento aumentó el valor de la FAM y de la FAB de forma estadísticamente significativa, y el grupo control no mostró cambios.

En la tabla 34 se muestran los incrementos relativos entre las distintas medidas en cada grupo de estudio.

El incremento relativo de la FAM mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. El grupo FO mostró diferencias estadísticamente significativas en el incremento relativo alcanzado respecto al grupo TVA en la revisión 4 S en OD ($p = 0,002$) y OI ($p = 0,001$); 12 S en OD ($p = 0,034$) y OI ($p = 0,001$); 24 S en OI ($p = 0,002$). El grupo CTV mostró diferencias estadísticamente significativas en el incremento relativo alcanzado respecto al grupo TVA en la revisión 4 S en OD ($p = 0,037$) y 12 S en OI ($p = 0,031$). El incremento relativo de la FAB no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, pero sí respecto al grupo control en cada revisión

Tabla 33: Media y desviación estándar de la flexibilidad acomodativa (FA) en monocular (OD y OI) y en binocular (AO) en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (FA Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; FAM 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; FA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; FA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: foto-

terapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son ciclos por minuto (cpm)

GRUPO		FA Inicial	FA 4S	FA 12S	FA 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
		M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	OD	8,60 ± 2,07	12,45 ± 1,62	12,30 ± 1,49	12,25 ± 1,40	22,61	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,916 0,785
	OI	8,20 ± 1,62	11,45 ± 1,46	12,05 ± 0,86	12,20 ± 0,92	23,48	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,046 0,083
	AO	5,50 ± 1,51	8,45 ± 1,66	9,00 ± 1,31	9,00 ± 1,35	25,080	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,216 1,000
TVA	OD	10,50 ± 2,41	11,75 ± 2,15	13,00 ± 2,31	13,10 ± 2,33	27,50	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,007 0,010 0,317
	OI	10,90 ± 2,38	11,80 ± 2,06	12,60 ± 2,45	12,90 ± 2,42	20,68	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,026 0,088 0,063
	AO	5,35 ± 3,40	6,55 ± 3,11	8,45 ± 1,80	8,60 ± 1,90	27,828	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,011 0,007 0,180
CTV	OD	7,55 ± 3,30	9,75 ± 3,39	11,00 ± 3,06	11,45 ± 2,02	24,03	0,004	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,008 0,024 0,581
	OI	6,95 ± 3,97	9,55 ± 3,15	11,00 ± 3,50	11,30 ± 2,11	20,25	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,038 0,023 0,715
	AO	3,50 ± 1,97	6,55 ± 3,06	7,35 ± 3,96	7,20 ± 3,27	13,345	0,004	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,015 0,063 0,713
GC	OD	6,40 ± 2,76	6,50 ± 2,68	7,10 ± 3,04	7,05 ± 3,08	7,60	0,055	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,058 0,317
	OI	6,85 ± 3,11	6,85 ± 2,92	7,10 ± 3,19	7,35 ± 3,14	4,84	0,184	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,194 0,025
	AO	3,55 ± 2,19	3,65 ± 2,13	4,00 ± 2,19	3,85 ± 2,31	2,463	0,482	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,250 0,257
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)									
	χ ² (OD)	10,39	19,60	17,87	18,29				
	p-valor (OD)	0,016	< 0,001	< 0,001	< 0,001				
	χ ² (OI)	10,30	16,34	14,93	17,02				
	p-valor (OI)	0,016	0,001	0,002	0,001				
	χ ² (AO)	6,034	12,470	16,231	17,533				
	p-valor (AO)	0,110	0,006	0,001	0,001				
Análisis u de Mann-Whitney									
Dif. Grupos (OD)	TVA-CTV (0,032) TVA-GC (0,004)	FO-CTV (0,033) FO-GC (0,000) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,020)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,012)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,005)					
Dif. Grupos (OI)	FO-TVA (0,004) TVA-CTV (0,020) TVA-GC (0,013)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,017)	FO-GC (0,001) TVA-GC (0,001) CTV-GC (0,008)					
Dif. Grupos (AO)	FO-CTV (0,028) FO-GC (0,047)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,040) CTV-GC (0,040)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,001)	FO-GC (0,000) TVA-GC (0,001)					

Tabla 34: Incrementos relativos de la flexibilidad acomodativa monocular para el ojo derecho (FAM (OD)), ojo izquierdo (FAM (OI)) y binocular (FAB) en los distintos grupos de tratamiento (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

	GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
FLEXIBILIDAD ACOMODATIVA				
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS				
FAM(OD)	-31%	-11%	-22,5%	-1,5%
FAM(OI)	-28%	-8%	-27%	0%
FAB	-35%	-18%	-46,5%	-3%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)				
FAM(OD)	-30%	-20%	-31%	-10%
FAM(OI)	-32%	-13,5%	-37%	-3,5%
FAB	-39%	-37%	-52%	-11%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)				
FAM(OD)	-30%	-20%	-34%	-9%
FAM(OI)	-33%	-15,5%	-38%	-7%
FAB	-39%	-38%	-51%	-8%

2.5. E.2. Velocidad lectora

La tabla 35 muestra la media y la desviación estándar de los valores de VL de forma monocular (OD y OI) y binocular (AO) obtenidos por cada grupo antes del inicio del tratamiento y en cada una de las revisiones realizadas durante el estudio. Así como, la comparación de los valores medios entre los 4 grupos en cada medida realizada y dentro de cada grupo se comparan las medias entre las medidas realizadas en el tiempo.

En la media inicial y sucesivas la VL, binocular y monocular, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de estudio. A su vez todos los grupos de estudio experimentaron una mejora estadísticamente significativa en la VL, binocular y monocular, desde el inicio a la finalización del estudio.

En la tabla 36 se pueden mostrar los incrementos relativos de la VL en binocular y en monocular obtenidos en cada grupo en cada revisión.

Tabla 35: Media y la desviación estándar de los resultados de la velocidad lectora en binocular (AO) y en monocular (OD y OI) en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis) y a lo largo del tiempo en cada grupo (Análisis de Friedman y Wilcoxon) (VL Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; VL 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; VL 12S: medida tras finalizar el tratamiento; VL 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). VL: velocidad lectora; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo; AO: ambos ojos; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida para la VL son palabras por minuto (ppm).

GRUPO		VL Inicial	VL 4S	VL 12S	VL 24S	Análisis Friedman (Tiempo)		Análisis Wilcoxon	
		M ± DE	M ± DE	M ± DE	M ± DE	χ ²	p-valor	Dif. medidas	
FO	AO	95,30 ± 20,92	109,10 ± 19,35	110,00 ± 18,99	110,30 ± 18,92	22,29	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,159 0,546
	OD	100,20 ± 22,64	105,90 ± 21,24	107,10 ± 22,39	107,00 ± 22,60	18,07	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,012 0,088 1,000
	OI	96,70 ± 23,84	102,80 ± 21,76	105 ± 22,19	105,50 ± 21,75	19,09	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,016 1,000
TVA	AO	117,40 ± 31,81	122,60 ± 32,18	127,80 ± 31,77	128,30 ± 31,76	25,75	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,014 0,008 0,129
	OD	117,00 ± 32,39	117,80 ± 34,14	120,30 ± 32,94	121,20 ± 32,78	21,68	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,438 0,017 0,104
	OI	116,00 ± 33,14	118,00 ± 31,31	120,00 ± 33,81	121,00 ± 33,30	17,90	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,026 0,135 0,047
CTV	AO	100,90 ± 24,79	111,10 ± 29,06	118,00 ± 31,08	120,30 ± 30,60	27,29	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,012 0,045
	OD	101,70 ± 21,95	107,30 ± 24,24	112,10 ± 25,57	112,50 ± 25,51	22,30	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,008 0,035 0,336
	OI	97,50 ± 20,65	103,70 ± 21,64	108,40 ± 23,88	110,90 ± 23,75	22,50	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,005 0,089 0,027
GC	AO	102,20 ± 30,72	102,40 ± 30,81	105,70 ± 31,11	107,80 ± 30,94	15,82	0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,057 0,041
	OD	101,70 ± 28,59	101,70 ± 28,59	106,20 ± 29,08	106,90 ± 29,23	28,45	< 0,001	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	1,000 0,005 0,143
	OI	103,30 ± 29,51	103,50 ± 29,65	107,50 ± 30,22	107,00 ± 30,76	15,38	0,002	In - 4S 4S - 12S 12S - 24S	0,317 0,020 0,276
Análisis Kruskal-Wallis (entre grupos)									
	χ ² (OD)	3,02	1,65	2,46	2,26				
	p-valor (OD)	0,388	0,647	0,483	0,519				
	χ ² (OI)	2,40	1,05	0,95	1,23				
	p-valor (OI)	0,494	0,790	0,812	0,746				
	χ ² (AO)	2,71	1,60	1,45	1,28				
	p-valor (AO)	0,439	0,658	0,694	0,734				

El incremento relativo en la VL binocular a las 4 S, el grupo FO presentó una mejora estadísticamente significativa frente a los grupos TVA ($p = 0,004$) y GC ($p < 0,001$), no mostrando diferencias respecto al grupo CTV. El incremento relativo de la VL monocular en los grupos FO y CTV, mostraron una mejora estadísticamente significativa frente a los grupos TVA ($p = 0,034$ con FO; $p = 0,005$ con CTV) y GC ($p < 0,001$ con FO; $p = 0,001$ con CTV).

En las revisiones 12 S y 24 S los incrementos relativos no mostraron diferencias entre los grupos de estudio, destacando que las mejoras en los incrementos fueron superiores en la medida de la VL binocular.

Tabla 36: Incrementos de la velocidad lectora en binocular (AO) y en monocular (OD y OI) en los distintos grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control)

	GRUPO FO	GRUPO TVA	GRUPO CTV	GRUPO GC
VL				
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 4 SEMANAS				
AO	-13%	-4%	-9%	0%
OD	-5%	-1%	-5%	0%
OI	-6%	-2%	-6%	0%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 12 SEMANAS (FIN DE TRATAMIENTO)				
AO	-13%	-8%	-14,5%	-3%
OD	-6%	-3%	-9%	-4%
OI	-8%	-3%	-10%	-4%
INCREMENTO DESDE LA MEDIDA INICIAL HASTA LAS 24 SEMANAS (SIN TRATAMIENTO)				
AO	-13,5%	-8,5%	-16%	-5%
OD	-6%	-3,5%	-10%	-5%
OI	-8%	-4%	-12%	-3,5%

2.6. E.2. Relación entre variables

Se estudiaron las relaciones entre las variables binoculares determinantes en la caracterización de la IC. También se estudió la relación entre la velocidad lectora y las variables binoculares: PPC, estereopsis, VFP, AA, FAB y FAM.

En cuanto a la relación entre variables binoculares, al inicio del estudio en el grupo que realizó la fototerapia optométrica, se observó que la estereopsis mostró una correlación positiva moderadamente fuerte con el punto de rotura del PPC ($R= 0,786$; $p= 0,007$) e inversa moderadamente fuerte con el punto de recobro de las VFP ($R= - 0,771$; $p= 0,009$). La estereopsis también mostró una correlación positiva moderadamente fuerte con el cuestionario CISS ($R= 0,722$; $p= 0,018$) en el grupo de terapia visual activa.

En la tabla 37 se presentan las relaciones entre variables binoculares con la VL.

Tabla 37: Correlaciones entre variables binoculares características de la IC y la velocidad lectora. VL: velocidad lectora; GCTV: grupo de combinación de ambas terapias; GTVA: grupo de terapia visual activa; GC: grupo control; PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencia fusional positiva; R= coeficiente de correlacion Rho de Spearman; p: p-valor.

	GRUPO	VL binocular	
PPC ROTURA INICIAL	GTVA	R= - 0,646	p=0,044
	GC	R= - 0,803	p= 0,005
VFP ROTURA INICIAL	GCTV	R= 0,638	p= 0,047
ESTEREO INICIAL	GCTV	R= -0,806 (OD) R= -0,670 (OI)	p= 0,05 (OD) p= 0,034 (OI)
ESTEREO 4 S	GCTV	R= - 0,749 (AO) R= - 0,753 (OI) R= - 0,696 (OD)	p= 0,013 (AO) p= 0,012 (OI) p= 0,025 (OD)

La Figura 20.A muestra la relación entre la velocidad lectora y la rotura del PPC, en los grupos TVA y GC. Hubo una relación inversa moderadamente fuerte entre la VL y la rotura del PPC en el grupo de terapia visual activa (Grupo TVA; $R= - 0,646$ $p= 0,044$) y una correlación inversa fuerte en el grupo control (Grupo GC; $R= - 0,803$; $p= 0,005$). Hubo una relación inversa fuerte entre la VL y la estereopsis en el grupo CTV ($R= - 0,806$; $p= 0,005$) (figura 20.B). También se encontró una relación positiva moderada entre la VL y el recobro de las VFP en el grupo CTV ($R= 0,638$; $p= 0,047$) (figura 20.C).

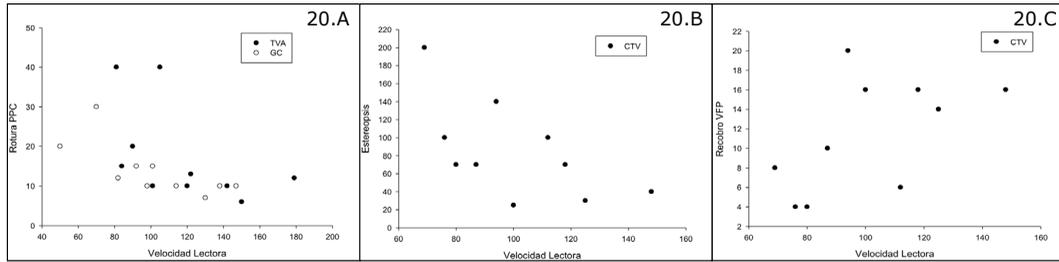


Figura 20.A: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora binocular y los valores de rotura del PPC. 20.B: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora y la estereopsis. 20.C: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora y en punto de recobro de las VFP. (TVA: grupo terapia visual activa; CTV: grupo combinación de ambos tratamientos; GC: grupo control. PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencias fusionales positivas.).

- 1. E.1. Prevalencia de IC**
- 2. E.2. Tratamiento de IC**
 - 2.1. E.2. Síntomas**
 - 2.2. E.2. Binocular**
 - 2.3. E.2. Acomodación**
 - 2.4. E.2. Velocidad lectora**
 - 2.5. E.2. Limitaciones del estudio**
 - 2.6. E.2. Puntos fuertes del estudio**

DISCU

DISCUSIÓN

DISCUSIÓN



1. E.1. Prevalencia de IC

Presentados los resultados relativos a la prevalencia de IC en una población no clínica de niños españoles de 6 a 14 años, se pasa a su discusión con otros estudios sobre prevalencia de IC en poblaciones de edades similares.

Las tasas de prevalencia variaron entre el 5,30% para un diagnóstico definitivo de IC (tres signos), y el 23,76% para un solo signo de IC. Se detectaron dos signos que indican una alta sospecha de IC en el 12,15% de la población de nuestro estudio.

Estas prevalencias son similares a las reportadas por otros autores en niños de este rango de edad ^(10,16,40). Según los criterios del grupo CITT utilizados para diagnosticar la IC, un sujeto debe tener tres signos característicos i) exoforia cerca $\geq 4\Delta$ que en lejos, ii) rotura de PPC > 6 cm, iii) rotura de la VFP $< 15\Delta$ o no cumple el criterio de Sheard. Nuestra prevalencia con los mismos tres signos de IC fue ligeramente superior a la obtenida en los exámenes escolares por los grupos de Rouse et al. ⁽¹⁷⁾ (4,2%) y Scheiman et al. ⁽¹⁰⁾ (4,6%). Es importante considerar el entorno de estudio, ya que los resultados no son los mismos cuando la evaluación se realiza en un colegio o en una clínica. En algunos estudios, las prevalencias de IC determinadas en una clínica de optometría han llegado al 17%, como describen Rouse et al. ⁽¹⁸⁾, y los exámenes en los colegios han proporcionado una prevalencia tan baja como el 6%, según lo detectado por Menjivar et al. ⁽⁴⁰⁾ (tabla 1). La clave para el éxito de los screenings visuales es detectar los problemas de visión desde el principio y no cuando los

pacientes visitan una clínica. Sin embargo, algunos estudios de prevalencia de IC han arrojado tasas más altas que las observadas aquí (11,17,37-39). Esto podría deberse a un sesgo de las medidas tomadas en la clínica, puesto que son pacientes que presentan sintomatología. Por el contrario, los niños inscritos en este estudio fueron examinados en el colegio y no presentaban molestias oculares ni síntomas aparentes.

No se detectaron diferencias en la prevalencia de IC por sexo. Este hallazgo no se asemeja con los resultados de otros estudios. Ma et al.(42) informaron de una proporción de 3:2 niñas frente a niños con IC, pero fue una población que comprendía 230 más mujeres que hombres. En otros estudios realizados en poblaciones con números similares de niñas y niños, como en el presente estudio, se observaron prevalencias de IC similares en ambos sexos (16,17,39,141,142).

La mayoría de los sujetos diagnosticados con IC en nuestro estudio tenían una agudeza visual de 0,1 logMAR, por este motivo. Es importante destacar que la IC es una anomalía binocular. Los sujetos con IC suelen mostrar una agudeza visual normal ya que esta no suele verse afectada por la disfunción binocular. Nuestros hallazgos apuntan a la necesidad de exámenes más exhaustivos en los niños en edad escolar, ya que la agudeza visual no ofrece ninguna información sobre otras habilidades visuales deficientes que podrían ayudar a explicar los problemas de aprendizaje o de atención (50-53). Además, la IC puede tener un impacto en la calidad de vida, especialmente durante la lectura y el trabajo en visión próxima.

Los screenings visuales son hoy en día una parte integral del sistema educativo en muchos países (143). Sin embargo, este screening, basado en 3 pruebas de referencia (*gold standar*), se centra en las habilidades monoculares de cerca y de lejos y carece de una prueba específica para evaluar las habilidades visuales binoculares. Dado que las habilidades visuales binoculares son esenciales para el rendimiento escolar de los niños, la detección temprana y el tratamiento de la insuficiencia de convergencia podrían mejorar significativamente su capacidad de aprendizaje.

2. E.2. Tratamiento de IC

Presentados los resultados obtenidos en cada grupo de tratamiento y en cada una de las medidas realizadas de las pruebas binoculares que caracterizan la

IC, pruebas acomodativas y velocidad lectora, a continuación, se pasa a su valoración y discusión con los resultados publicados por otros autores en relación con los objetivos de la presente investigación.

2.1. E.2. Síntomas

Los resultados obtenidos en el cuestionario CISS se muestran representados al inicio del tratamiento y en las revisiones realizadas, y según indican los autores del cuestionario una puntuación superior a 16 puntos indica sintomatología característica de la IC ⁽⁴⁴⁾.

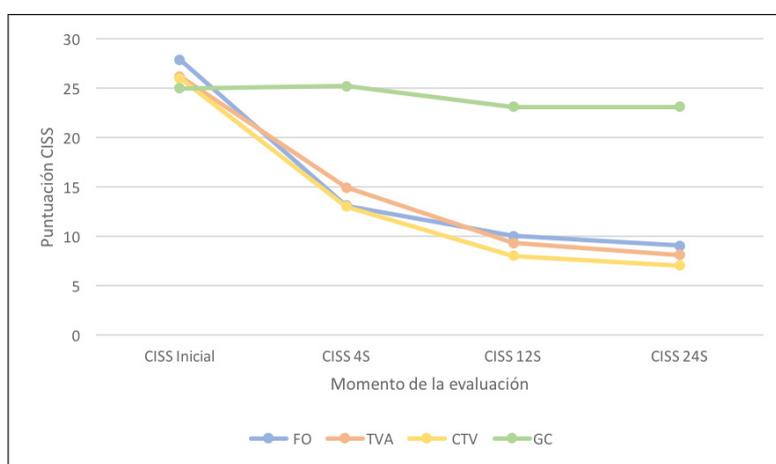


Figura 21: Evolución de la media del cuestionario CISS en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (CISS Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; CISS 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CISS 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CISS 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (FO: fototerapia optométrica; TVA: terapia visual activa; CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; GC: grupo control). Las unidades de medida del CISS son puntos.

En la figura 21 se representan la evolución en el tiempo de los valores medios obtenidos, en cada una de las medidas realizadas a cada grupo. Al comienzo del estudio todos los individuos presentaron valores superiores a 16 puntos lo que indica que eran sintomáticos (criterio de inclusión). Se puede apreciar que en la revisión tras 4 semanas (CISS 4S) los grupos de tratamiento disminuyeron notablemente sus síntomas, de tal manera que la media de síntomas que más bajó fue la correspondiente al grupo FO, disminuyendo sus síntomas en

14,80 puntos. En segundo lugar, redujo 13,00 puntos el grupo CTV, y el grupo TVA, redujo en 11,30 puntos. En el grupo GC la puntuación media se mantuvo desde la media inicial. También se observó que pasadas 12 semanas los grupos que habían recibido tratamiento (FO, TVA y CTV) seguían siendo asintomáticos frente al grupo GC que mostraba una puntuación mayor a 16 puntos. Es de destacar que el descenso de los síntomas fue más suave en las siguientes 12 semanas de tratamiento, incluso siguió bajando después de cesar el tratamiento por otras 12 semanas en los grupos FO, TVA y CTV.

Tabla 38: Valores medios obtenidos en la puntuación del cuestionario CISS en el presente estudio y por otros autores.

Autor (año)	N tratados (total)	Edad (años)	Duración del tratamiento (semanas)	Puntuación CISS tras el tratamiento	Tipo de tratamiento
CITT (2005b) (58)	15 (47)	9-18	12	9,5	Acomodación-Vergencia
CITT-ART (2019) (30)	198 (302)	9-14	16	17,0	Acomodación-Vergencia (+ terapia visual en casa)
Scheiman (2008) (65)	59 (219)	9-17	12	15,0	Acomodación-Vergencia (+ terapia visual en casa)
CITT (2009) (81)	79	9-17	12	8,6	Acomodación-Vergencia (+ terapia visual en casa)
Nehad (2018) (144)	50 (102)	7-13	12	14,6	Acomodación-Vergencia (+ terapia visual en casa)
Aletaha (2018) (145)	28 (84)	15-35	No indicado	19,5	Acomodación-Vergencia (+ push up casa)
PRESENTE GRUPO FO (2022)	10 (40)	9-17	4	13,1	Fototerapia optométrica
			12 (4 FO + 8 sin tto)	10	
PRESENTE GRUPO TVA (2022)	10 (40)	9-17	4	14,9	Acomodación-Vergencia (+ terapia visual en casa)
			12	9,3	
PRESENTE GRUPO CTV (2022)	10 (40)	9-17	4	13	Fototerapia optométrica + Acomodación-vergencia
			12	8	

La tabla 38 muestra los valores obtenidos en el presente estudio y los resultados obtenidos por otros autores que estudiaron los cambios en el cuestionario

CISS, tras el tratamiento de la IC con terapia visual de acomodación-vergencia con refuerzo para casa. Los resultados obtenidos en el presente estudio en los tres grupos de tratamiento tras las primeras 4 semanas son similares a los que obtuvieron Scheiman et al. ^(65,146) al final del tratamiento de 12 semanas. Al final de las 12 semanas en los grupos del presente estudio los resultados obtenidos son similares a los de CITT 2005 ⁽⁵⁸⁾ y CITT 2009 ⁽⁸¹⁾ en el mismo período de tratamiento. Si comparamos con otros estudios similares recogidos en la tabla 33, el presente estudio fue el que mostró mayor disminución de sintomatología a las 12 semanas ^(65,83,144-146).

En el estudio presente es de destacar que los cambios en los síntomas tras realizar el tratamiento de fototerapia optométrica, durante 4 semanas, disminuyen de manera similar o superior que otros estudios tras realizar terapia visual activa durante 12 semanas. Además, se debe tener en cuenta que el grupo de fototerapia optométrica invirtió solamente un tiempo de 10 minutos diarios durante esas primeras 4 semanas y el grupo que combina ambas terapias invirtió un total de 25 minutos al día (10 minutos de fototerapia optométrica más 15 de terapia visual activa), teniendo una duración de 12 semanas. El resultado de CISS fue 10 puntos en FO y 8 puntos en CTV. En las últimas investigaciones de la Cochrane ⁽⁷²⁾ recogieron estudios de duración de 12 semanas, y algunos sujetos presentaron falta de adherencia a los tratamientos, por lo que si estos fueran más cortos es posible que la adherencia fuera mayor, ya que supondría un menor esfuerzo y tiempo para el paciente. El tiempo de ejecución del tratamiento también fue menor al realizar de manera exclusiva la fototerapia optométrica frente a realizar de manera exclusiva la terapia visual activa. Debido a la innovación del estudio que incluye el tratamiento de la fototerapia optométrica, no existen estudios previos que comparen resultados dónde hayan aplicado fototerapia optométrica sola o combinada con terapia visual activa.

En cuanto al mantenimiento de los resultados conseguidos en el presente estudio, en la revisión 24S, se observó que los tres grupos que recibieron tratamiento mantuvieron la mejora de los síntomas asociados a la IC en este tiempo, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En otros estudios incluyeron la valoración de los pacientes tras un año desde el final del tratamiento, pero en dichos estudios se ha prescrito terapia de mantenimiento para casa, por lo que no sería comparable con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que no se prescribió terapia de mantenimiento. No hay datos que permitan comparar con otros estudios si los resultados se mantenían o no a las 24 semanas (12 últimas ya sin tratamiento)

Comparando los incrementos desde la medida inicial y las sucesivas, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los incrementos de los grupos de tratamiento, pero sí con el grupo GC.

2.2. E.2. Binocular

PPC (rotura y recobro)

En la figura 22 se observan las puntuaciones medias obtenidas en la **rotura del PPC** en cada una de las medidas realizadas en cada grupo. La media de los valores de rotura del PPC en los grupos de tratamiento (FO, TVA y CTV) se redujo este valor en cada revisión de forma similar, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí con el grupo control. Los grupos de tratamiento presentaron una mejora clínicamente significativa (disminuir el PPC 4 cm) a las 4 semanas, y alcanzaron valores normales (< 6 cm) tras 12 semanas de tratamiento.

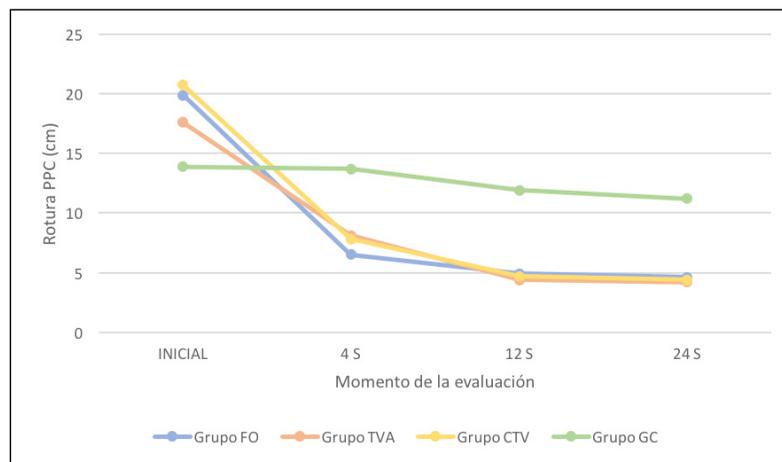


Figura 22: Evolución de la media de los valores del punto de rotura del PPC en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio. (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). PPC: punto próximo de convergencia. Las unidades de medida son centímetros (cm).

Los grupos que realizaron FO, sola, o en combinación, CTV, fueron los que más mejoraron, disminuyendo la rotura del PPC en 13,40 cm y 12,90 cm, respectivamente, según recoge la tabla 39. Tras 12 semanas todos los grupos de tratamiento siguieron mejorando el PPC, disminuyendo más de 4 cm el punto de rotura del PPC y su valor final fue < 6 cm. Todos estos cambios, sin diferencias estadísticas entre los grupos de tratamiento, fueron clínica y estadísticamente significativos con respecto al grupo control, que no mostró mejoras. La principal diferencia estuvo en que el grupo FO recibió terapia durante las primeras 4 semanas y obtuvo resultados similares a los otros grupos de tratamiento que realizaron terapia durante 12 semanas.

La tabla 39 muestra los resultados obtenidos en el presente estudio y los realizados por otros investigadores que realizaron terapia visual activa en consulta y en casa, con ejercicios acomodación-vergencia como método de tratamiento para la IC. Los programas de terapia visual propuestos por otros autores son similares a los realizados en el protocolo de esta investigación para los grupos TVA y CTV, por lo que podemos considerar dichos estudios y sus resultados CITT (2005b), Scheimann, Shin, Nehad y Aletaha, comparables con el realizado ^(65,83,144-146). Los resultados de la rotura del PPC en el presente estudio en los grupos de tratamiento [grupo FO (4,9 cm), CTV (4,7 cm) y TVA (4,4 cm)] fueron similares a los presentados por Scheiman et al. ⁽⁶⁵⁾ en un grupo de edades similares, y un periodo de tratamiento de 12 semanas (4 cm). También obtuvieron valores similares los estudios del grupo CITT ⁽⁵⁸⁾ (4,5 cm) y del CITT-ART ⁽³⁰⁾ (3,9 cm).

Encontramos que los rangos de mejora oscilan entre 10,4 en el presente estudio frente a 15, 16 y 13,2 cm de otros estudios. Estos valores se ven influenciados no solo por el tratamiento realizado si no por el valor medio de la rotura del PPC que presentaban al inicio del tratamiento. Así como, la duración del programa de terapia visual. La mayoría de los estudios emplearon 12 semanas, alguno aplicó el tratamiento durante 20 semanas y el grupo FO del presente estudio durante 4 semanas, obteniendo resultados similares.

En cuanto al mantenimiento de los resultados conseguidos en el presente estudio, en la revisión 24 S, se observó que los tres grupos que recibieron tratamiento mostraron incluso una mejora del valor de rotura del PPC en este tiempo, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En otros estudios incluyen la valoración de los pacientes tras un año desde el final del tratamiento ^(81,83), pero en dichos estudios se ha prescrito terapia de mantenimiento para casa, por lo que no sería comparable con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que no se prescribió terapia de mantenimiento.

Tabla 39: Valores medios obtenidos en la rotura del PPC en el presente estudio y por otros autores.

Estudio (año)	N tratados (total)	Edad (años)	Tiempo de tratamiento (semanas)	Rotura PPC tras el tto acc/verg (cm)	Rango de mejora conseguido (cm)
CITT (2005b) (58)	15 (47)	9-18	12	4,5	9,2
CITT-ART (2019) (30)	198 (302)	9-14	16	3,9	10,4
Scheiman (2008) (65)	59 (219)	9-17	12	4	10,4
Adler (2002) (98)	(92)	6-35	20	4,88	18,3
Shin (2011) (83)	27 (57)	9-13	12	3,2	5,5
Nehad (2018) (144)	50 (102)	7-13	12	4,9	4,6
Aletaha (2018) (145)	28 (84)	15-35	No indicado	4,5	5,5
PRESENTE GRUPO FO (2022)	10 (40)	9-17	4	6,5	13,4
			12 (4 FO + 8 sin tto)	4,90	15
PRESENTE GRUPO TVA (2022)	10 (40)	9-17	12	4,4	13,2
PRESENTE GRUPO CTV (2022)	10 (40)	9-17	12	4,70	16

No hay datos que permitan comparar con otros estudios si los resultados se mantenían o no a las 24 semanas (12 últimas ya sin tratamiento)

Comparando los incrementos desde la medida inicial y las sucesivas, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los incrementos de los grupos de tratamiento, pero si con el grupo GC.

A medida que todos los grupos de tratamiento fue mejorando el punto de rotura del PPC también lo hizo el **punto de recobro**, disminuyendo más de 10 cm tras 4 semanas de tratamiento. En las distintas revisiones se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los grupos de tratamiento y el grupo control, sin encontrar diferencias entre los tres grupos de tratamiento. El valor medio final del recobro del PPC en los grupos de tratamiento disminuyó una media de 20 cm, mientras que en el grupo control disminuyó 5 cm. Los resultados obtenidos en el presente estudio no pueden compararse con otros estudios, de artículos en revistas indexadas, ya que no han sido objeto de estudio en pacientes con IC, por no considerarlo un signo clínico.

En la figura 23 se observa la evolución de los cambios en el recobro del PPC en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

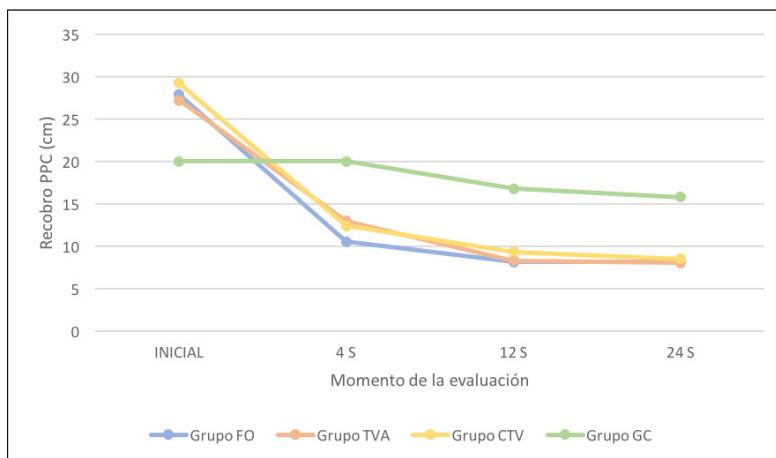


Figura 23: Evolución de la media de los valores del punto de recobro del PPC en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

Los valores medios del punto de recobro del PPC en los grupos de tratamiento se reducen en mayor cuantía en las primeras 4 semanas, siendo la mejora más suave en las siguientes 12 semanas y observando un mantenimiento de los resultados una vez cesado el tratamiento. En el grupo control se observó una ligera mejoría, mostrando cambios no estadísticamente significativos desde el inicio hasta finalizar el estudio.

Los incrementos relativos alcanzados por los grupos de tratamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí con el grupo control.

Heteroforia de cerca

Los resultados de la heteroforia de cerca se calcularon con el **Cover test (CT)** y con el test de Thorington. La prueba del Cover test es una prueba objetiva y es el test de referencia (*gold standar*) en otras investigaciones, por eso se discu-

tirán los resultados encontrados en esta prueba en los sujetos del presente estudio. Según el grupo CITT, tener exoforia de cerca $\geq 4 \Delta$ con respecto a lejos, es un signo característico de la IC. En el presente estudio se consideró un cambio clínicamente significativo si los valores del CT de cerca disminuyeron hasta presentar una exoforia $\leq 6 \Delta$ en cerca o presentara una diferencia menor de 4Δ de exoforia en lejos que en cerca.

En la figura 24 se observan los valores de la foria de cerca obtenidos con el CT en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

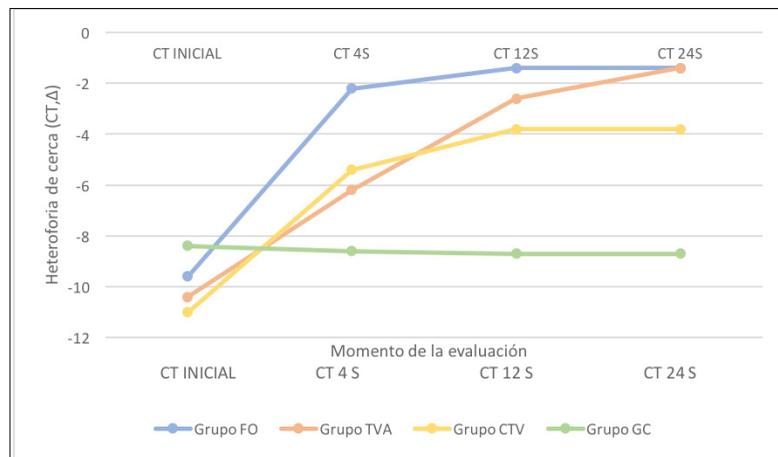


Figura 24: Evolución de la media de los valores de foria de cerca medidos con el Cover test en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio (CT INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; CT 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CT 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CT 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Los valores con signo negativo (-) representa exoforia. Los valores con signo positivo (+) representan endoforia. Las unidades de medida son dioptrías prismáticas (Δ).

En todos los sujetos del estudio el valor medio del CT de lejos permaneció en 1Δ de exoforia tanto en las medidas tomadas al inicio como en las posteriores, sin cambios estadísticamente significativos. Al inicio del estudio se pudo apreciar que todos los individuos presentaron unos valores muy superiores a 8Δ de exoforia en cerca. Por lo que todos los sujetos presentaron este signo característico para el diagnóstico de IC. Los valores medios del CT de cerca experimentaron cambios significativos en todos los grupos de tratamiento, no siendo así en el grupo control.

Tras 4 semanas (CT 4 S), en todos los grupos que tuvieron tratamiento disminuyeron el valor de su exoforia, y el grupo en que la media de exoforia bajó más fue la correspondiente al grupo FO, disminuyendo su valor de exoforia en 7,40 Δ . Los cambios del grupo FO respecto a los otros grupos de tratamiento y el grupo control, fueron clínica ($< 4 \Delta$) y estadísticamente significativos ($p < 0,001$), eliminando este signo característico de la IC. El resto de los grupos de tratamiento, TVA y CTV, tuvieron que realizar terapia durante 12 semanas (8 semanas más que el grupo FO) para alcanzar unos valores de exoforia $< 4 \Delta$. En este punto los tres grupos de tratamiento presentaron resultados similares, sin diferencias estadísticamente significativas, con la diferencia de la duración de los tratamientos. Es de destacar que en los dos grupos que realizaron fototerapia optométrica (FO y CTV) la exoforia de cerca se redujo en mayor cuantía en las primeras 4 semanas de tratamiento, siendo el descenso más suave en la revisión a las 12 semanas, y en todos los grupos de tratamiento se mantuvo el valor alcanzado después de cesar el tratamiento.

En los resultados obtenidos por Aletaha et al. ⁽¹⁴⁵⁾ en 2018, encontraron que el valor de la exoforia de cerca mejoró en los distintos tratamientos, siendo el grupo que realizó terapia visual activa intensiva (uso conjunto de lentes negativas con prismas base externa) el que más mejoró (85%). Los resultados obtenidos en el presente estudio, por todos los grupos de tratamiento, fueron superiores a los alcanzados por el grupo que realizó terapia visual intensiva de Aletaha et al. ⁽¹⁴⁵⁾. En concreto el grupo de FO a las 4 semanas había conseguido un incremento del 336%, pasando de un valor medio de 9,60 Δ a 2,20 Δ de exoforia en cerca. Volviendo a enfatizar que, aunque todos los grupos consiguieron eliminar este signo característico de la IC, fue el grupo FO el que lo consiguió en menos tiempo, comparado con los otros grupos de tratamiento y con otros estudios. Sin embargo, de nuevo los resultados no pueden ser comparables con otros estudios ya que la aplicación de la fototerapia optométrica representa una innovación.

Tras 12 semanas, los tres grupos de tratamiento mejoraron su valor no mostrando diferencias estadísticamente significativas entre ellos, pero sí con el grupo control. En cuanto al mantenimiento de los resultados conseguidos en el presente estudio, en la revisión 24S, se observó que los tres grupos que recibieron tratamiento mostraron incluso una mejora del valor de heteroforia de cerca medida con el CT en este tiempo, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. No se han encontrado en otros estudios la valoración de la heteroforia de cerca en los pacientes una vez cesó el tratamiento.

Comparando los incrementos desde la medida inicial y las sucesivas, hubo diferencias estadísticamente significativas entre el incremento alcanzado por el grupo FO frente a los grupos de tratamiento tras 4 semanas. En las siguientes revisiones no hubo diferencias entre los grupos de tratamiento que mejoraron todos de manera similar y superior al grupo control, siendo estas mejoras estadísticamente significativas.

En la figura 25 se observan la representación de los valores de la heteroforia de cerca obtenidos en el **test de Thorington** en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

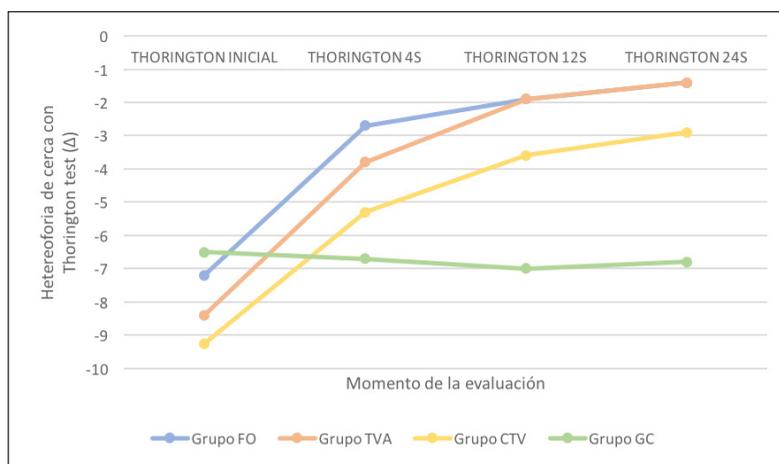


Figura 25: Evolución de la media de los valores de foria de cerca medidos con el Thorington test en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (THORINGTON INICIAL: corresponde a la medida inicial previa al tratamiento; THORINGTON 4S: corresponde a la medida tras 4 semanas de tratamiento; THORINGTON 12S: corresponde a la medida tras finalizar el tratamiento; THORINGTON 24S: corresponde a la medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, siendo valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.

Se puede apreciar que en las distintas revisiones los grupos de tratamiento disminuyeron el valor de la exoforia de cerca medida con el test de Thorington, de forma similar a las obtenidas con el CT. Esto es debido a que ambos son test que evalúan la heteroforia de cerca, y la diferencia es que al CT se le considera un test objetivo y al Thorington test una prueba subjetiva.

Tanto el mantenimiento del tratamiento como los incrementos alcanzados en cada grupo siguieron la misma línea descrita en la medida de la heteroforia con el CT.

Vergencia fusional positiva

Los resultados de la **rotura en la VFP** se encuentran representados al inicio y en las distintas revisiones realizadas en cada grupo (figura 26). Según el grupo CITT, un punto de rotura en la VFP disminuido ($< 15 \Delta$ o $1/3$ de la foria de cerca, según el criterio de Sheard), es un signo característico de la IC. En el presente estudio se consideró un cambio clínicamente significativo si el valor de rotura de la VFP alcanzaba un valor mayor de 15Δ o aumentaba 10Δ o más desde la medida inicial.

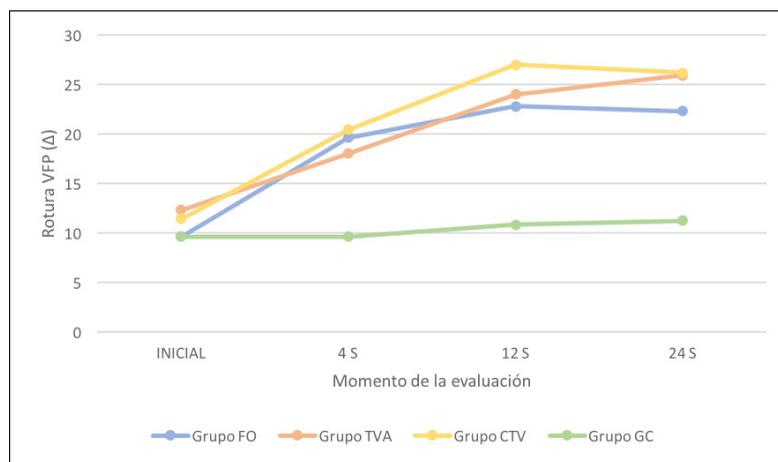


Figura 26: Evolución de la media de rotura de la VFP en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Δ : dioptrías prismáticas. Las unidades de medida del valor de rotura de la VFP son dioptrías prismáticas (Δ).

Se puede apreciar que en la revisión tras cuatro semanas (4 S) los grupos de tratamiento aumentaron sus valores de rotura de la VFP de cerca, siendo esta mejora clínica ($> 15 \Delta$) y estadísticamente significativa ($p < 0,05$). No

existieron diferencias entre los grupos de tratamiento, pero sí hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellos y el grupo control. Se observó la misma evolución de los resultados en las revisiones a las 12 y 24 semanas.

La tabla 40 presenta los resultados obtenidos en la rotura en la VFP en pacientes con IC tras el tratamiento de terapia visual en diferentes estudios.

Tabla 40: Valores medios obtenidos en la rotura de la VFP en el presente estudio y por otros autores.

Estudio (año)	N tratados (total)	Edad (años)	Tiempo de tratamiento (semanas)	Rotura VFP tras el tto acc/verg (Δ)	Rango de mejora conseguido (Δ)
CITT (2005b) (58)	15 (47)	9-18	12	31,8	19,3
CITT-ART (2019) (30)	198 (302)	9-14	16	34,5	23,2
Scheiman (2008) (65)	59 (219)	9-17	12	30,5	19,7
Shin (2011) (83)	27 (57)	9-13	12	26,8	12,9
Nehad (2018) (144)	50 (102)	7-13	12	14,9	10,8
Aletaha (2018) (145)	28 (84)	15-35	No indicado	72,1	52,9
PRESENTE GRUPO FO (2022)	10 (40)	9-17	4	19,60	10
			12 (4 FO + 8 sin tto)	22,80	13,2
PRESENTE GRUPO TVA (2022)	10 (40)	9-17	12	24,9	12,6
PRESENTE GRUPO CTV (2022)	10 (40)	9-17	12	27	15,6

Otros estudios que realizaron tratamiento de acomodación/vergencia en consulta con refuerzo para casa, como Scheiman et al. (65) y el grupo CITT (58), obtuvieron unos resultados ligeramente superiores a los obtenidos en los grupos del presente estudio que realizaron un tratamiento similar (CTV y TVA), para lo que no se ha encontrado justificación. Los resultados obtenidos por Aletaha et al. (145), se muestran muy superiores al resto de estudios, incluso fuera de valores esperados. Esta diferencia en los resultados se podría justificar porque en su protocolo de trabajo, en adición a la terapia visual de acomodo-

dación-vergencia utilizó unas lentes de -3,00 D y prisma base externa para mejorar la convergencia de forma pasiva.

Los resultados del presente estudio fueron similares a los obtenidos por Shin et al. ⁽⁸³⁾, en cuanto a los rangos de mejora (12,9 Δ) y valores finales (26,8 Δ) del punto de rotura de la VFP. Sin embargo, el grupo CITT-ART ⁽³⁰⁾ presentó unos resultados superiores tanto en el rango de mejora (23,2 Δ) como en los valores finales (34,5 Δ), con la diferencia de que el tiempo de tratamiento fue de 16 semanas frente al presente estudio que con 4 semanas en el grupo FO y 12 semanas en los grupos CTV y TVA obtuvieron unos resultados de mejora y eliminación del signo característico de la IC.

En cuanto al mantenimiento de los resultados en el valor de rotura de la VFP obtenidos en el presente estudio, se observó que en la revisión 24 S los tres grupos de tratamiento mantuvieron valores similares a la revisión anterior, sin mostrar diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En otros estudios incluyen la valoración de los pacientes tras un año desde el final del tratamiento, pero en dichos estudios se ha prescrito terapia de mantenimiento para casa, por lo que no sería comparable con los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que no se prescribió terapia de mantenimiento ^(81,83).

Con respecto a los incrementos del valor de rotura de la VFP en el presente estudio, todos los grupos de tratamiento obtuvieron unos resultados similares entre ellos en cada revisión sin mostrar diferencias estadísticamente significativas. Sí hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y el grupo control.

Los valores en el **recobro de la VFP** en las revisiones a las 4, 12 y 24 semanas, mostraron diferencias clínicas y estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y el grupo control. Todos los grupos de tratamiento mejoraron el punto de recobro de la VFP más de 10 Δ , obteniendo unos valores superiores a 15 Δ al final del tratamiento. Estas mejoras estaban relacionadas con las mejoras en el punto de rotura de la VFP, ya que el coeficiente de Rh0 de Spearman determinó que estos dos valores presentaron una correlación entre alta ($R= 0,968$; $p = 0,001$) y moderada ($R= 0,674$; $p= 0,032$) en todos los grupos en cada revisión.

En la figura 27 se observa la evolución del valor de recobro de la VFP en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

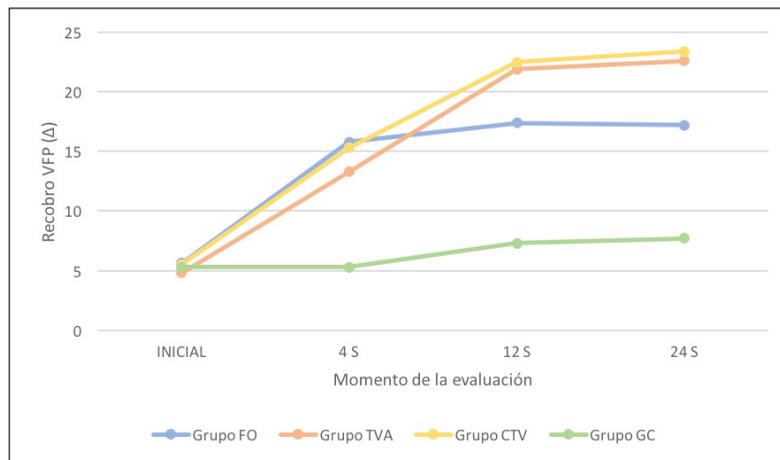


Figura 27: Evolución de la media de recobro de la VFP en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).

Se puede apreciar que, en la primera revisión, tras 4 semanas (4 S) todos los grupos de tratamiento aumentaron de manera estadísticamente significativa, sin diferencia entre ellos, sus valores de recobro de la VFP en cerca respecto al grupo control. El grupo FO aumentó el punto de recobro de la VFP en 10,20 Δ ; el grupo CTV aumentó en 9,80 Δ ; y el grupo TVA en 8,50 Δ . El grupo control no mostró cambios. Pasadas 12 semanas desde el inicio, todos los grupos de tratamiento aumentaron sus valores de recobro de la VFP y estos valores fueron mantenidos una vez había cesado el tratamiento.

Con respecto a los resultados obtenidos por otros autores en los valores de recobro tras recibir tratamiento de terapia visual, no se han encontrado estudios en los que se reflejen los cambios al no ser un signo característico para el diagnóstico de la IC, según el grupo CITT ⁽⁴⁴⁾. Es decir, después del tratamiento los sujetos poseían un mayor control sobre su convergencia o reservas vergenciales positivas, presentando mejoras estadísticamente significativas y clínicamente relevantes.

Vergencia fusional negativa

En el presente estudio, los valores medios iniciales de **rotura y recobro de la VFN** se encontraban dentro de la norma, puesto que no es considerado un signo característico de la IC. En la evolución a las 12 semanas en los grupos de tratamiento se observaron mejoras de forma paralela en los valores de rotura y recobro de la VFN. Todos los grupos mostraron valores dentro de los límites normales, considerados estos para la rotura $12 \pm 5 \Delta$ y para el recobro $7 \pm 4 \Delta$, en niños (5).

En la figura 28 se observa la evolución del valor de rotura y recobro de la VFN en cada una de las medidas realizadas a cada grupo.

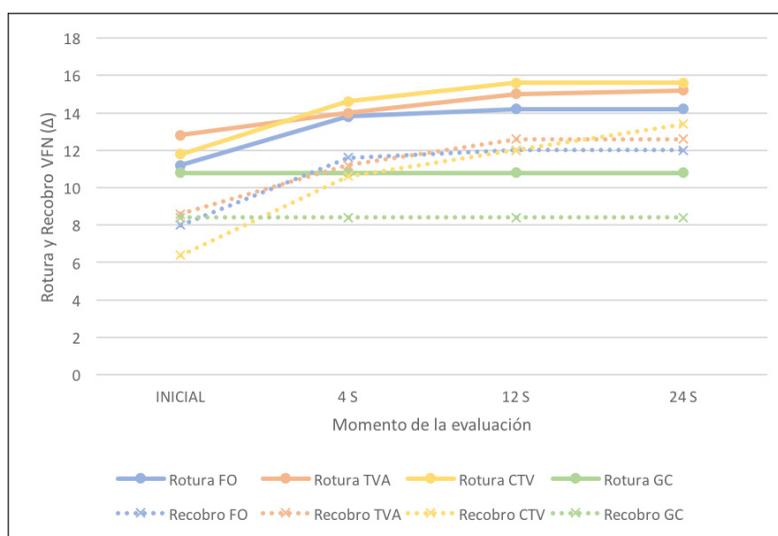


Figura 28: Evolución de la media de la rotura y del recobro de la vergencia fusional negativa (VFN) en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento)(Rotura FO: valores de rotura para el grupo fototerapia optométrica; Rotura TVA: valores de rotura para el grupo terapia visual activa; Rotura CTV: valores de rotura para el grupo combinación de fototerapia optométrica y activa; Rotura GC: valores de rotura para el grupo control) (Recobro FO: valores de recobro para el grupo fototerapia optométrica; Recobro TVA: valores de recobro para el grupo terapia visual activa; Recobro CTV: valores de recobro para el grupo combinación de fototerapia optométrica y activa; Recobro GC: valores de recobro para el grupo control).

La medida de los valores de rotura y recobro de la VFN muestra en todos los grupos de estudio valores similares al inicio, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. En la revisión de las 12 S, todos los grupos de tratamiento consiguieron una mejora estadísticamente significativa frente al grupo control. Los rangos de mejora obtenidos en el presente estudio en el valor de rotura de la VFN, aumentaron una media de 3 Δ mientras que el valor de recobro aumentó una media de 4,5 Δ .

Tabla 41: Valores medios obtenidos en la rotura y el recobro de la VFN en el presente estudio y por otros autores.

	Rotura VFN Inicial	Rotura VFN Final	Rango mejora (Rotura)	Recobro VFN Inicial	Recobro VFN Final	Rango mejora (Recobro)
Scheiman (2021) (147)	14,60	22,10	7,20	10,60	11,90	1,30
Presente Grupo FO	11,20	14,20	3,00	8,00	12,00	4,00
Presente Grupo TVA	12,80	15,00	2,20	8,60	12,60	4,00
Presente Grupo CTV	11,80	15,60	3,80	6,40	12,00	6,20

El estudio de Scheiman et al. (147) mostró valores iniciales superiores tanto en la rotura (14 Δ) como en el recobro (10 Δ) de la VFN en comparación a los del presente estudio en cada grupo: grupo FO (11,20 Δ / 8,00 Δ); TVA (12,80 Δ / 8,60 Δ); y CTV (11,80 Δ / 6,40 Δ). El rango de mejora de la rotura de la VFN en el estudio de Scheiman, tras el tratamiento de terapia visual acomodación-vergencia, fue superior al rango obtenido en cada uno de los grupos de tratamiento del presente estudio. Sin embargo, el rango de mejora del recobro de la VFN en su caso fue menor que el hallado en los grupos de tratamiento del presente estudio. Es de destacar que los valores finales de rotura y recobro alcanzados en el presente estudio fueron más próximos entre sí, que los alcanzados por Scheiman, lo que indica un sistema binocular más eficaz y con mayor control. Los valores alcanzados tras finalizar el tratamiento (24 S) se mantuvieron estables.

Con respecto a los incrementos del valor de rotura de la VFN, tras 4 semanas de tratamiento, los grupos que realizaron fototerapia optométrica, sola o en combinación, mejoraron de forma estadísticamente significativa (10%) que el grupo de terapia visual activa. Así mismo, en la revisión 24 S, el grupo CTV mostró un incremento relativo superior estadísticamente significativo (8%) al grupo TVA. Aunque estos valores no suponen una relevancia clínica.

Sin embargo, no existen estudios que valoren los cambios que se producen en las VFN tras el tratamiento con fototerapia optométrica. Por este motivo, la inclusión de esta técnica, sola o en combinación, presenta una innovación terapéutica que podría disminuir el tiempo de los tratamientos.

Estereopsis

Los resultados de la estereopsis se encuentran representados al inicio y en las distintas revisiones realizadas. Según Leshno et al. ⁽⁶³⁾ valores mayores a 40 sec arc son un signo de pobre binocularidad. En el estudio presente los sujetos de todos los grupos presentaron al principio del tratamiento unos valores fuera de la norma para la variable estereopsis (> 40 sec arc) y a medida que los grupos fueron recibiendo los diferentes tratamientos, fueron mejorando hasta alcanzar valores normales. Al final del estudio los grupos de tratamiento presentaron una mejora clínica (<40 sec arc) y estadísticamente significativas ($p \leq 0,001$) respecto al grupo control, que no mostró cambios.

En la figura 29 se observan los valores medios obtenidos en la estereopsis en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

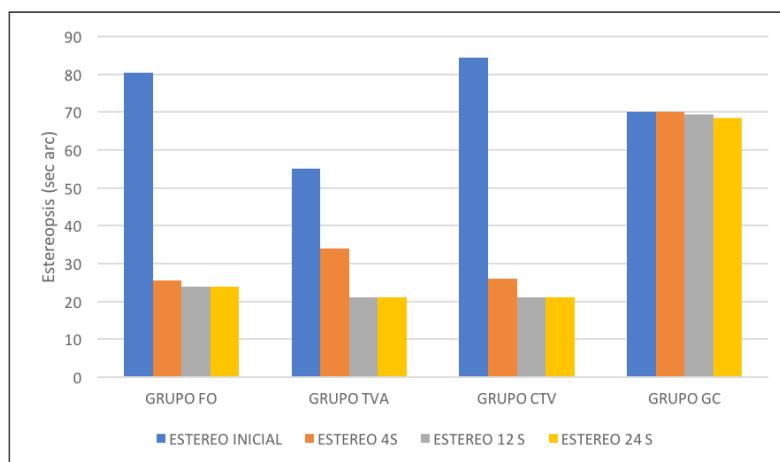


Figura 29: Evolución de la media de los valores de la estereopsis en cada grupo de estudio en los distintos momentos de la evaluación (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). (ESTEREO INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; ESTEREO 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ESTEREO 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ESTEREO 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento). Las unidades de medida de la estereopsis son segundos de arco (sec arc).

Saladin et al. ⁽¹⁴⁸⁾ publicaron en 1988 que la terapia visual mejoraba la precisión y el rendimiento de la estereopsis, siendo esta una medida que determina la función binocular. Desde entonces existen numerosos estudios que reflejan la mejora de la estereopsis mediante terapia visual en sujetos ambliopes ⁽¹⁴⁹⁾. Sin embargo, los resultados hallados en el presente estudio son novedosos ya que solo se ha encontrado un estudio que muestra los cambios de la estereopsis después de realizar terapia visual ⁽¹⁴⁵⁾. Alehata et al. reportan una mejora estadísticamente significativa (46%, $p < 0,001$) en los valores de la estereopsis tras el tratamiento de terapia visual activa de acomodación-vergencia combinado con el uso de lentes y prismas, en pacientes con IC. En el presente estudio, los grupos que realizaron fototerapia optométrica, sola o en combinación, tras 4 semanas de tratamiento consiguieron una mejora estadísticamente significativa, del 216% y 219%, respectivamente, respecto a los otros grupos. En la revisión 12 S, los tres grupos de tratamiento obtuvieron valores de mejora de la estereopsis sin diferencias estadísticas entre ellos.

En un estudio reciente publicado por Ibrahim et al. ⁽¹²³⁾ encontraron cambios en la estereopsis de sujetos con ambliopía y estrabismo, tratados con fototerapia optométrica. Los sujetos inicialmente presentaron unos valores de estereopsis elevados (128,8 sec arc) y tras el tratamiento de 20 sesiones mostraron una mejora estadísticamente significativa ($p < 0,001$) de su estereopsis (54,2 sec arc). Justificaron esta mejora en que la vía visual y el cerebro se pueden beneficiar del tratamiento con fototerapia optométrica cuando presentan alguna alteración.

En cuanto al mantenimiento de los resultados conseguidos en el presente estudio se observó que todos los grupos de tratamiento, mantuvieron al menos 12 semanas, las mejoras alcanzadas, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento.

En cuanto a la relación entre la estereopsis y las variables binoculares que caracterizan la IC, en el presente estudio se observó una correlación positiva moderadamente fuerte con el punto de rotura del PPC ($R = 0,786$; $p = 0,007$), negativa moderadamente fuerte con punto de recobro de la VFP ($R = -0,771$; $p = 0,009$) y positiva moderadamente fuerte con el cuestionario CISS ($R = 0,722$; $p = 0,018$). El estudio de Leshno et al. ⁽⁶³⁾ determinó la existencia de una correlación negativa significativa entre la VFP y la estereopsis, en una población de edades comprendidas entre 6 y 17 años, concluyendo que la estereopsis parece ser un buen predictor en la anomalía de IC. Los resultados del presente estudio confirman la afirmación de Leshno puesto que la estereopsis muestra una correlación moderadamente fuerte con los síntomas y los signos de la IC, por lo cual podría considerarse la estereopsis como un signo más de IC.

2.3. E.2. Acomodación

En el presente estudio se obtuvieron valores medios de la función acomodativa en una población clínica de niños con IC. Los sujetos evaluados presentaron al inicio valores de función acomodativa dentro de los límites normales (criterio de inclusión), aunque al final de los tratamientos los sujetos experimentaron mejoras en los valores de las variables de amplitud de acomodación monocular y flexibilidad acomodativa (monocular y binocular)

Acomodación relativa (ARN/ARP)

Los valores de ARN y ARP encontrados al inicio fueron similares en todos los grupos obteniendo unos valores medios dentro de los límites normales según el criterio de Scheiman en el ARN ($2,00 \pm 0,50D$) y en el ARP ($2,37 \pm 1,00 D$). En la ARN y ARP los grupos de tratamiento TVA y CTV mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo FO y GC. Aunque sin relevancia clínica, ya que los valores de todos los grupos del estudio durante todas las revisiones mostraron valores dentro de la norma. Las mejoras obtenidas en los valores acomodativos podrían explicarse, por un lado, por el trabajo que se realizó a nivel acomodativo, con procedimientos como flippers o negativo mental, y por otro es que al mejorar el sistema vergencial, mejora también el sistema acomodativo, debido a la interrelación entre ambos procesos, según el modelo de Hung y Ciuffreda ⁽³⁾ (figura 5).

Algunos autores, como Shin et al. ⁽⁸⁾ refieren que la IC puede ir acompañada de un ARN $< +1,50 D$, pero no es un signo característico de la definición de IC. En los sujetos del presente estudio se encontró en la medida inicial del ARN un valor medio aproximado de $+1,25 D$. En la medida final se observó cómo los grupos que recibieron tratamiento alcanzaron registros más próximos a $+2,00 D$, aunque estos cambios no hicieron que los valores finales del presente estudio se salieran de los límites normales ($2,00 \pm 0,50 D$).

En la literatura científica existen pocos estudios que analicen los cambios en la acomodación relativa dentro de los límites normales. Se han encontrado investigaciones como las de Sterner ^(150,151) en las que tras el entrenamiento con flippers de $\pm 2,00 D$ los pacientes mejoraron sus valores de ARN y ARP un valor medio de $0,50 D$ y $1,00 D$, respectivamente. Sin embargo, en las investigaciones de Sterner los sujetos partían de condiciones de disfunción acomodativa y síntomas

al realizar tareas de cerca, mientras que, en el presente estudio, los pacientes sí eran sintomáticos al inicio, y los valores acomodativos de partida se encontraban dentro de los límites normales, según los criterios de inclusión establecidos.

Amplitud de Acomodación

Los resultados de la amplitud acomodativa monocular se encuentran representados al inicio y en cada una de las revisiones realizadas. Al inicio del estudio los valores para el OD fueron distintos entre todos los grupos de manera estadísticamente significativos, sin embargo, en los valores iniciales del OI no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. Aunque se observó una alta-moderada correlación entre los valores de ambos ojos. En el resto de las revisiones solo hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento y el grupo control. Cada grupo de tratamiento mostró mejoras estadísticamente significativas en el curso del estudio, pero no fue así para el grupo control.

En la figura 30 se representa la evolución de la AA, para OD y OI, en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

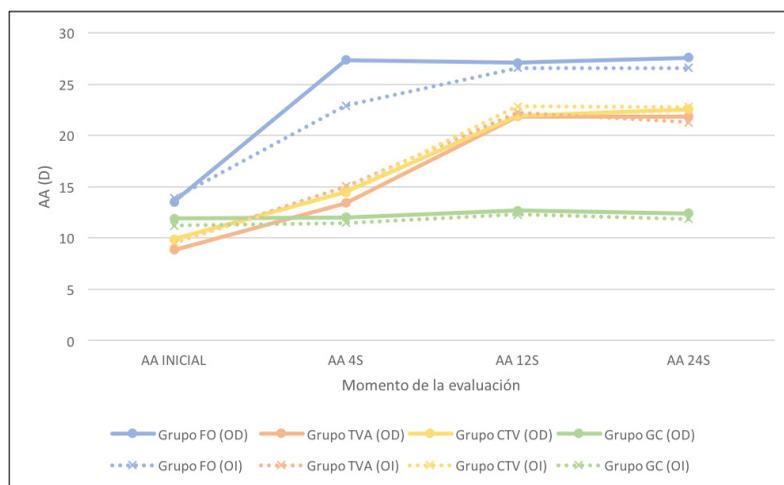


Figura 30: Evolución de la media de la AA (OD) y (OI) en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio (AA INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; AA 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; AA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; AA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida de la AA son dioptrías (D).

En la revisión 4 S, el grupo FO alcanzó valores más altos de AA, consiguiendo 13 D de media de mejora, comparado con las 5 D de mejora de los grupos TVA y CTV. Hay que destacar que el grupo FO partió de valores más altos en la AA. En el grupo control no obtuvo cambios estadísticamente significativos en ninguna de las revisiones.

Pasadas 12 semanas los grupos de tratamiento seguían mejorando los valores de AA, para OD y OI, frente al grupo control. Los grupos que realizaron tratamiento obtuvieron una mejora de unas 13 D de media, y estas mejoras se mantuvieron después de cesar el tratamiento por otras 12 semanas.

La técnica utilizada en la medida de la AAM fue el método del acercamiento, es posible que los valores obtenidos en nuestro estudio se encuentren sobreestimados. Ya que el método del acercamiento tiende a sobreestimar la AA debido a los efectos de la profundidad de enfoque, además de la desventaja que presenta ya que el sujeto puede acostumbrarse a indicar que perciben el estímulo claro y pueden seguir indicándolo incluso más allá de los límites normales ^(152,153). Debido a la magnificación del tamaño por distancia relativa se considera que los valores de la AA con este método son 2 D más que los obtenidos con el método de la lente negativa Hamasaki et al. ⁽¹⁵⁴⁾. También es de destacar que pequeños cambios en la medida en cm llevan a grandes diferencias en los resultados; así variaciones de 0,5 cm equivalen a un cambio de 2 D en la AA. Según Sterner et al. ⁽¹⁵⁵⁾, la curva de Duane sobreestima la función acomodativa. Los resultados de Sterner indicaban que la AA de un gran número de niños de 6 a 10 años tuvo 3,5 D menos de la AA esperada para su edad según la fórmula de Hofstetter. Así mismo, la ecuación lineal de regresión proporcionada por Jiménez et al. ⁽⁵⁷⁾ también mostró una AA menor que los valores calculados por la fórmula de Hofstetter. Palomo-Álvarez y Puell encontraron valores reducidos de AAM en niños con dificultades de lectura, sin dislexia ⁽¹⁵⁶⁾. Al igual que Evans et al. ^(157,158) describieron una fuerte correlación entre los niños con problemas de lectura y unos valores bajos de AAM. Como destacó Sterner et al. ⁽¹⁴⁾, se requiere establecer directrices sobre el método de medida diagnóstica e interpretación de resultados de la amplitud de acomodación, ya que no existe un consenso en el criterio diagnóstico.

El valor de AAM encontrado en la medida inicial en el estudio presente fue de unas 11 D de media en todos los grupos, al finalizar el estudio los grupos que recibieron tratamiento, a pesar de que partían de valores normales para su edad, aumentaron su AAM una media de 10 D. Es de destacar que el grupo que

más aumentó la AAM fue el grupo que realizó fototerapia optométrica exclusivamente, que no hicieron un entrenamiento específico para la acomodación como los otros dos grupos de tratamiento.

Las mejoras en los valores de la AAM tras tratamiento de terapia visual reportados por otros investigadores con pacientes que presentaban disfunciones acomodativas varían desde: 3,6 D encontradas por Brautaset et al. ⁽⁹⁵⁾ tras el entrenamiento con flippers, al aumento de 7,7 D hallado por Shin et al ⁽⁸³⁾. 8,6 D presentado por Chen et al. ⁽⁹⁶⁾ ó 9,9 D alcanzado por Scheiman et al. ⁽⁹⁷⁾ tras el tratamiento con terapia visual acomodación/vergencia. En los anteriores estudios expuestos los sujetos que realizaron terapia visual mejoraron su AAM, siendo las mejoras mayores cuando la terapia visual combinó técnicas de acomodación-vergencia y no solo el entrenamiento con lentes ^(83,96,97). Los resultados del presente estudio son comparables a los obtenidos por Scheiman et al. ⁽⁹⁷⁾, que mejoraron los valores de AAM de manera estadísticamente significativa en todos los grupos de tratamiento, aunque nuestros sujetos no presentaban disfunciones acomodativas, y los de Scheiman presentaban IC junto con disfunción acomodativa.

Los incrementos relativos de la AA obtenidos en el grupo FO en la revisión tras 4 semanas, mostraron mejoras estadísticamente significativas solo para el OD respecto a los otros grupos de tratamiento y al grupo control. Estos resultados no presentan relevancia clínica puesto que en la revisión de 12 S los incrementos relativos de los grupos de tratamiento no mostraron diferencias entre ellos, y estos valores se mantuvieron en la revisión 24 S. No se han encontrado estudios que muestren los efectos de la fototerapia optométrica sobre el sistema acomodativo, por lo que los resultados del presente estudio sugieren que la FO puede ser utilizada como método de tratamiento en disfunciones acomodativas.

Flexibilidad de Acomodación

Los resultados de la flexibilidad acomodativa en monocular y en binocular se midieron para cada uno de los grupos y en cada revisión. Los valores de la flexibilidad acomodativa tanto monocular como binocular existentes en la literatura presentan variabilidad en función de la edad de la población estudiada ^(5,57). Los grupos del presente estudio, al inicio, mostraron valores dentro de la norma de la FA. Todos los grupos que recibieron tratamiento aumentaron la FA de manera estadísticamente significativa en comparación con el grupo control. Los grupos que más mejoraron en la revisión 4 S fueron los que realizaron fotote-

rapia sola o en combinación (4 cpm) respecto al grupo que realizó TVA (3 cpm), sin mostrar diferencias clínicamente significativas entre ellos. En la revisión 12 S, la mejora de la FA en los grupos de tratamiento fue más suave manteniendo estos resultados en la revisión 24 S.

Otros autores que estudiaron la mejora de la flexibilidad acomodativa mediante terapia visual obtuvieron unos valores de mejora muy variados, en todos estos estudios los sujetos presentaban disfunción acomodativa. El estudio de Brautaset et al. ⁽⁹⁵⁾ mostró una mejora de 1,5 cpm en la FAM, solo con entrenamiento con flippers acomodativos. Por otro lado, Munsamy et al. ⁽¹⁵⁹⁾ mediante entrenamiento con realidad virtual obtuvieron una mejora de 5 cpm en la FAB. Los estudios que utilizaron terapia visual de acomodación-vergencia en consulta y en casa mostraron una mejora en la FAM 6 cpm (Chen et al. ⁽⁹⁶⁾), 9 cpm (Scheiman et al. ⁽⁹⁷⁾) incluso 14,7 cpm (Shin et al ⁽⁸³⁾). Aquellos estudios en los que los sujetos partían de unos niveles de flexibilidad acomodativa por debajo de los límites normales, obtuvieron unos rangos de mejora superiores. El rango de mejora de la FA del grupo TVA del presente estudio, fue menor a los obtenidos por otros autores que utilizaron terapia visual de acomodación-vergencia. Hay que destacar que en los otros estudios los sujetos presentaban disfunción acomodativa, no siendo así en el presente estudio. En este sentido Chen et al. ⁽⁹⁶⁾ concluyeron que la terapia de acomodación-vergencia en la consulta es eficaz para mejorar la función acomodativa en niños con insuficiencia de convergencia sintomática y disfunción acomodativa coexistente. Aunque los resultados del presente estudio mostraron que la flexibilidad acomodativa es susceptible de mejora a pesar de encontrarse dentro de los límites normales. Los datos obtenidos en los grupos que realizaron FO, sola o en combinación, fueron similares a los que realizaron terapia visual activa, aunque no se puede comparar con otros estudios al no existir investigaciones que utilicen la misma técnica de tratamiento.

En la figura 31 se observan los incrementos relativos obtenidos en la FAM y en la FAB en cada una de las medidas realizadas en cada grupo.

En la revisión tras 4 S y 12 S los grupos de tratamiento que realizaron fototerapia optométrica, sola o en combinación, mostraron un incremento relativo superior estadísticamente significativo en la FAM respecto al grupo TVA y al grupo GC. Los incrementos relativos de la FAB no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, pero sí entre ellos y el grupo control en cada una de las revisiones.

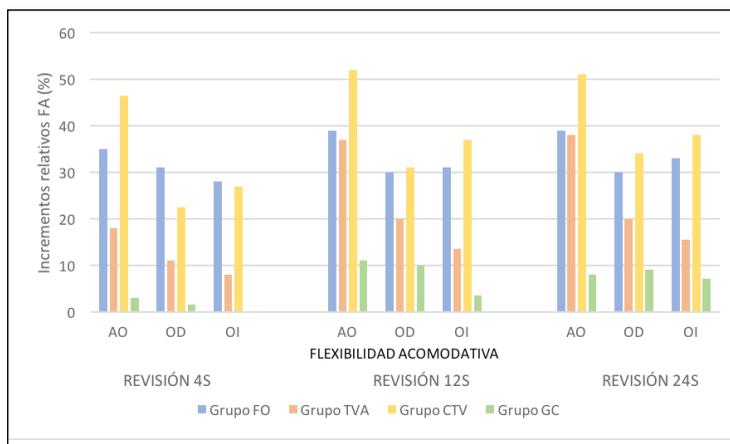


Figura 31: Diagrama de barras de los incrementos relativos (%) para la FA, en binocular (AO) y monocular (OD y OI), en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (REVISIÓN 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; REVISIÓN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; REVISIÓN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). FA: flexibilidad acomodativa; AO: ambos ojos; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo. Las unidades de medida para los incrementos de FA son porcentajes (%).

2.4. E.2. Velocidad lectora

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los pacientes que recibieron tratamiento mejoraron de media unas 15 ppm tras 12 semanas, siendo el grupo que realizó la combinación de ambas terapias el grupo que más mejoró (20 ppm). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre grupos en cada revisión y todos ellos mostraron mejoras significativas desde la medida inicial hasta el final del tratamiento. Cuando comparamos los incrementos alcanzados por cada grupo en cada revisión, el grupo FO en la revisión 4S mostró mejoras estadísticamente significativas en la VL binocular respecto a los grupos TVA y GC, no mostrando diferencias respecto al grupo CTV. El incremento relativo de la VL monocular en los grupos FO y CTV, mostró diferencias respecto a los grupos TVA y GC. El grupo CITT-ART⁽³⁰⁾ también obtuvo mejoras en las habilidades de la lectura tras el tratamiento mediante terapia visual en sujetos con IC y problemas de lectura.

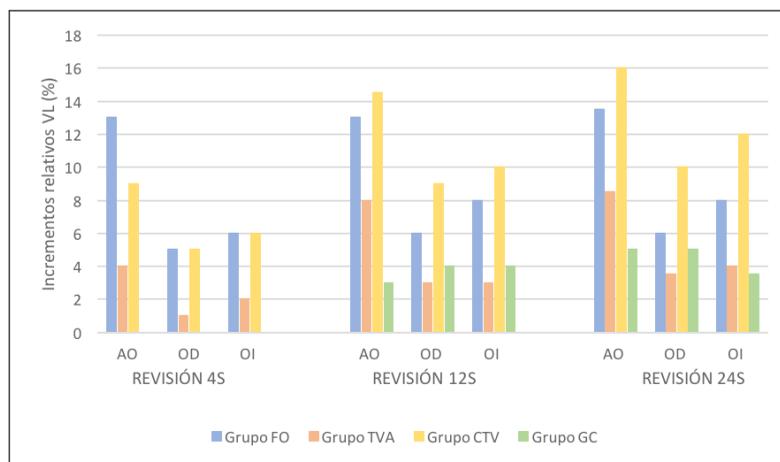


Figura 32: Diagrama de barras de los incrementos relativos (%) para la VL, en binocular (AO) y monocular (OD y OI), en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (REVISIÓN 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; REVISIÓN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; REVISIÓN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). VL: velocidad lectora; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo. Las unidades de medida para los incrementos de VL son porcentajes (%).

Es de destacar que los sujetos de este estudio presentaban un problema binocular pero no mostraban dificultades de lectura por lo que, tras solucionar la anomalía binocular de IC, la velocidad lectora binocular fue la que mostró mayor incremento relativo (figura 32). Hecho coincidente con las conclusiones de Birnbaum y Birnbaum ⁽¹⁹⁾ que observaron que los niños en edad escolar con problemas binoculares y con problemas de lectura, estos eran mayores cuando la lectura se realizaba de manera binocular.

Otros autores como Latvala ⁽²⁰⁾ y Simons ⁽¹⁸⁾ indican que los signos característicos de la IC se encuentran relacionados con niños con dificultades de lectura. En el presente estudio también se encontró una relación moderadamente fuerte entre la velocidad lectora y la rotura del PPC, la estereopsis y el recobro de la VFP, aunque estos hallazgos no se produjeron en todos los grupos ni en todas las revisiones.

2.5. E.2. Limitaciones del estudio

Siempre que un investigador inicia la realización de un estudio clínico, se encuentra con la dificultad de reclutar a los sujetos participantes en los diferentes grupos del mismo. En el presente estudio, a pesar de que la IC, como es conocido y comprobamos en nuestro estudio previo de prevalencia, es una de las disfunciones binoculares más frecuentes, el número de muestra fue el mínimo válido calculado en el análisis estadístico. La adherencia a un estudio que conlleva un número importante de visitas a las consultas siempre supone un reto para padres y pacientes, además del trabajo diario en casa.

Para futuros estudios sería interesante poder contar con un número mayor de muestra y que los examinadores externos se encontraran en la misma ciudad que los centros donde se realice la terapia.

2.6. E.2. Puntos fuertes del estudio

Se consiguió el número de muestra de acuerdo a lo calculado previamente.

El estudio realizado es aleatorizado, con grupo control y doble ciego.

No se cuenta con ningún tipo de financiación ni intereses comerciales, lo que permite libertad en la publicación de resultados.

La inclusión de un grupo de tratamiento con la técnica de fototerapia optométrica, de la que se conocen experiencias clínicas, pero no de investigación.

El gran compromiso por parte de todos los participantes en este estudio: pacientes, padres, colaboradores, evaluadores y terapeutas, que, de manera totalmente altruista, sin recibir ninguna compensación ni económica ni material, decidieron participar y colaborar con esta investigación. La única finalidad de todos los participantes en la investigación fue avanzar en el conocimiento sobre los aspectos que recoge el presente estudio, para mejorar los resultados de los tratamientos de terapia visual.

1. E.1. Prevalencia de IC
2. E.2. Tratamiento de IC

CONCLU

VISIONES



CONCLUSIONES

1. E.1. Prevalencia de Insuficiencia de Convergencia

La prevalencia de Insuficiencia de Convergencia en una población pediátrica no clínica de la Comunidad de Madrid (España) fue 5,3%, valor similar a los hallados por otros estudios realizados en países desarrollados.

2. E.2. Tratamiento de Insuficiencia de Convergencia

1. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos mejoraron de manera estadísticamente significativa los síntomas respecto al grupo control, no habiendo diferencias entre los tres grupos de tratamiento.
2. Los tres grupos que realizaron tratamiento disminuyeron los síntomas en la primera medida realizada a las 4 semanas pasando a ser asintomáticos; en las sucesivas medidas continuaron disminuyendo los síntomas y estos cambios se mantuvieron en el tiempo incluso tras cesar el tratamiento. El grupo control no mostró cambios en los síntomas.
3. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos disminuyeron de forma estadísticamente significativa el valor medio de rotura del punto próximo de convergencia respecto al grupo control. No hubo diferencias entre los tres grupos de tratamiento en cada revisión.

4. Los grupos que realizaron tratamiento mejoraron de forma significativa el valor de rotura del punto próximo de convergencia desde la primera medida realizada a las 4 semanas. En las sucesivas medidas continuó disminuyendo el valor de rotura del Punto próximo de convergencia y se mantuvo tras el cese del tratamiento. El grupo control no mostró cambios en la rotura del punto próximo de convergencia en cada revisión.
5. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos disminuyeron de forma estadísticamente significativa el valor medio de la heteroforia en visión próxima respecto al grupo control en cada revisión. El grupo de Foterapia optométrica mostró una disminución de la exoforia estadísticamente significativa respecto al resto de grupos de tratamiento en la revisión de 4 semanas. En las siguientes revisiones no hubo diferencias entre los grupos de tratamiento.
6. El valor de la heteroforia en visión próxima (exoforia) fue disminuyendo de forma estadísticamente significativa al finalizar el tratamiento, normalizando su valor, y manteniendo este al finalizar el estudio. El grupo control no mostró cambios en heteroforia en visión próxima en cada revisión.
7. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos aumentaron de forma estadísticamente significativa el valor medio de rotura de la vergencia fusional positiva respecto al grupo control. No hubo diferencias entre los tres grupos de tratamiento en cada revisión.
8. Los grupos que realizaron tratamiento mejoraron de forma significativa el valor de rotura de la vergencia fusional positiva desde la primera medida realizada a las 4 semanas. En las sucesivas medidas continuó aumentando el valor de rotura de la vergencia fusional positiva y se mantuvo tras el cese del tratamiento. El grupo control no mostró cambios en la rotura de la vergencia fusional positiva en cada revisión.
9. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos mejoraron de forma estadísticamente significativa el valor medio del recobro del punto próximo de convergencia, recobro de la vergencia fusional positiva, rotura y recobro de la vergencia fusional negativa y la estereopsis respecto al grupo control.
10. Las habilidades binoculares de recobro del punto próximo de convergencia, recobro de la vergencia fusional positiva, rotura y recobro de la vergencia

1. E.1. Prevalencia de Insuficiencia de Convergencia

fusional negativa y estereopsis en todos los grupos de tratamiento mejoraron desde la primera revisión de forma estadísticamente significativa, y estas mejoras se mantuvieron en el tiempo tras el cese del tratamiento. El grupo control no mostró cambios.

11. Los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos aumentaron de forma estadísticamente significativa el valor medio de amplitud de acomodación y flexibilidad acomodativa respecto al grupo control.
12. La función amplitud de acomodación y flexibilidad acomodativa en los grupos que realizaron cualquiera de los tratamientos mejoraron de forma estadísticamente significativa al final del estudio, y mantuvieron estos cambios tras el cese del tratamiento. El grupo control no mostró cambios.
13. Todos los grupos de estudio mejoraron de forma estadísticamente significativa la velocidad lectora al finalizar la investigación sin mostrar diferencias entre ellos en cada revisión realizada. Las mejoras obtenidas por cada grupo en la revisión 12 semanas se mantuvieron hasta finalizar el estudio.
14. En el grupo fototerapia optométrica la estereopsis mostró una relación directa moderadamente fuerte con la rotura del punto próximo de convergencia e inversa moderadamente fuerte con el recobro de la vergencia fusional positiva; en el grupo terapia visual activa con el CISS y en el grupo combinación de ambas terapias con la rotura y recobro de vergencia fusional positiva.
15. La velocidad lectora mostro una correlación de moderada a fuerte con la rotura del punto próximo de convergencia en los grupos terapia visual activa y grupo control, con la estereopsis y el recobro de la vergencia fusional positiva en el grupo combinación de ambas terapias.
16. Los tratamientos aplicados en sujetos jóvenes con insuficiencia de convergencia muestran resultados finales exitosos y similares, con la única diferencia de que el tiempo de aplicación de la fototerapia optométrica es de 4 semanas durante 10 minutos al día y la terapia visual activa es durante 12 semanas 45 minutos en consulta (1 día/semana) y 15 minutos en casa (5 días/semanas).

- (1) Press LJ. Applied concepts in vision therapy. 1997.
- (2) Ritty JM, Solan HA, Cool SJ. Visual and sensory-motor functioning in the classroom: a preliminary report of ergonomic demands. *J Am Optom Assoc* 1993;64(4):238-244.
- (3) Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16(1):31-41.
- (4) Donders FC. On the anomalies of accommodation and refraction of the eye. 1864.
- (5) Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative, and eye movement disorders: Fourth edition. *Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders: Fourth Edition*; 2013. p. 1-722.
- (6) Porcar E, Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci* 1997;74(2):111-113.
- (7) Lara F, Cacho P, García A, Megías R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21(1):70-74.
- (8) Shin HS, Park SC, Park CM. Relationship between accommodative and vergence dysfunctions and academic achievement for primary school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29(6):615-624.
- (9) Borsting E, Rouse MW, Deland PN, Hovett S, Kimura D, Park M, et al. Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry* 2003;74(1):25-34.
- (10) Scheiman M, Gallaway M, Coulter R, Reinstein F, Ciner E, Herzberg C, et al. Prevalence of vision and ocular disease conditions in a clinical pediatric population. *J Am Optom Assoc* 1996;67(4):193-202.
- (11) Abdi S, Rydberg A. Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. *Doc Ophthalmol* 2005;111(2):65-72.
- (12) Flax N. The contribution of visual problems to learning disability. *J Am Optom Assoc* 1970;41(10):841-845.
- (13) Sucher DF, Stewart J. Vertical fixation disparity in learning disabled. *Optometry Vision Sci* 1993;70(12):1038-1043.
- (14) Sterner B, Gellerstedt M, Sjöström A. Accommodation and the relationship to subjective symptoms with near work for young school children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26(2):148-155.

- (15) Abdi S, Brautaset R, Rydberg A, Pansell T. The influence of accommodative insufficiency on reading. *Clin Exp Optom* 2007;90(1):36-43.
- (16) Rouse MW, Borsting E, Hyman L, Hussein M, Cotter SA, Flynn M, et al. Frequency of convergence insufficiency among fifth and sixth graders. *Optom Vis Sci* 1999;76(9):643-649.
- (17) Rouse MW, Hyman L, Hussein M, Solan H. Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. *Optom Vis Sci* 1998;75(2):88-96.
- (18) Simons HD, Grisham JD. Binocular anomalies and reading problems. *J Am Optom Assoc* 1987;58(7):578-587.
- (19) Birnbaum P, Birnbaum MH. Binocular coordination as a factor in reading achievement. *J. Am. optom. Ass.* 1968;39:48-56.
- (20) Latvala M-, Korhonen TT, Penttinen M, Laippala P. Ophthalmic findings in dyslexic schoolchildren. *Br J Ophthalmol* 1994;78(5):339-343.
- (21) Dusek W, Pierscionek BK, McClelland JF. A survey of visual function in an Austrian population of school-age children with reading and writing difficulties. *BMC Ophthalmol* 2010;10(1).
- (22) Helveston EM, Weber JC, Miller K, Robertson K, Hohberger G, Estes R, et al. Visual function and academic performance. *Am J Ophthalmol* 1985;99(3):346-355.
- (23) Kiely PM, Crewther SG, Crewther DP. Is there an association between functional vision and learning to read? *Clin Exp Optom* 2001;84(6):346-353.
- (24) Blika S. Ophthalmological findings in pupils of a primary school with a particular reference to reading difficulties. *Acta Ophthalmol* 1982;60(6):927-934.
- (25) Létourneau JE, Lapierre N, Lamont A. The relationship between convergence insufficiency and school achievement. *Optometry Vision Sci* 1979;56(1):18-22.
- (26) Alvarez TL, Scheiman M, Morales C, Gohel S, Sangoi A, Santos EM, et al. Underlying neurological mechanisms associated with symptomatic convergence insufficiency. *Sci Rep* 2021;11(1).
- (27) Gallaway M, Scheiman M, Lynn Mitchell G. Vision therapy for post-concussion vision disorders. *Optom Vis Sci* 2017;94(1):68-73.
- (28) Scheiman MM, Talasan H, Lynn Mitchell G, Alvarez TL. Objective Assessment of Vergence after Treatment of Concussion-Related CI: A Pilot Study. *Optom Vis Sci* 2017;94(1):74-88.
- (29) Conrad JS, Lynn Mitchell G, Kulp MT. Vision therapy for binocular dysfunction post brain injury. *Optom Vis Sci* 2017;94(1):101-107.
- (30) CITT-ART IG. Treatment of symptomatic convergence insufficiency in children enrolled in the convergence insufficiency treatment trial-attention & reading trial: A randomized clinical trial. *Optometry Vision Sci* 2019 November 01;96(11):825-835.
- (31) Nunes AF, Monteiro PML, Ferreira FBP, Nunes AS. Convergence insufficiency and accommodative insufficiency in children. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1).
- (32) Arnoldi K, Reynolds JD. A review of convergence insufficiency: what are we really accomplishing with exercises? *Am Orthopt J* 2007;57:123-30.
- (33) Cacho-Martínez P, García-Muñoz A, Ruiz-Cantero MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom* 2010;3(4):185-197.
- (34) Wajuihian SO. Is there an association between convergence insufficiency and refractive errors? *Afr Vis Eye Health* 2017;76(1).
- (35) Sanchez-Cuadrado C, Bueno-Fernandez S, Cardenas-Rebollo J, Palomo-Álvarez C. Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14. *J Optom* 2022;DOI: 10.1016/j.optom.2021.11.004.

- (36) Letourneau JE, Ducic S. Prevalence of convergence insufficiency among elementary school children. *Can J Optom* 1988;50:194-197.
- (37) Dwyer P. The prevalence of vergence accommodation disorders in a school-age population. *Clin Exp Optom* 1992;75(1):10-18.
- (38) Jang JU, Park I-. Prevalence of general binocular dysfunctions among rural schoolchildren in South Korea. *Taiwan J Ophthalmol* 2015;5(4):177-181.
- (39) Wajuihian SO, Hansraj R. Vergence anomalies in a sample of high school students in South Africa. *Journal of Optometry: peer-reviewed Journal of the Spanish General Council of Optometry* 2016;9(4):246-257.
- (40) Menjivar AM, Kulp MT, Mitchell GL, Toole AJ, Reuter K. Screening for convergence insufficiency in school-age children. *Clin Exp Optom* 2018;101(4):578-584.
- (41) Hassan LI, Ibrahim SM, Abdu M, Mohamedsharif A. Prevalence of convergence insufficiency among secondary school students in Khartoum, Sudan. *Oman J Ophthalmol* 2018;11(2):129-133.
- (42) Ma MM-, Long W, She Z, Li W, Chen X, Xie L, et al. Convergence insufficiency in Chinese high school students. *Clin Exp Optom* 2019;102(2):166-171.
- (43) García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cacho-Martínez P. Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *Journal of Optometry Invalid date Invalid date*;7(4):178-192.
- (44) Borsting EJ, Rouse MW, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in children aged 9 to 18 years. *Optom Vis Sci* 2003;80(12):832-838.
- (45) Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004;24(5):384-390.
- (46) Gonzalez-Perez M, Perez-Garmendia C, Barrio AR, Garcia-Montero M, Antona B. Spanish Cross-Cultural Adaptation and Rasch Analysis of the Convergence Insufficiency Symptom Survey (CISS). *Translational Vision Science & Technology* 2020 March 01;9(4).
- (47) Palomo-Álvarez C, Puell MC. Binocular function in school children with reading difficulties. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248(6):885-892.
- (48) Palomo-Álvarez C, Puell MC. Relationship between oculomotor scanning determined by the DEM test and a contextual reading test in schoolchildren with reading difficulties. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247(9):1243-1249.
- (49) Bucci MP, Brémond-Gignac D, Kapoula Z. Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246(3):417-428.
- (50) Granet DB, Gomi CF, Ventura R, Miller-Scholte A. The relationship between convergence insufficiency and ADHD. *Strabismus* 2005;13(4):163-168.
- (51) Borsting E, Mitchell GL, Arnold LE, Scheiman M, Chase C, Kulp M, et al. Behavioral and emotional problems associated with convergence insufficiency in children: an open trial. *J Atten Disord* 2016;20(10):836-844.
- (52) Borsting E, Rouse M, Chu R. Measuring ADHD behaviors in children with symptomatic accommodative dysfunction or convergence insufficiency: A preliminary study. *Optometry* 2005;76(10):588-592.
- (53) Rouse M, Borsting E, Mitchell GL, Kulp MT, Scheiman M, Amster D, et al. Academic behaviors in children with convergence insufficiency with and without parent-reported ADHD. *Optom Vis Sci* 2009;86(10):1169-1177.
- (54) Dusek WA, Pierscionek BK, McClelland JF. An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmol* 2011;11(1).

- (55) Cacho-Martínez P, García-Muñoz Á, Ruiz-Cantero MT. Is there any evidence for the validity of diagnostic criteria used for accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *Journal of Optometry* Invalid date Invalid date;7(1):2-21.
- (56) Morgan MW. Analysis of clinical data. *Optom Vis Sci* 1944;21(12):477-491.
- (57) Jiménez R, Pérez MA, García JA, González MD. Statistical normal values of visual parameters that characterize binocular function in children. *Ophthalmic Physiol Opt* 2004;24(6):528-542.
- (58) Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Cooper J, Kulp M, Rouse M, et al. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2005;123(1):14-24.
- (59) Bade A, Boas M, Gallaway M, Mitchell GL, Scheiman M, Kulp MT, et al. Relationship between clinical signs and symptoms of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2013;90(9):988-995.
- (60) Antona B, Gonzalez E, Barrio A, Barra F, Sanchez I, Cebrian JL. Strabometry precision: Intra-examiner repeatability and agreement in measuring the magnitude of the angle of latent binocular ocular deviations (heterophorias or latent strabismus). *B V S* 2011;26(2):91-104.
- (61) Scheiman M, Gallaway M, Frantz KA, Peters RJ, Hatch S, Cuff M, et al. Nearpoint of convergence: Test procedure, target selection, and normative data. *Optom Vis Sci* 2003;80(3):214-225.
- (62) Cohen Y, Segal O, Barkana Y, Lederman R, Zadok D, Pras E, et al. Correlation between asthenopic symptoms and different measurements of convergence and reading comprehension and saccadic fixation eye movements. *Optometry* 2010;81(1):28-34.
- (63) Leshno A, Stolovitch C, Zloto O, Blum Meirovitch S, Mezaad-Koursh D. Reduced stereoacuity as a predictor for clinically significant convergence insufficiency. *Br J Ophthalmol* 2021;105(1):37-41.
- (64) Goering M, Drennan K, Moshirfar M. Convergence Insufficiency. 2021; Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554390/>. Accessed July, 2021.
- (65) Scheiman M, Cotter S, Mitchell GL, Kulp M, Rouse M, Hertle R, et al. Randomized clinical trial of treatments for symptomatic convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2008;126(10):1336-1349.
- (66) Ciuffreda KJ. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. *Optom* 2002;73(12):735-762.
- (67) Piñero DP. Science-based vision therapy. *J Optom* 2016;9(4):203-204.
- (68) Hubel DH, Wiesel TN. Brain mechanisms of vision. *Sci Am* 1979;241(3):130-144.
- (69) Portellano-Pérez J. Como desarrollar la inteligencia: Entrenamiento neuropsicológico de la atención y las funciones ejecutivas. Madrid: Somos-Psicología; 2005.
- (70) 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. *Optom Vis Sci* 2010;87(12):E985-E1002.
- (71) Scheiman M, Gwiazda J, Li T. Non-surgical interventions for convergence insufficiency. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;3.
- (72) Scheiman M, Kulp MT, Cotter SA, Lawrenson JG, Wang L, Li T. Interventions for convergence insufficiency: a network meta-analysis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2020(12).
- (73) Gruning CF. Clinical management of nearpoint stress-induced vision problems. *Optometry Vision Sci* 1985;62(6):386-391.
- (74) Von Noorden G, Burian H. Binocular vision and ocular motility: Theory and management of strabismus. 3rd ed. St.louis: CV Mosby; 1985.
- (75) Abrahams M. Duke-Elder's Practice of refraction. 10th ed. Livingstone: Churchill-; 1993.
- (76) Cibis G, Tongue A, Stass-Isern M. Pediatric Ophthalmology. : Decker; 1993.

- (77) Pratt-Johnson JA. Management of strabismus and amblyopia: a practical guide. 1st ed. Michigan: Thieme Medical Publishers; 1994.
- (78) Von Noorden G, Helveston EM. Strabismus: A decision making approach. : Mosby; 1994.
- (79) Griffin JR, Grisham JD. Binocular anomalies: Diagnosis and vision therapy. 3rd ed. Boston: Butterworth-Heinemann; 1995.
- (80) Scheiman M, Cooper J, Mitchell GL, Land PD, Cotter S, Borsting E, et al. A survey of treatment modalities for convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2002;79(3):151-157.
- (81) Scheiman M. Long-term effectiveness of treatments for symptomatic convergence insufficiency in children. *Optom Vis Sci* 2009;86(9):1096-1103.
- (82) Borsting E, Mitchell GL, Kulp MT, Scheiman M, Amster DM, Cotter S, et al. Improvement in academic behaviors after successful treatment of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2012;89(1):12-18.
- (83) Shin HS, Park SC, Maples WC. Effectiveness of vision therapy for convergence dysfunctions and long-term stability after vision therapy. *Ophthalmic Physiol Opt* 2011;31(2):180-189.
- (84) Scheiman M, Kulp MT, Cotter S, Mitchell GL, Gallaway M, Boas M, et al. Vision therapy/orthoptics for symptomatic convergence insufficiency in children: Treatment kinetics. *Optom Vis Sci* 2010;87(8):593-603.
- (85) Birnbaum MH, Soden R, Cohen AH. Efficacy of vision therapy for convergence insufficiency in an adult male population. *Optom* 1999;70(4):225-232.
- (86) Pang Y, Teitelbaum B, Krall J. Factors associated with base-in prism treatment outcomes for convergence insufficiency in symptomatic presbyopes. *Clin Exp Optom* 2012;95(2):192-197.
- (87) Nabovati P, Kamali M, Mirzajani A, Jafarzadehpur E, Khabazkhoob M. The effect of base-in prism on vision-related symptoms and clinical characteristics of young adults with convergence insufficiency; a placebo-controlled randomised clinical trial. *Ophthalmic Physiol Opt* 2020;40(1):8-16.
- (88) Scheiman M, Cotter S, Rouse M, Mitchell GL, Kulp M, Cooper J, et al. Randomised clinical trial of the effectiveness of base-in prism reading glasses versus placebo reading glasses for symptomatic convergence insufficiency in children. *Br J Ophthalmol* 2005;89(10):1318-1323.
- (89) Ciuffreda KJ. Binocular vision in the twenty-first century. *J Optom* 2017;10(3):139-140.
- (90) Ratey JJ. A User's Guide to the Brain: Perception, Attention, and the Four Theaters of the Brain. A User's Guide to the Brain 2001.
- (91) Evens L. History of strabismus treatment. *Bull Soc Belge Ophtalmol* 1981;Vol. 195:19-52.
- (92) Javal E. Theoretical Handbook of Strabismus. 1896.
- (93) Hubel DH, Wiesel TN. Brain mechanisms of vision. *Sci Am* 1979;241(3):150-162.
- (94) Scheiman MM. 2017 Glenn A. Fry Award lecture: Establishing an evidence-based literature for vision therapy-A 25-year journey. *Optom Vis Sci* 2018;95(8):632-642.
- (95) Brautaset R, Wahlberg M, Abdi S, Pansell T. Accommodation insufficiency in children: Are exercises better than reading glasses? *Strabismus* 2008;16(2):65-69.
- (96) Chen AM, Roberts TL, Cotter SA, Kulp MT, Sinnott LT, Borsting EJ, et al. Effectiveness of vergence/accommodative therapy for accommodative dysfunction in children with convergence insufficiency. *Ophthalmic Physiol Opt* 2021;41(1):21-32.
- (97) Scheiman M, Cotter S, Kulp MT, Mitchell GL, Cooper J, Gallaway M, et al. Treatment of accommodative dysfunction in children: Results from a randomized clinical trial. *Optom Vis Sci* 2011;88(11):1343-1352.

- (98) Adler P. Efficacy of treatment for convergence insufficiency using vision therapy. *Ophthalmic Physiological Optics* 2002 November 01;22(6):565-571.
- (99) Suttle CM. Active treatments for amblyopia: A review of the methods and evidence base. *Clin Exp Optom* 2010;93(5):287-299.
- (100) Hernández-Rodríguez CJ, Piñero DP. Active Vision Therapy for Anisometropic Amblyopia in Children: A Systematic Review. *J Ophthalmol* 2020;2020.
- (101) Rodán A, Candela Marroquín E, Jara García LC. An updated review about perceptual learning as a treatment for amblyopia. *J Optom* 2020.
- (102) Yun SH, Kwok SJJ. Light in diagnosis, therapy and surgery. *Nat Biomed Eng* 2017;1(1).
- (103) Finsen's phototherapy. *JAMA* 1900;XXXV(11):688-689.
- (104) Pleasonton AJ. The influence of the blue ray of the sunlight and of the blue color of the sky, in developing animal and vegetable life. *Arresting Disease and in Restoring Health in Acute and Chronic Disorders to Human and Domestic Animals* 1876:223.
- (105) Pancoast S. *Blue and Red Light*. 1877.
- (106) Babbitt ED. *The Principles of Light and Color*. 1878.
- (107) Yousuf Azeemi ST, Raza SM. A critical analysis of chromotherapy and its scientific evolution. *Evid -Based Complement Altern Med* 2005;2(4):481-488.
- (108) Kumar P, Chawla D, Deorari A. Light-emitting diode phototherapy for unconjugated hyperbilirubinaemia in neonates. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011(12).
- (109) Kawada A. Evolution of targeted phototherapy for psoriasis. *Expert Rev Dermatol* 2013;8(6):623-629.
- (110) Howell ST, Cardwell LA, Feldman SR. A review and update of phototherapy treatment options for psoriasis. *Curr Dermatol Rep* 2018;7(1):43-51.
- (111) Montaseri H, Kruger CA, Abrahamse H. Recent advances in porphyrin-based inorganic nanoparticles for cancer treatment. *Int J Mol Sci* 2020;21(9).
- (112) Golden RN, Gaynes BN, Ekstrom RD, Hamer RM, Jacobsen FM, Suppes T, et al. The efficacy of light therapy in the treatment of mood disorders: A review and meta-analysis of the evidence. *Am J Psychiatry* 2005;162(4):656-662.
- (113) Tuunainen A, Kripke DF, Endo T. Light therapy for non-seasonal depression. *Cochrane Database Syst Rev* 2004(2).
- (114) Anderson JL, Glod CA, Dai J, Cao Y, Lockley SW. Lux vs. wavelength in light treatment of seasonal affective disorder. *Acta Psychiatr Scand* 2009;120(3):203-212.
- (115) Garza KM, Zhang L, Borrón B, Wood LB, Singer AC. Gamma Visual Stimulation Induces a Neuroimmune Signaling Profile Distinct from Acute Neuroinflammation. *J Neurosci* 2020;40(6):1211-1225.
- (116) Mure LS, Vinberg F, Hanneken A, Panda S. Functional diversity of human intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Sci* 2019;366(6470):1251-1255.
- (117) Nguyen M-T, Vemaraju S, Nayak G, Odaka Y, Buhr ED, Alonzo N, et al. An opsin 5-dopamine pathway mediates light-dependent vascular development in the eye. *Nat Cell Biol* 2019;21(4):420-429.
- (118) Albietsz JM, Schmid KL. Intense pulsed light treatment and meibomian gland expression for moderate to advanced meibomian gland dysfunction. *Clin Exp Optom* 2018;101(1):23-33.
- (119) Scorolli L, Scalinci SZ, Limoli PG, Morara M, Vismara S, Scorolli L, et al. Dynamic phototherapy of age-related macular degeneration with or without antioxidant therapy. *Can J Ophthalmol* 2002;37(7):399-404.

- (120) Merry GF, Munk MR, Dotson RS, Walker MG, Devenyi RG. Photobiomodulation reduces drusen volume and improves visual acuity and contrast sensitivity in dry age-related macular degeneration. *Acta Ophthalmol* 2017;95(4):e270-e277.
- (121) Markowitz SN, Devenyi RG, Munk MR, Croissant CL, Tedford SE, Ruckert R, et al. A double-masked, randomized, sham-controlled, single-center study with photobiomodulation for the treatment of dry age-related macular degeneration. *Retina* 2019.
- (122) Ibrahim D, Mendiola-Santibañez JD, Martínez EC, Rodríguez-Reséndiz J, Pacheco IT. Cortical Activity at Baseline and during Light Stimulation in Patients with Strabismus and Amblyopia. *IEEE Access* 2021;9:22430-22446.
- (123) Ibrahim D, Mendiola-Santibañez JD, Cruz-Martínez E, Gómez-Espinosa A, Torres-Pacheco I. Changes in the brain activity and visual performance of patients with strabismus and amblyopia after a complete cycle of light therapy. *Brain Sci* 2021;11(5).
- (124) Shinhmar H, Hogg C, Neveu M, Jeffery G. Weeklong improved colour contrasts sensitivity after single 670nm exposures associated with enhanced mitochondrial function. *Scientific reports* 2021 November 24;11(1):22872.
- (125) Spitler HR. *The Syntonic Principle*. 1941.
- (126) López de la Fuente, Carmen, Sánchez-Cano A. Photometric and Colorimetric Evaluation of Phototherapy Instruments for Syntonic Treatment of Visual Anomalies. *Optometry Vision Sci* 9000 9000.
- (127) Gottlieb RL, Wallace LB. Syntonic phototherapy. *Photomed Laser Surg* 2010;28(4):449-452.
- (128) Kaplan R. Changes in form visual fields in reading disabled children produced by syntonic stimulation. *Int.J.Biosocial Res* 1983;5(1):20-33.
- (129) Liberman J. The effects of syntonic colored light stimulation on certain visual and cognitive functions. *Journal of Optometric Vision Development* 1986;17:4-15.
- (130) Ingersoll S. Syntonics as reading enhancement techniques at the Livingston Developmental Academy. *J.Optometric Phototherapy* March 1999:22-30.
- (131) Searfoss J, Garzia R. Tunnel vision, a loss of visual sensitivity in school age children. *Journal of Optometric Vision Development* 2000;21(3):117-130.
- (132) Wallace LB. The theory and practice of syntonic phototherapy: A review. *J Optom Vis Dev* 2009;40:73-81.
- (133) Consejería de Educación y Juventud. Datos y cifras de la educación. 2019-2020. In: Dirección General de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza de la Consejería de Educación y Juventud, editor. . ISBN: 978-84-451-3838-0 ed. Madrid; 2019. p. 8.
- (134) Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Kulp M, Rouse M, Hertle R, et al. The convergence insufficiency treatment trial: Design, methods, and baseline data. *Ophthalmic Epidemiol* 2008;15(1):24-36.
- (135) Hayes GJ, Cohen BE, Rouse MW, De Land PN. Normative values for the nearpoint of convergence of elementary schoolchildren. *Optom Vis Sci* 1998;75(7):506-512.
- (136) Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Ong E, Super S. Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing. *Optometry Vision Sci* 1995;72(4):219-223.
- (137) Hatch SW, Richman JE. Stereopsis testing without polarized glasses: a comparison study on five new stereoacuity tests. *J Am Optom Assoc* 1994;65(9):637-641.
- (138) Kulp MT, Schmidt PP. A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: Is it related to academic performance in young children? *Binocul Vis Strabismus Q* 2002;17(2):129-134.
- (139) Kulp MT, Mitchell GL. Randot stereoacuity testing in young children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2005;42(6):360-364.

- (140) Scheiman MM, Rouse MW. *Optometric Management of Learning-Related Vision Problems*. 1994.
- (141) Hashemi H, Nabovati P, Khabazkhoob M, Ostadimoghaddam H, Doostdar A, Shiralivand E, et al. The prevalence of convergence insufficiency in Iran: a population-based study. *Clin Exp Optom* 2017;100(6):704-709.
- (142) Hussaindeen JR, Rakshit A, Singh NK, George R, Swaminathan M, Kapur S, et al. Prevalence of non-strabismic anomalies of binocular vision in Tamil Nadu: report 2 of BAND study. *Clinical & experimental optometry* 2016 November 18.
- (143) Metsing IT, Hansraj R, Jacobs W, Nel EW. Review of school vision screening guidelines. *Afr Vis Eye Health* 2018;77(1).
- (144) Nehad T, Salem T, Elmohamady MN. Combined office-based vergence therapy and home therapy system for convergence insufficiency in Egyptian children. *Open Ophthalmol J* 2018;12:12-18.
- (145) Aletaha M, Daneshvar F, Mosallaei M, Bagheri A, Khalili MR. Comparison of three vision therapy approaches for convergence insufficiency. *J Ophthalmic Vis Res* 2018;13(3):307-314.
- (146) Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Kulp MT, Cooper J, Rouse M, et al. A randomized clinical trial of vision therapy/orthoptics versus pencil pushups for the treatment of convergence insufficiency in young adults. *Optom Vis Sci* 2005;82(7):583-593.
- (147) Scheiman MM, Alvarez TL, Cotter SA, Kulp MT, Sinnott LT, Plaumann MD, et al. Negative fusional vergence is abnormal in children with symptomatic convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2021;98(1):32-40.
- (148) Saladin JJ, Alspaugh DH, Penrod LR. Effect of vision therapy on stereophotogrammetric profiling-A controlled clinical trial. *Optometry Vision Sci* 1988;65(5):325-330.
- (149) Kelly KR, Jost RM, Wang Y-, Dao L, Beauchamp CL, Leffler JN, et al. Improved binocular outcomes following binocular treatment for childhood amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59(3):1221-1228.
- (150) Sterner B, Abrahamsson M, Sjöström A. Accommodative facility training with a long term follow up in a sample of school aged children showing accommodative dysfunction. *Doc Ophthalmol* 1999;99(1):93-101.
- (151) Sterner B, Abrahamsson M, Sjöström A. The effects of accommodative facility training on a group of children with impaired relative accommodation - A comparison between dioptric treatment and sham treatment. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21(6):470-476.
- (152) Mathebula SD, Kekana TM, Ledwaba MM, Mushwana DN, Malope NE. A comparison in university students of the amplitude of accommodation determined subjectively. *African Vision and Eye Health Journal* 2016 November 29;75(1).
- (153) Koslowe K, Glassman T, Tzanani-Levi C, Shneur E. Accommodative amplitude determination: pull-away versus push-up method. *Optom Vis Dev* 2010;41(1):28-32. *Optom Vis Dev* 2010;41(1):28-32.
- (154) Hamasaki D, Ong J, Marg E. The amplitude of accommodation in presbyopia. *Am J Optom Arch Am Acad Optom* 1956 January 01;33(1):3-14.
- (155) Sterner B, Gellerstedt M, Sjöström A. The amplitude of accommodation in 6-10-year-old children - Not as good as expected! *Ophthalmic Physiol Opt* 2004;24(3):246-251.
- (156) Palomo-Álvarez C, Puell MC. Accommodative function in school children with reading difficulties. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246(12):1769-1774.
- (157) Evans BJW, Patel R, Wilkins AJ, Lightstone A, Eperjesi F, Speedwell L, et al. A review of the management of 323 consecutive patients seen in a specific learning difficulties clinic. *Ophthalmic Physiol Opt* 1999;19(6):454-466.
- (158) Evans BJW. The underachieving child. *Ophthalmic Physiol Opt* 1998;18(2):153-159.

- (159) Munsamy A, Paruk H. A study to assess the feasibility of utilising virtual reality for the treatment of accommodative and vergence infacility. *Br Ir Orthopt J* 2021;17(1):127-133.

Anexo 1: Consentimiento informado participación en el screening visual.

CONSENTIMIENTO DEL PACIENTE PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

Se le va a pedir autorización para que su hijo/a participe en un estudio que realiza la Universidad CEU San Pablo sobre la prevalencia de la insuficiencia de convergencia.

Se trata de un estudio de recopilación de datos, con fines de investigación de la detección y prevalencia de disfunciones binoculares en niños españoles, con edades comprendidas entre los 6 y los 17 años.

Esta investigación **NO** utiliza productos médicos experimentales.

BENEFICIOS POR PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

Si usted elige que su hijo/a participe en el estudio, se le realizará una revisión visual tipo screening en el colegio y tras esta revisión se le aportará un breve informe con los principales hallazgos encontrados y recomendaciones.

Participando en este estudio, usted no adquiere ningún derecho en ningún desarrollo comercial basado en los datos del estudio.

RIESGOS DE PARTICIPAR

No existen riesgos particulares asociados a su participación en este estudio.

LA PARTICIPACION ES VOLUNTARIA

Su participación en este estudio de investigación es voluntaria. Si usted decide no participar, esta decisión no causará ninguna penalización o pérdida de los servicios a los que usted tiene derecho.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este consentimiento es además de, y no sustituye a, el consentimiento informado proporcionado por el optometrista al realizar la terapia visual.

CONFIDENCIALIDAD Y PUBLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA

En el curso de esta investigación, la información será recogida de las mediciones obtenidas de las revisiones optométricas que se realicen en los colegios. Los datos que se obtengan serán pasados a una base de datos en la que se recogerán los resultados de los pacientes.

Todos los datos recogidos para el estudio, procedentes de la Historia Clínica o facilitados por usted mismo, serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal. Debe saber que tiene derecho de acceso, rectificación y cancelación de los mismos en cualquier momento. Sólo aquellos datos de la historia clínica que estén relacionados con el estudio serán objeto de

comprobación. Esta comprobación la realizará el investigador principal responsables de garantizar la confidencialidad de todos los datos de las historias clínicas pertenecientes a los sujetos participantes en el estudio. Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y sólo el investigador principal podrá relacionar dichos datos con usted y con su historia clínica.

Al firmar este consentimiento, está usted autorizando al equipo que realiza la investigación a utilizar la información médica y optométrica que se recoja en el transcurso de la misma. Esta información puede ser también divulgada por las autoridades reguladoras implicadas en la revisión de los datos de la investigación de campo. En raras ocasiones, puede ser necesario, por imposición legal, revelar ésta información a terceros.

Su autorización no tiene fecha de expiración. Sin embargo, usted podría retirar su autorización en cualquier momento comunicándose a su optometrista.

ACUERDO DE PARTICIPACIÓN

Con la firma de este formulario, usted acuerda que:

- Ha tenido la oportunidad de hacer preguntas.
- Ha comprendido el idioma en que éste formulario está escrito.
- Está de acuerdo en permitir que sus datos médicos sean recopilados y analizados por el investigador principal según lo descrito anteriormente.

Firma del padre/tutor

Nombre

Nombre del menor

Anexo 2: Consentimiento informado participación en el estudio de tratamiento.

CONSENTIMIENTO DEL PACIENTE PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS

Se le va a pedir autorización para que su hijo/a participe en un estudio que realiza la Universidad CEU San Pablo sobre el tratamiento de la insuficiencia de convergencia y la eficacia y durabilidad de los resultados obtenidos con terapia visual optométrica.

Se trata de un estudio de recopilación de datos, con fines de investigación de la utilidad de los diferentes tratamientos de terapia visual, ya sea uno o en combinación, en pacientes con edades comprendidas entre los 8 y los 18 años.

Esta investigación **NO** utiliza productos médicos experimentales.

BENEFICIOS POR PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

La duración estimada del estudio es de un año. Durante ese tiempo que dura el estudio se le proporcionarán a su hijo/a tratamiento es su centro de referencia con el fin de eliminar la insuficiencia de convergencia.

Si usted elige participar en el estudio, se le pedirá que acuda a realizar las cuatro revisiones periódicas a la Universidad además de acudir semanalmente a su centro optométrico.

Los datos generados en este estudio, pueden contribuir a un mejor entendimiento de la evolución de la terapia visual en el tratamiento de insuficiencia de convergencia durante el desarrollo de los niños, etapa en la cual se producen los cambios más importantes relacionados con este defecto binocular llegando en ocasiones a interferir en su rendimiento escolar.

Participando en este estudio, usted no adquiere ningún derecho en ningún desarrollo comercial basado en los datos del estudio.

RIESGOS DE PARTICIPAR

No existen riesgos particulares asociados a su participación en este estudio.

LA PARTICIPACION ES VOLUNTARIA

Su participación en este estudio de investigación es voluntaria. Si usted decide no participar, esta decisión no causará ninguna penalización o pérdida de los servicios a los que usted tiene derecho, y no afectará a su capacidad de recibir el tratamiento médico. Usted puede también retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna penalización.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Este consentimiento es además de, y no sustituye a, el consentimiento informado proporcionado por el optometrista al realizar la terapia visual.

CONFIDENCIALIDAD Y PUBLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOGIDA

En el curso de esta investigación, la información será recogida de las mediciones obtenidas de las diferentes revisiones optométricas que se realicen en la Universidad y en el centro optométrico de referencia durante el tiempo que dura el mismo. Los datos que se obtengan serán pasados a una base de datos en la que se recogerán los resultados de los pacientes, incluidas las revisiones.

Todos los datos recogidos para el estudio, procedentes de la Historia Clínica o facilitados por usted mismo, serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal. Debe saber que tiene derecho de acceso, rectificación y cancelación de los mismos en cualquier momento. Sólo aquellos datos de la historia clínica que estén relacionados con el estudio serán objeto de comprobación. Esta comprobación la realizará el Investigador Principal/Investigadores Colaboradores, responsables de garantizar la confidencialidad de todos los datos de las historias clínicas pertenecientes a los sujetos participantes en el estudio. Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código y sólo el investigador principal/colaboradores podrán relacionar dichos datos con usted y con su historia clínica.

Al firmar este consentimiento, está usted autorizando al equipo que realiza la investigación a utilizar la información médica y optométrica que se recoja en el transcurso de la misma. Esta información puede ser también divulgada por las autoridades reguladoras implicadas en la revisión de los datos de la investigación de campo. En raras ocasiones, puede ser necesario, por imposición legal, revelar ésta información a terceros.

Su autorización no tiene fecha de expiración. Sin embargo, usted podría retirar su autorización en cualquier momento comunicándose a su optometrista.

ACUERDO DE PARTICIPACIÓN

Con la firma de este formulario, usted acuerda que:

Ha tenido la oportunidad de hacer preguntas.

Ha comprendido el idioma en que éste formulario está escrito.

Está de acuerdo en permitir que sus datos médicos sean recopilados y analizados por el investigador principal según lo descrito anteriormente.

OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

No se esperan en ningún caso efectos adversos derivados del tratamiento de terapia visual de este estudio. Si ocurriese algún efecto adverso derivado se comunicaría inmediatamente.

No se esperan usos comerciales derivados de la investigación y, actualmente, no existe una fuente de financiación del proyecto de investigación.

En caso de que, como consecuencia del estudio, uno de los procedimientos resultase ser claramente ventajoso sobre el resto, si este no hubiera sido el aplicado en su caso, el centro participante se compromete a aplicárselo para obtener esos resultados.

En caso de necesitar cualquier información o por cualquier otro motivo, no dude en contactar con los investigadores principales del estudio.

Firma del Colaborador

Nombre Impreso

Anexo 3: Aprobación del comité de ética del estudio.



CEU
*Universidad
San Pablo*

*Vicerrectorado de Profesorado
e Investigación*

D. Agustín Probanza Lobo, Presidente del Comité de Ética de Investigación de la Universidad CEU San Pablo,

Hace constar que: Una vez revisada la tesis doctoral "**Protocolo de trabajo en insuficiencia de convergencia, eficacia y durabilidad de la terapia visual optométrica**", cuya Investigadora es Dña. Carla Sánchez Cuadrado, y directora de la misma Dña. Sara Bueno Fernández, el Comité de Ética de Investigación de la Universidad CEU San Pablo considera que se ajusta a las normas éticas esenciales adoptadas como referencia en este ámbito y aprueba la investigación propuesta en dicho proyecto. Código de aprobación: 207/17/05.

Y para que así conste, firma el presente documento en Madrid, a 1 de marzo de dos mil dieciocho.

Sede de Profesorado
Isaac Peral 58, 28040 Madrid
Teléfono: 91 514 01 22 / 25
www.uspceu.com

Sede de Investigación
Ctra. Boadilla del Monte Km. 5,300
28668 Boadilla del Monte, Madrid
Teléfono: 91 372 47 00

Anexo 4: Ficha pruebas del screening visual.

NOMBRE:						FECHA:									
RX															
OD				Esf				Cil				Add			
OI				Esf				Cil				Add			
STEREO															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
AV															
		SIN RX				CON RX									
		LEJOS		CERCA		LEJOS		CERCA							
OD															
OI															
AO															
RETINOSCOPIA															
				LEJOS								CERCA			
OD								OD							
OI								OI							
CT															
SIN RX						CON RX									
						TIEMPO						TIEMPO			
LEJOS						↑ ↓ ≡			LEJOS			↑ ↓ ≡			
CERCA						↑ ↓ ≡			CERCA			↑ ↓ ≡			
MOTILIDAD															
SEGUIMIENTOS		CALIDAD				TIEMPO				COGNITIVO					
		4 3 2 1				4 3 2 1				4 3 2 1					
SACADICOS		CALIDAD				TIEMPO				CENTRAL/PERIFERIA					
		4 3 2 1				4 3 2 1				INT ⊕ NI					
PPC															
//_/_ D/I S/N				_/_/_/_ D/I S/N				_/_/_/_ D/I S/N							
VERGENCIAS CERCA															
DIVERGENCIA (#17)				_/_/_/_											
CONVERGENCIA (#16)				_/_/_/_											

Anexo 5: Informe modelo tras la valoración en el screening visual.

INFORME EVALUACIÓN OPTOMÉTRICA

NOMBRE:

CURSO:

Durante los días __, __ y __ de _____ de 2018, ópticos optometristas colegiados, pertenecientes a equipos de trabajo e investigación de la Universidad San Pablo CEU realizaron una revisión optométrica (tipo "screening" visual) en el colegio _____, en el que participó su hijo/a.

El objetivo es detectar en etapas tempranas cualquier alteración visual, no solo refractiva, sino alteraciones de la visión binocular que pueden tener impacto directo en el rendimiento académico.

Durante la detección visual se evaluaron las siguientes habilidades:

• **AGUDEZA VISUAL:** es una medida de la claridad de la vista, nos da una información de la capacidad de detectar un objeto en el campo de visión. Se evaluó en lejos y en cerca.

• **ESTADO REFRACTIVO:** existen tres tipos de ametropías desde el punto de vista clínico, la miopía, la hipermetropía y el astigmatismo.

• **BINOCULARIDAD:** El sistema visual está diseñado de manera que los ojos y sus correspondientes músculos pueden trabajar en un nivel de coordinación elevado, es como si ambos ojos fueran uno sólo. Esta habilidad está íntimamente relacionada con el control de los movimientos oculares y la capacidad de enfoque.

• **MOVIMIENTOS OCULARES:** Los movimientos oculares requieren el mayor nivel de precisión. Los movimientos oculares bien integrados permiten rapidez y precisión para cambiar de línea en la lectura, para cambiar la mirada del libro a la pizarra, y son imprescindibles en la práctica de deportes que impliquen seguimientos oculares.

Después de evaluar los resultados obtenidos, nuestro consejo profesional respecto a su hijo es:

CONCLUSIONES:

- No se encontraron deficiencias visuales funcionales fuera del rango de la normalidad por lo que recomendamos una revisión anual.
- Presenta una posible insuficiencia de convergencia y les recomendamos participar en el estudio que se está realizando sobre el tratamiento de la insuficiencia de convergencia en la universidad San Pablo Ceu. (información más detallada al final del informe).
- Recomendamos una revisión visual más detallada porque se encontraron resultados fuera de la norma en agudeza visual.
- Recomendamos una revisión visual más detallada porque se encontraron resultados fuera de la norma en el estado refractivo.
- Recomendamos una revisión visual más detallada porque se encontraron resultados fuera de la norma en la binocularidad.
- Recomendamos una revisión visual más detallada porque se encontraron resultados fuera de la norma en los movimientos oculares.

Anexo 6: Ficha pruebas de los centros colaboradores.

PACIENTE: _____ VISITA 1: _____

FECHA: _____

CENTRO: _____ EXAMINADOR: _____

VERIFICACIÓN CRITERIOS INCLUSIÓN	Cumple (Si/No)
Exoforia mayor en cerca que en lejos*	
Rotura del punto próximo a 6cm o más alejado*	
Vergencia fusional positiva insuficiente (menos que el doble de foria en cerca o inferior a 15 Dioptías prismáticas)*	
Valor de amplitud relativa negativa menor al de amplitud relativa positiva	
Flexibilidad acomodativa dificultad para aclarar lentes positivas en binocular	
Edad comprendida entre 6-18 años	

*Debe cumplir dos de estos tres criterios obligatoriamente

VERIFICACIÓN CRITERIOS EXCLUSIÓN	Cumple (Si/No)
Sujetos con patología ocular	
Sujetos ambliopes anisometropicos o isometropicos	
Sujetos con transtornos psiquátricos o neurológicos no controlados, o con incapacidad manifiesta debido a la edad, condición física o mental, para la comprensión y/o aplicación de las instrucciones de uso, precauciones, o restricciones.	

CONSENTIMIENTO INFORMADO	
---------------------------------	--

Anexo 7: Cuestionario de síntomas CISS V-15.

	Nunca	Con poca frecuencia	A veces	Con frecuencia	Siempre
¿Siente cansados los ojos al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Siente incómodos los ojos al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Tiene dolores de cabeza al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Se siente soñoliento al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Pierde la concentración al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Tiene problemas para recordar lo que ha leído?					
¿Tiene visión doble al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Ve que las palabras se mueven, saltan, nadan o aparecen flotando en la página al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Siente que lee despacio?					
¿Le duelen los ojos cuando lee o hace un trabajo en cerca?					
¿Sus ojos se sienten doloridos al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Siente una sensación de "tirón" alrededor de sus ojos al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Nota las palabras borrosas o que entran y salen de foco al leer o hacer un trabajo en cerca?					
¿Pierde su lugar mientras lee o hace un trabajo en cerca?					
¿Tiene que releer la misma línea de palabras al leer?					
	___ x 0	___ x 1	___ x 2	___ x 3	___ x 4

Anexo 8: Ficha optométrica de pruebas binoculares y acomodativas.

	Inicial	4 Semanas	12 Semanas	24 Semanas
Stereo	RANDOT	RANDOT	RANDOT	RANDOT
	DL	DL	DL	DL
Cover test lejos sc/cc				
Cover test cerca sc/cc				
PPC molestia/ rotura/ recobro
Foria cerca (Thorrington)				
VFN cerca				
VFP cerca				
ARN				
ARP				
AA	OD	OD	OD	OD
	OI	OI	OI	OI
Flexibilidad de enfoque	AO +/-	AO +/-	AO +/-	AO +/-
	OD +/-	OD +/-	OD +/-	OD +/-
	OI +/-	OI +/-	OI +/-	OI +/-

Anexo 9: Tabla de registro de la velocidad lectora.

		Revisión Inicial	Revisión 4S	Revisión 12S	Revisión 24S
AO	VL	ppm	ppm	ppm	ppm
	Texto				
OD	VL	ppm	ppm	ppm	ppm
	Texto				
OI	VL	ppm	ppm	ppm	ppm
	Texto				

Anexo 10: Tabla de aleatorización de los grupos de estudio.

VIII.5 CUADRO DE RANDOMIZACIÓN

SIGNIFICADO DE CADA GRUPO
GRUPO 1: Fototerapia optométrica
GRUPO 2: Terapia Visual activa
GRUPO 3: Combinación Fototerapia optométrica y de Terapia Visual activa
GRUPO 4: Grupo Control

	GRUPO DE TRATAMIENTO
PACIENTE 1	4
PACIENTE 2	4
PACIENTE 3	1
PACIENTE 4	2
PACIENTE 5	2
PACIENTE 6	3
PACIENTE 7	3
PACIENTE 8	3
PACIENTE 9	3
PACIENTE 10	4
PACIENTE 11	1
PACIENTE 12	2
PACIENTE 13	4
PACIENTE 14	4
PACIENTE 15	2
PACIENTE 16	3
PACIENTE 17	2
PACIENTE 18	1
PACIENTE 19	4
PACIENTE 20	3
PACIENTE 21	1
PACIENTE 22	4
PACIENTE 23	3
PACIENTE 24	1
PACIENTE 25	1

PACIENTE 26	1
PACIENTE 27	2
PACIENTE 28	1
PACIENTE 29	2
PACIENTE 30	1
PACIENTE 31	1
PACIENTE 32	2
PACIENTE 33	4
PACIENTE 34	2
PACIENTE 35	4
PACIENTE 36	4
PACIENTE 37	3
PACIENTE 38	3
PACIENTE 39	2
PACIENTE 40	3

Anexo 11: Ficha modelo de procedimiento de terapia visual activa.




VECTOGRAMAS

TIEMPO: 15 ó 20 minutos

MATERIAL

- Polaroid: Láminas polarizadas / Gafas polarizadas

OBJETIVOS

- Aumentar la amplitud de vergencia fusional negativa y positiva
- Disminuir la latencia de respuesta de vergencia fusional
- Aumentar la velocidad de la respuesta de vergencia fusional

NIVELES

1. Vergencias suaves
2. Rangos vergencias
3. Saltos de ducciones
4. Caminar hacia detrás y hacia delante
5. Posiciones de mirada

PROCEDIMIENTO

- Paciente sentado cómodamente a 40cm, puestas la gafas polarizadas

- Flotan
- Localización
- SILO
- Paralaje
- Diferencias apreciables
- Sensación quinestésica
- Rangos

B




Carla Sánchez Cuadrado




- Flotan**
 - Pedir al paciente que intente mantener la visión nítida y única, mientras describe lo que ve
 - Intentar que sienta el estímulo flotando
- Localización**
 - Con un puntero que intente tocar y localizar en el espacio
 - Puede ir acotando con círculos en el espacio
- SILO**
 - Intentar que el paciente describa la respuesta SILO
 - Preguntas: ¿Está el estímulo aumentando o disminuyendo? ¿ Alejándose o acercándose?
 - Enseñar: Diplopía, Visión Borrosa, Flotar y Localización
- Paralaje**
 - Hacer que se mueva el paciente hacia un lado y otro, y que observe que le ocurre a la imagen: ¿ Dónde va el dibujo?
 - Recordar: en convergencia la imagen te sigue, en divergencia se mueve al contrario
- Diferencias apreciables**
 - Cuanta demanda acomodativa: observar todas las diferencias y aprender dónde están enfocando los ojos
- Sensación quinestésica**
 - Resaltar la sensación de acomodar y converger
 - Es importante que el paciente sea capaz de sentir la diferencia entre estimular y relajar la acomodación y la diferencia entre converger y divergir
 - Pedir al paciente que explique lo que está sintiendo: ¿Sientes cómo si estuvieras forzando o relajando tus ojos? ¿ Sientes que estás mirando más cerca y cruzando tus ojos o mirando lejos y relajando tus ojos?
- Rangos**
 - Medir los rangos de divergencia primero y después convergencia
 - Anotar: borrosidad/ rotura/ recobro

B

Carla Sánchez Cuadrado

Anexo 12: Contribuciones científicas.

JID: OPTOM

ARTICLE IN PRESS

[mSP6P:December 31, 2021;18:00]

Journal of Optometry 000 (xxxx) 1–6



ELSEVIER

Journal of Optometry

www.journalofoptometry.org



ORIGINAL ARTICLE

Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14 years

Sánchez-Cuadrado Carla^{a,*}, Bueno-Fernández Sara^a, Cárdenas-Rebollo JM^b, Palomo-Álvarez Catalina^c

^a Department of Applied Chemistry and Biochemistry. Área of Optics & Optometry. Faculty of Pharmacy. CEU San Pablo University. Madrid, Spain

^b Department of Applied Mathematics and Statistics, Faculty of Pharmacy, CEU San Pablo University, Madrid, Spain

^c Applied Vision Research Group, Department of Optometry & Vision, Faculty of Optics & Optometry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

KEYWORDS
Binocular vision;
Convergence insufficiency;
Non-strabismic binocular vision anomalies;
School screening;
Spanish children

Abstract
Clinical relevance: Convergence insufficiency (CI) at an early age can lead to learning difficulties affecting school performance. The aim of this study was to examine the prevalence of CI in a non-clinical population of Spanish children using well defined clinical criteria and to determine whether sex is a risk factor.
Methods: Visual acuity and binocular vision tests were performed in 628 children aged 6–14 years (mean age 9.6 ± 1.3 years) at three schools in the Madrid Community, Spain. To assess CI prevalence we used CITT (Convergence Insufficiency Treatment Trial) criteria. The three signs considered were: i) exophoria at least 4^Δ greater at near than at far; ii) near break point of convergence (NPC) ≥ 6 cm; and iii) reduced positive fusional vergence (PFV) at near ($\leq 15^\Delta$ base-out break or failed Sheard's criterion).
Results: The CI prevalence detected was 5.30% (33 children). Proportions of children with one or two signs of CI were 23.76% (148 children) and 12.20% (76 children), respectively. No differences in these CI rates by sex were detected.
Conclusion: The clinically significant CI prevalence observed here suggests the need for more binocular vision screening programmes in school settings.
© 2021 Spanish General Council of Optometry. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introduction

Visual dysfunction in school age children can lead to learning difficulties both at school and at home as it may negatively

affect attention and reading skills. In effect, learning deficiency at school has been related to various aspects of visual function including binocular vision status^{1–3}

Convergence insufficiency (CI) is a sensorimotor anomaly that affects the binocular vision system resulting in an inability to adequately converge or sustain convergence during near visual tasks.⁴ In both adults and children, CI is frequently associated with asthenopic symptoms like headache, transient blurred vision, diplopia, eyestrain or

* Corresponding author at: Department of optics and optometry, CEU San Pablo University, Urbanización Montepríncipe, s/n 28668 Alcorcón, Madrid, Spain.
E-mail address: car.sanchez.ce@ceindo.ceu.es (S.-C. Carla).

<https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.11.004>
1888-4296/© 2021 Spanish General Council of Optometry. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Please cite this article in press as: S.-C. Carla, B.-F. Sara, C.-R. JM et al., Prevalence of convergence insufficiency among Spanish school children aged 6 to 14 years, *Journal of Optometry* (2021), <https://doi.org/10.1016/j.optom.2021.11.004>

208

difficulty in concentrating while conducting near work.^{1,2,5-7} Rouse et al.^{2,3} reported that parents of children with symptomatic CI described their poor academic performance in terms of near distance work compared with parents of children with normal binocular vision.

According to Blum et al.,⁸ the goal of vision screening is to identify children with a visual problem or an eye condition so that they can be referred to a qualified professional for a complete evaluation. The early detection of CI is beneficial as this problem responds well and quickly to vision therapy.⁹ However, school screening programmes often focus on the detection of reduced visual acuity rather than binocular vision problems such as convergence insufficiency. In addition, the best test to screen for the presence of convergence insufficiency is not known.¹⁰

Three clinical signs were defined in the Convergence Insufficiency Treatment Trial (CITT): exophoria at least 4° greater at near than at far, near break point of convergence (NPC) ≥ 6 cm and reduced positive fusional vergence (PFV) at near (failed Sheard's criterion or $\leq 15^\Delta$ base-out break). According to Ma et al., CI can be described as definite when all 3 signs are present, highly suspicious when there are 2 or 3 signs and unlikely when there is only 1 sign.¹¹ In Table 1, reported CI prevalence data are provided, indicating wide variation from 2.25% to 33%.¹² This variation could be attributed to inconsistency and variability in the diagnostic criteria used. Binocular vision dysfunction prevalence studies have analysed Spanish university students,¹³⁻¹⁵ but we lack updated data on CI prevalence for school-aged children in our country.

The aim of the present study was to estimate using well-defined clinical criteria CI prevalence in healthy Spanish children, and to determine whether sex is a risk factor. Correlations between the different signs were also examined.

Methods

Ethical approval

The study protocol adhered to the ethical principles of the Declaration of Helsinki and good clinical practice, and was approved by the Research Ethics Committee of the CEU San Pablo University. Once the different schools had approved and agreed to participate in our study, written informed consent was obtained from parents.

In the Madrid Community, 713,245 children of the target age were registered in the school year 2018/2019.²⁴ Based on finite sample prevalence data, the sample size required ($p = 0.5$; $q = 0.5$) for a 95% confidence interval was calculated at 384 children.

The study design was prospective, cross-sectional and multicentric. Of 680 children invited to participate, 640 children providing informed consent aged 6–14 years from three schools in Madrid were enrolled. Inclusion criteria were: age 6–14 years and near and distance visual acuity with or without correction of at least 0.1 (logMAR). Subjects were excluded if they had constant strabismus or any ocular or systemic disease that could interfere with visual function. Children were also excluded if they had an uncorrected refractive error of more than 0.50 D of myopia, 1.50 D of hyperopia and/or 1.50 D of astigmatism. The examination

was carried out by 6 optometrists with more than 10 years of experience with vision anomalies. These examiners from a research group working at the San Pablo CEU University were trained to use the same protocol. The main author was responsible for analysing the data. For each participant, a clinical report was prepared according to the test results in which it was indicated if they needed a comprehensive eye examination. For a diagnosis of CI, the three CITT clinical signs described above had to be fulfilled.

Clinical measures

At each school, tests were performed in a large quiet well-lit room (120 cd/m², Tek Lumacolor II). Children who wore glasses were tested while wearing their correction.

The visual skills assessed were monocular and binocular visual acuity at far (6 m) and near (40 cm). Binocular vision measures were the near and distance cover test, near point of convergence (NPC), positive fusional vergence (PFV), and negative fusional vergence (NFV).

Visual acuity (VA) was first assessed monocularly and binocularly both at far and near distance using a logMAR Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) chart and a standard equivalent Snellen near card. A translucent paddle was used for the cover test. The testing order was right eye, left eye and then both.

Distance and near horizontal phorias were measured using a prism bar in the cover test, cover-uncover and alternate cover test with a far and near 20/30 target.

Near point of convergence was assessed by the standard push-up technique using a single column of letters of 6/9 (20/30) equivalent at 40 cm on a near point rule. In this test, the subject is asked to follow an approaching target until the point where it appears double, or the examiner notes that one eye drifts outwards. Three measurements were made separated by at least 10 s of rest. Break and recovery point values were recorded as the average of the three measurements.^{25,26}

Positive and negative fusional vergence ranges were measured at near distance. Negative (base-in) ranges were measured before positive (base-out) ranges to avoid vergence adaptation. Rosenfield et al.²⁷ using a horizontal prism bar and a fixation target containing a single column of letters (20/30) increased the prism magnitude by about 2 Δ per second, stopping at each prism jump and the child indicated "one clear image". If the child reports blurry letters, after recording the blur point, the break point is identified by indicating "two or doubled" and the value noted. After reporting diplopia, the base prism is increased by 5 Δ , the prism amount should be decreased by 2 prisms per second, and the recovery point recorded when the child observes a single image. In this study, we considered a PFV break point lower than 15 Δ as a sign of CI.

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS version 24.0 software. The Kolmogorov–Smirnov test with Lilliefors correction was used to confirm the normal distribution of the collected data. Data were expressed as means (SD) for continuous variables and number and percentage for categorical variables and analyzed using the Chi-squared test

Table 1 Summary of published convergence insufficiency (CI) prevalence studies including criteria used to define CI Sheard's criterion = positive fusional vergence break point less than twice the phoria; NPC = near point of convergence; PFV= near point of positive fusional vergence; cm = centimetre; Δ = prism diopter (Source: adapted from different reports).

Study	Setting	Agerange	N	CI criteria	CI prevalence
Ma et al ¹¹	School	13–18 years	928	Exophoria at near at least 4 ^Δ greater than at distance NPC > 6 cm (break point) PFV < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	2.7%
Letourneau et al ¹⁶	School	6–13 years	2054	Exophoria at near greater than at distance NPC > 10 cm (break point)	2.25%
Rouse et al ¹⁷	School	10–12 years	415	Exophoria greater at near NPC > 7.5 cm PFV < 12 ^Δ blur or < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	4.2%
Scheiman et al ¹⁸	School	6–18 years	1650	Exophoria greater at near NPC > 7.5 cm (break point) PFV < 12 ^Δ blur or < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	4.6%
This study	School	6–14 years	628	Exophoria at near at least 4 ^Δ greater than at distance NPC > 6 cm (break point) PFV < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	5.3%
Menjivar et al ¹⁰	School	9–14 years	282	Exophoria at near at least 4 ^Δ greater than at distance NPC > 6 cm (break point) PFV < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	6.4%
Letourneau et al ¹⁹	School	7–14 years	735	NPC > 10 cm with penlight	8.3%
Hussaindeen et al ²⁰	School	7–17 years	920	Exophoria at near at least 2 ^Δ greater than at distance NPC > 6 cm (break point) PFV < 15 ^Δ break	16.5–17.6%
Borsting et al. ⁵	School	8–15 years	392	Exophoria greater at near NPC > 7.5 cm (break point) PFV < 12 ^Δ blur or < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	17.3%
Rouse et al ²¹	Clinic	8–12 years	620	Exophoria greater at near NPC > 7.5 cm (break point) PFV < 12 ^Δ blur or < 15 ^Δ break or failed Sheard's criterion	17.6%
Abdi et al ²²	Clinic	6–16 years	120	Asthenopia	18.3%
Dwyer et al ²³	Clinic	7–18 years	144	Not specified	33%

and Fisher's exact test. For continuous variables we used either a 2-tailed t-test when normality and homogeneity of variance assumptions were met, or the nonparametric Mann–Whitney U test. Associations between the quantitative variables of interest were measured through Pearson's correlation coefficients. For all statistical tests, significance for a confidence interval of 95% was set at $p < 0.05$.

Results

Of 640 participants enrolled, 5 were excluded because they had constant strabismus and 7 because they did not meet our established VA requirements. This left a study population of 628 children: 309 male and 319 female, aged 6–14 years (mean 9.6 ± 1.34 years). At the time of the tests,

participants were in grades 1 to 8. Mean visual acuity for the population (Table 2) was 0.097 ± 0.009 LogMAR at far and 0.098 ± 0.007 LogMAR at near. A large percentage of the children (91.6%) had a visual acuity of 0.1 at both distances with their usual correction. Of 110 children who wore glasses (17.5%), 70 (63.63%) were female and 40 (36.36%) were male.

Table 3 describes the number of study participants with CI. Of the 628 subjects examined, 371 showed no signs of CI, 148 (23.76%) showed one sign, 76 (12.15%) two signs and 33 (5.30%) three signs. Hence, 33 children had convergence insufficiency representing a prevalence of 5.30% in our study population. There were no significant ($p > 0.05$) differences between the genders.

Thirty-eight of the children (6.05%) had at least 4^Δ more of exophoria at near than at far in addition to a distant NPC

ARTICLE IN PRESS

JID: OPTOM

[mSP6P;December 31, 2021;18:00]

S.-C. Carla, B.-F. Sara, C.-R. JM et al.

Table 2 Means and standard deviations of the variables used to diagnose convergence insufficiency recorded in our study population. Minus sign indicates exophoria. SD= standard deviation; Δ = prism diopter; cm=centimetre.

Variable (unit)	Mean \pm SD
AGE (years)	9.51 \pm 1.34
VA_DISTANCE (LogMAR)	0.097 \pm 0.09
VA_NEAR (LogMAR)	0.098 \pm 0.07
COVER_TEST NEAR (Δ)	-2.09 \pm 4.70
COVER_TEST DISTANCE (Δ)	-0.39 \pm 1.97
NPC BREAK (cm)	5.77 \pm 6.54
NPC RECOVERY (cm)	9.4 \pm 8.39
NFV BREAK (Δ)	13.36 \pm 3.51
NFV RECOVERY (Δ)	9.14 \pm 3.33
PFV BREAK (Δ)	25.08 \pm 9.70
PFV RECOVERY (Δ)	19.62 \pm 9.86

break point. Moderate negative correlation ($p < 0.05$, $r = -0.374$) was observed between these two signs such that the greater the exophoria, the further away was the NPC.

Six children (0.96%) showed an exophoria that was 4^{Δ} greater at near than at far along with a reduced PFV break point. These two signs displayed moderate positive correlation ($p < 0.05$, $r = 0.347$) meaning that the greater the exophoria, the lower the PFV break point.

Thirty two children (5.14%) showed both reduced NPC and PFV break points. These two signs were moderately and

positively correlated ($p < 0.05$, $r = 0.426$) meaning that the further away the NPC break point, the lower the PFV break point.

Finally, 33 children (5.30%) showed the three characteristic signs of CI indicating a definite diagnosis.

Discussion

This study provides CI prevalence data for a non-clinical population of Spanish children aged 6 to 14 years. Rates varied between 5.30% for a definite diagnosis to 23.76% for only one CI sign present. Two or three CI signs indicating a high suspicion of CI were detected in 12.15% of our study population.

These prevalences are similar to those reported by other authors in children of this age range.^{10,17,18} According to the CITT group criteria used to diagnose CI, a subject must have three characteristic signs. Our prevalence of three CI signs was slightly higher than that obtained in school screenings by the groups of Rouse¹⁷ (4.2%) and Scheiman¹⁸ (4.6%). It is important to consider the setting of a study, as results are not the same when assessment takes place in a school or clinic. In some studies, CI prevalences determined in an optometry office have been as high as 17%, as described by Rouse et al.²¹ and examinations in schools have provided a prevalence as low as 6%, as detected by Menjivar et al.¹⁰ (Table 1) The key to screening success is to detect patients with a binocular visual disorder early on. Nevertheless, some CI prevalence studies have yielded higher rates than observed here. This could be due to this bias of measurements taken in the clinic. In contrast, the children enrolled

Table 3 Number of signs of convergence insufficiency recorded in the children by sex.

		Total N (%)	Females N (%)	Males N (%)	p-value
1 sign	Exophoria near $\geq 4^{\Delta}$ distance	27 (4.33%)	14 (4.39%)	13 (4.21%)	0.911
	NPC > 6 cm (break point)	95 (15.25%)	43 (13.48%)	52 (16.83%)	0.242
	PFV < 15^{Δ} break or failed Sheard's criterion	26 (4.17%)	15 (4.70%)	11 (3.59%)	0.473
	Totals	148 (23.76%)	72 (22.57%)	76 (24.59%)	0.550
2 signs	Exophoria near $\geq 4^{\Delta}$ distance +				
	NPC > 6 cm (break point)	38 (6.05%)	16 (5.01%)	22 (7.12%)	0.269
	Exophoria near $\geq 4^{\Delta}$ distance +	6 (0.96%)	3 (0.94%)	3 (0.97%)	0.969
	PFV < 15^{Δ} break or failed Sheard's criterion				
	NPC > 6 cm (break point)	32 (5.14%)	16 (5.01%)	16 (5.18%)	0.926
	PFV < 15^{Δ} break or failed Sheard's criterion				
	Totals	76 (12.15%)	35 (10.97%)	41 (13.27%)	0.378
3 signs	Exophoria near $\geq 4^{\Delta}$ distance +	33 (5.30%)	19 (5.96%)	14 (4.53%)	0.424
	NPC > 6 cm (break point)				
	PFV < 15^{Δ} break or failed Sheard's criterion				
	Totals	33 (5.30%)	19 (5.96%)	14 (4.53%)	0.424

in this study were examined at school and had no ocular discomfort or apparent symptoms.

No differences in CI prevalence by sex were detected here. This finding is inconsistent with the results of other studies. Ma et al.¹¹ reported a 3:2 ratio of girls to boys with CI but in a population comprising 230 more female than male participants. In other studies conducted in populations with similar numbers of boys and girls, as in the present study, similar CI prevalences were observed in males and females.^{17,20,21,28,29}

Most of the children diagnosed with CI in our study had a visual acuity of 0.1 LogMAR. Children with CI usually show adequate visual acuity as this problem affects vision and not sight. For this reason, it is important to emphasize that CI is a binocular anomaly. Our findings point to a need for more exhaustive examinations in school-aged children, as visual acuity does not offer any information about other deficient visual skills that could help explain learning or attention problems.^{2,3,30,31} Moreover, CI can have an impact on quality of life, especially during reading and near work.

Conclusion

Vision screening is today an integral part of the education system in many countries.³² However, this screening, based on 3 gold-standard tests, focuses on near and far distance single eye skills and lacks a specific test to assess binocular visual skills. As binocular visual skills are essential for children's school performance, the early detection and treatment of CI could significantly improve their learning ability.

The prevalence of CI in this non-clinical pediatric population of the Madrid region (Spain) aged 6–14 years is similar to reported figures for other developed countries. School screening is important to detect this insufficiency and other non-strabismic or strabismic binocular vision anomalies. As an overall conclusion, vision screening including binocular vision tests in a school setting is strongly recommended.

Conflict of interest

All the authors associated with the present manuscript declare no potential conflicts of interest concerning the research, authorship, and/or publication of this article.

Acknowledgments

The authors would like to thank the participating schools ("Punta Galea", "Litterator" and "Santa Teresa") and optometrists.

Funding source

The authors received no specific funding for this work.

References

1. Palomo-Álvarez C, Puell MC. Binocular function in school children with reading difficulties. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2010;248(6):885–892.
2. Rouse M, Borsting E, Mitchell GL, Kulp MT, Scheiman M, Amster D, et al. Academic behaviors in children with convergence insufficiency with and without parent-reported ADHD. *Optom Vis Sci*. 2009;86(10):1169–1177.
3. Borsting E, Rouse M, Chu R. Measuring ADHD behaviors in children with symptomatic accommodative dysfunction or convergence insufficiency: a preliminary study. *Optometry*. 2005;76(10):588–592.
4. Nunes AF, Monteiro PML, Ferreira FBP, Nunes AS. Convergence insufficiency and accommodative insufficiency in children. *BMC Ophthalmol*. 2019;19(1).
5. Borsting E, Rouse MW, Deland PN, Hovett S, Kimura D, Park M, et al. Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry*. 2003;74(1):25–34.
6. Borsting EJ, Rouse MW, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in children aged 9 to 18 Years. *Optom Vis Sci*. 2003;80(12):832–838.
7. Rouse MW, Borsting EJ, Mitchell GL, Scheiman M, Cotter SA, Cooper J, et al. Validity and reliability of the revised convergence insufficiency symptom survey in adults. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2004;24(5):384–390.
8. Blum HL, Peters HB, Bettman JW, Fellows Jr V, F Johnson. Design and evaluation of a vision screening program for elementary school children. *Am J Public Health*. 1959;49:1670–1681.
9. Scheiman M, Kulp MT, Cotter SA, Lawrenson JG, Wang L, Li T. Interventions for convergence insufficiency: a network meta-analysis. *Cochrane Database Systemat Rev*. 2020(12).
10. Menjivar AM, Kulp MT, Mitchell GL, Toole AJ, Reuter K. Screening for convergence insufficiency in school-age children. *Clin Exp Optom*. 2018;101(4):578–584.
11. Ma MM-, Long W, She Z, Li W, Chen X, Xie L, et al. Convergence insufficiency in Chinese high school students. *Clin Exp Optom*. 2019;102(2):166–171.
12. Cacho-Martínez P, García-Muñoz A, Ruiz-Cantero MT. Do we really know the prevalence of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions? *J Optom*. 2010;3(4):185–197.
13. Porcar E, Martínez-Palamera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optom Vis Sci*. 1997;74(2):111–113.
14. Lara F, Cacho P, García A, Megias R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2001;21(1):70–74.
15. García-Muñoz Á, Carbonell-Bonete S, Cantó-Cerdán M, Cacho-Martínez P. Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clin Exp Optom*. 2016;99(4):313–321.
16. Letourneau JE, Ducic S. Prevalence of convergence insufficiency among elementary school children. *Can J Optom*. 1988;50:194–197.
17. Rouse MW, Borsting E, Hyman L, Hussein M, Cotter SA, Flynn M, et al. Frequency of convergence insufficiency among fifth and sixth graders. *Optom Vis Sci*. 1999;76(9):643–649.
18. Scheiman M, Galloway M, Coulter R, Reinstein F, Ciner E, Herzberg C, et al. Prevalence of vision and ocular disease conditions in a clinical pediatric population. *J Am Optom Assoc*. 1996;67(4):193–202.
19. Létourneau JE, Lapièrre N, Lamont A. The relationship between convergence insufficiency and school achievement. *Optometry Vision Sci*. 1979;56(1):18–22.
20. Hussaindeen JR, Rakshit A, Singh NK, George R, Swaminathan M, Kapur S, et al. Prevalence of non-strabismic anomalies of binocular vision in Tamil Nadu: report 2 of BAND study. *Clin Exp Optom*. 2016. November 18.

ARTICLE IN PRESS

JID: OPTOM

[mSP6P:December 31, 2021:18:00]

S.-C. Carla, B.-F. Sara, C.-R. JM et al.

21. Rouse MW, Hyman L, Hussein M, Solan H. Frequency of convergence insufficiency in optometry clinic settings. *Optom Vis Sci.* 1998;75(2):88–96.
22. Abdi S, Rydberg A. Asthenopia in schoolchildren, orthoptic and ophthalmological findings and treatment. *Doc Ophthalmol.* 2005;111(2):65–72.
23. Dwyer P. The prevalence of vergence accommodation disorders in a school-age population. *Clin Exp Optom.* 1992;75(1):10–18.
24. Consejería de Educación y Juventud. Datos y Cifras De La educación. 2019-2020. In. Dirección General de Bilingüismo y Calidad de la Enseñanza de la Consejería de Educación y Juventud. ISBN: 978-84-451-3838-0. Madrid; 2019:8.
25. Adler PM, Cregg M, Viollier A-, Margaret Woodhouse J. Influence of target type and RAF rule on the measurement of near point of convergence. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2007;27(1):22–30.
26. Hayes GJ, Cohen BE, Rouse MW, De Land PN. Normative values for the nearpoint of convergence of elementary schoolchildren. *Optom Vis Sci.* 1998;75(7):506–512.
27. Rosenfield M, Ciuffreda KJ, Ong E, Super S. Vergence adaptation and the order of clinical vergence range testing. *Optometry Vision Sci.* 1995;72(4):219–223.
28. Wajuihian SO, Hansraj R. Vergence anomalies in a sample of high school students in South Africa. *J Optometry.* 2016;9(4):246–257.
29. Hashemi H, Nabovati P, Khabazkhoob M, Ostadimoghaddam H, Doostdar A, Shiralivand E, et al. The prevalence of convergence insufficiency in Iran: a population-based study. *Clin Exp Optom.* 2017;100(6):704–709.
30. Borsting E, Mitchell GL, Arnold LE, Scheiman M, Chase C, Kulp M, et al. Behavioral and Emotional Problems Associated With Convergence Insufficiency in Children: an Open Trial. *J Atten Disord.* 2016;20(10):836–844.
31. Granet DB, Gomi CF, Ventura R, Miller-Scholte A. The relationship between convergence insufficiency and ADHD. *Strabismus.* 2005;13(4):163–168.
32. Metsing IT, Hansraj R, Jacobs W, Nel EW. Review of school vision screening guidelines. *Afr Vis Eye Health.* 2018;77(1).

Figura 1: Clasificación disfunciones binoculares no estrábicas basada en los criterios de Wick (5) (AC/A: relación vergencia acomodativa/acomodación).	29
Figura 2: Esquema de distintos estudios de tratamientos de terapia visual en niños junto con el número de pacientes, y los números que se encuentran en las conexiones indican el número de ensayos controlados aleatorizados que comparan los diferentes tratamientos (Fuente: Cochrane Database 2020).	39
Figura 3: Vista axial y sagital de los datos del experimento de imágenes funcionales que estudia la evolución en sujetos con IC. Las imágenes de la columna de la izquierda son el promedio del conjunto de datos antes de la terapia visual, la columna del medio es posterior a la terapia visual y la columna de la derecha es de una exploración de seguimiento. En promedio, se observan aumentos en la extensión espacial (cantidad de activación significativa) y / o en la intensidad cuando se comparan las exploraciones antes y después (Fuente: Álvarez et al. (70) Optom and Vision Science).	42
Figura 4: Esquema círculos de Skeffington (fuente: elaboración propia a través de diversos recursos bibliográficos, Adaptado de la "Optometric Extension Program Foundation" Capítulo 1 Paul A.Harris).	44
Figura 5: Esquema Hung & Ciuffreda de la contribución proximal a un modelo estático lineal de acomodación y vergencia (Fuente: Elaboración propia a través del recurso de OPO (3)).	48
Figura 6: Representación del campo visual funcional antes (alterada-pequeña) y después (más normalizada) de la estimulación con fototerapia optométrica.	52
Figura 7: Barra de equilibrio para la elección de filtro de fototerapia optométrica (Fuente: elaboración propia basada en el libro azul de fototerapia optométrica).	53
Figura 8: Clasificación de los grupos de tratamiento (fuente: elaboración del autor)	85
Figura 9: Esquema del protocolo en orden cronológico de las visitas por los pacientes a los examinadores externos.	87
Figura 10: Autorrefractómetro retinoscopio reglas de retinoscopia.	90
Figura 11: Clasificación de pruebas optométricas medidas (Fuente: elaboración propia).	91
Figura 12: Test de estereopsis.	96
Figura 13: Gafa fototerapia optométrica filtro mu-epsilon.	99

Figura 14: Syntonizer.	99
Figura 15: Curva de transmitancia espectral MU-UPSILON de Optomatters CVBA Belgium.	100
Figura 16: Niña localizando en el procedimiento de terapia visual activa de vectogramas.	100
Figura 17: Esquema de la Fase 1 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.	101
Figura 18: Esquema de la Fase 2 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.	101
Figura 19: Esquema de la Fase 3 de los procedimientos de terapia visual activa para consulta y para casa.	102
Figura 20.A: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora binocular y los valores de rotura del PPC. 20.B: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora y la estereopsis. 20.C: Diagrama de dispersión lineal de la velocidad lectora y en punto de recobro de las VFP. (TVA: grupo terapia visual activa; CTV: grupo combinación de ambos tratamientos; GC: grupo control. PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencias fusionales positivas.).	145
Figura 21: Evolución de la media del cuestionario CISS en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (CISS Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; CISS 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CISS 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CISS 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (FO: fototerapia optométrica; TVA: terapia visual activa; CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; GC: grupo control). Las unidades de medida del CISS son puntos.	151
Figura 22: Evolución de la media de los valores del punto de rotura del PPC en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio. (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). PPC: punto próximo de convergencia. Las unidades de medida son centímetros (cm).	154
Figura 23: Evolución de la media de los valores del punto de recobro del PPC en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	157
Figura 24: Evolución de la media de los valores de foria de cerca medidos con el Cover test en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio (CT INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; CT 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CT 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CT 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Los valores con signo negativo (-) representa exoforia. Los valores con signo positivo (+) representan endoforia. Las unidades de medida son dioptrías prismáticas (Δ).	158
Figura 25: Evolución de la media de los valores de foria de cerca medidos con el Thorington test en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (THORINGTON INICIAL: corresponde a la medida inicial previa al tratamiento; THORINGTON 4S: corresponde a la medida tras 4 semanas de tratamiento; THORINGTON 12S: corresponde a la medida tras finalizar el tratamiento; THORINGTON 24S: corresponde a la medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica	160

- y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, siendo valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.
- Figura 26: Evolución de la media de rotura de la VFP en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Δ : dioptrías prismáticas. Las unidades de medida del valor de rotura de la VFP son dioptrías prismáticas (Δ). 161
- Figura 27: Evolución de la media de recobro de la VFP en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). 164
- Figura 28: Evolución de la media de la rotura y del recobro de la vergencia fusional negativa (VFN) en cerca en los distintos momentos de la evaluación en cada grupo de estudio (INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento)(Rotura FO: valores de rotura para el grupo fototerapia optométrica; Rotura TVA: valores de rotura para el grupo terapia visual activa; Rotura CTV: valores de rotura para el grupo combinación de fototerapia optométrica y activa; Rotura GC: valores de rotura para el grupo control) (Recobro FO: valores de recobro para el grupo fototerapia optométrica; Recobro TVA: valores de recobro para el grupo terapia visual activa; Recobro CTV: valores de recobro para el grupo combinación de fototerapia optométrica y activa; Recobro GC: valores de recobro para el grupo control). 165
- Figura 29: Evolución de la media de los valores de la estereopsis en cada grupo de estudio en los distintos momentos de la evaluación (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). (ESTEREO INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; ESTEREO 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ESTEREO 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ESTEREO 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento). Las unidades de medida de la estereopsis son segundos de arco (sec arc). 167
- Figura 30: Evolución de la media de la AA (OD) y (OI) en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio (AA INICIAL: medida inicial previa al tratamiento; AA 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; AA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; AA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida de la AA son dioptrías (D). 170
- Figura 31: Diagrama de barras de los incrementos relativos (%) para la FA, en binocular (AO) y monocular (OD y OI), en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (REVISION 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; REVISIÓN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; REVISIÓN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). FA: flexibilidad acomodativa; AO: ambos ojos; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo. Las unidades de medida para los incrementos de FA son porcentajes (%). 174
- Figura 32: Diagrama de barras de los incrementos relativos (%) para la VL, en binocular (AO) y monocular (OD y OI), en los distintos momentos de evaluación en cada grupo de estudio. (REVISION 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; REVISIÓN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; REVISIÓN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: 175

combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).
VL: velocidad lectora; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo. Las unidades de
medida para los incrementos de VL son porcentajes (%).

Tabla 1: Datos de estudios sobre prevalencia de insuficiencia de convergencia (IC: insuficiencia de convergencia; PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencia fusional positiva. Fuente: elaboración del autor a través de diversos recursos bibliográficos)	32
Tabla 2: Recopilación de opiniones sobre la terapia visual en insuficiencia de convergencia de oftalmólogos y optometristas (Fuente: grupo CITT).	38
Tabla 3: Esquema de los puntos finales de los distintos procedimientos utilizados en el tratamiento de terapia visual activa (Fuente: creación propia a través de distintos recursos bibliográficos)	102
Tabla 4: Medias y desviaciones estándar de las variables descriptivas utilizadas para diagnosticar la insuficiencia de convergencia registradas en el estudio de prevalencia. (el signo menos indica exoforia; Δ = dioptrías prismáticas; cm = centímetro; VP: visión próxima)	110
Tabla 5: Número de signos de insuficiencia de convergencia registrados en los niños por sexo. (PPC: punto próximo de convergencia, VFP: vergencia fusional positiva; cm: centímetro; Δ : dioptrías prismática)	111
Tabla 6: Valores descriptivos de la muestra en función del género y la edad en los diferentes grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Representando la media, desviación estándar, error estándar con un 95% del intervalo de confianza para la media, el valor mínimo y el valor máximo. (A: niña; O: niño; M: media; DE: desviación estándar) Las unidades de las medidas de la edad son años.	112
Tabla 7: Media y desviación estándar del cuestionario CISS en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (CISS Inicial: corresponde a la medida inicial previa al inicio del tratamiento; CISS 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; CISS 12S: medida tras finalizar el tratamiento; CISS 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medidas del CISS son puntos.	113
Tabla 8: Incrementos relativos en el cuestionario CISS en los distintos grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	114

<p>Tabla 9: Medias y desviación estándar de rotura del PPC en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ROTURA PPC Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA PPC 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA PPC 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ROTURA PPC 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar; PPC: punto próximo de convergencia. Las unidades de medida son centímetros (cm).</p>	116
<p>Tabla 10: Incrementos relativos para los valores medios obtenidos en la rotura del PPC, diferenciados por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	116
<p>Tabla 11: Media y desviación estándar de recobro del Punto Próximo de Convergencia separado por grupo de tratamiento (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) y por momento del tiempo en que se ha realizado la evaluación (PPC Inicial: corresponde a la medida inicial previa al inicio del tratamiento; PPC 4S: corresponde a la medida tras 4 semanas de tratamiento; PPC 12S: corresponde a la medida tras finalizar el tratamiento; PPC 24S: corresponde a la medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento). Resultados de los análisis no paramétricos de Friedman y Wilcoxon (en función del grupo de tratamiento) y de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney (en función del momento de la evaluación). Los valores medios para esta medida son centímetros.</p>	117
<p>Tabla 12: Incrementos relativos para los valores medios obtenidos en el recobro del PPC, diferenciados por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	118
<p>Tabla 13: Media y desviación estándar del Cover test de cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (Cover test cerca Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Cover test cerca 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Cover test cerca 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Cover test cerca 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, indicando valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.</p>	119
<p>Tabla 14: Incrementos relativos para los valores medios de la heteroforia horizontal de cerca medida con el CT en los distintos por grupos de estudio. (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	120
<p>Tabla 15: Media y desviación estándar para la heteroforia horizontal medida con el test Thorington cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (Thorington Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Thorington 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Thorington 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Thorington 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son dioptrías prismáticas, siendo valores negativos exoforia y valores positivos endoforia.</p>	121

<p>Tabla 16: Incrementos relativos de la heteroforia horizontal subjetiva de cerca medida con el test de Thorington en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	122
<p>Tabla 17: Media y la desviación estándar de los resultados de rotura para la vergencia fusional positiva en cerca, en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ROTURA VFP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA VFP 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA VFP 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; ROTURA VFP 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento)(Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas.</p>	123
<p>Tabla 18: Incrementos relativos de la rotura de la VFP en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	124
<p>Tabla 19: Media y desviación estándar de los valores de recobro para la vergencia fusional positiva (VFP) en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (RECOBRO VFP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; RECOBRO VFP 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; RECOBRO VFP 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; RECOBRO VFP 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).</p>	125
<p>Tabla 20: Incrementos relativos del punto de recobro de la VFP separada por grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	126
<p>Tabla 21: Media y la desviación estándar de los resultados de rotura para la vergencia fusional negativa en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon)(ROTURA VFN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ROTURA VFN 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ROTURA VFN 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; ROTURA VFN 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento). (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control) VFN: vergencia fusional negativa; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).</p>	127
<p>Tabla 22: Incrementos relativos de la rotura de la VFN en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).</p>	128
<p>Tabla 23: Media y la desviación estándar de los resultados de recobro para la vergencia fusional negativa en cerca en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (RECOBRO VFN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; RECOBRO VFN 4 S: medida tras 4 semanas de tratamiento; RECOBRO VFN 12 S: medida tras finalizar el tratamiento; RECOBRO VFN 24 S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control) VFN: vergencias fusionales negativas; M:</p>	129

media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías prismáticas (Δ).

Tabla 24: Incrementos relativos del recobro de la VFN en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y terapia visual activa; Grupo GC: grupo control).	130
Tabla 25: Media y desviación estándar de la estereopsis en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y la U de Mann-Whitney) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) evaluación (Estereo Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; Estereo 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; Estereo 12S: medida tras finalizar el tratamiento; Estereo 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida de la media son segundos de arco (sec arc).	131
Tabla 26: Incrementos relativos para la estereopsis en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	132
Tabla 27: Media y desviación estándar de la amplitud relativa negativa en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ARN Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ARN 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ARN 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ARN 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) ARN: amplitud relativa negativa; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías (D).	133
Tabla 28: Incrementos relativos de la amplitud relativa negativa en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	134
Tabla 29: Media y desviación estándar de los resultados de la amplitud relativa positiva en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (ARP Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; ARP 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; ARP 12S: medida tras finalizar el tratamiento; ARP 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) ARP: amplitud relativa positiva; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida medias son dioptrías (D).	135
Tabla 30: Incrementos relativos de la amplitud relativa positiva en los distintos grupos de estudio (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	136
Tabla 31: Media y desviación estándar de los resultados de la amplitud de acomodación para el ojo derecho y el ojo izquierdo en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (AA Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; AA 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; AA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; AA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA:	137

terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) OD: ojo derecho, OI: ojo izquierdo; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son dioptrías (D).	
Tabla 32: incrementos de la amplitud acomodativa del OD y OI separada por grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control) y por momentos del tiempo (OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo).	138
Tabla 33: Media y desviación estándar de la flexibilidad acomodativa (FA) en monocular (OD y OI) y en binocular (AO) en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis y U de Mann-Whitney) y lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (FA Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; FAM 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; FA 12S: medida tras finalizar el tratamiento; FA 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida son ciclos por minuto (cpm).	140
Tabla 34: Incrementos relativos de la flexibilidad acomodativa monocular para el ojo derecho (FAM (OD)), ojo izquierdo (FAM (OI)) y binocular (FAB) en los distintos grupos de tratamiento (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	141
Tabla 35: Media y la desviación estándar de los resultados de la velocidad lectora en binocular (AO) y en monocular (OD y OI) en las diferentes visitas en cada grupo y comparativa entre grupos en cada medida (análisis de Kruskal-Wallis) y a lo largo del tiempo en cada grupo (análisis de Friedman y Wilcoxon) (VL Inicial: medida inicial previa al inicio del tratamiento; VL 4S: medida tras 4 semanas de tratamiento; VL 12S: medida tras finalizar el tratamiento; VL 24S: medida de seguimiento tras 12 semanas sin realizar ningún tipo de tratamiento) (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control). VL: velocidad lectora; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo; AO: ambos ojos; M: media; DE: desviación estándar. Las unidades de medida para la VL son palabras por minuto (ppm).	142
Tabla 36: Incrementos de la velocidad lectora en binocular (AO) y en monocular (OD y OI) en los distintos grupos (Grupo FO: fototerapia optométrica; Grupo TVA: terapia visual activa; Grupo CTV: combinación de fototerapia optométrica y activa; Grupo GC: grupo control).	143
Tabla 37: Correlaciones entre variables binoculares características de la IC y la velocidad lectora. VL: velocidad lectora; GCTV: grupo de combinación de ambas terapias; GTVA: grupo de terapia visual activa; GC: grupo control; PPC: punto próximo de convergencia; VFP: vergencia fusional positiva; R= coeficiente de correlacion Rho de Spearman; p: p-valor.	144
Tabla 38: Valores medios obtenidos en la puntuación del cuestionario CISS en el presente estudio y por otros autores.	152
Tabla 39: Valores medios obtenidos en la rotura del PPC en el presente estudio y por otros autores.	156
Tabla 40: Valores medios obtenidos en la rotura de la VFP en el presente estudio y por otros autores.	162
Tabla 41: Valores medios obtenidos en la rotura y el recobro de la VFN en el presente estudio y por otros autores.	166

"El aprendizaje es un tesoro que seguirá a su dueño a todas partes"

Proverbio chino



Estudio comparativo del efecto de diferentes métodos de terapia visual en el tratamiento de la insuficiencia de convergencia.

Carla Sánchez Cuadrado

Licenciatura en Farmacia por la Universidad San Pablo CEU.

Diplomatura en Óptica y Optometría por la Universidad San Pablo CEU

Máster en Optometría y Terapia visual por el Centro de Optometría Internacional



ORCID 0000-0002-0552-3834