



TESIS DE DOCTORADO

Lentes Prismáticas y Cambios en la Atención y Percepción Visual en la Edad Infantil

Ana Paula Duarte Pinto de Azevedo

ESCUELA DE DOCTORADO INTERNACIONAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN NEUROCIENCIA Y
PSICOLOGÍA CLÍNICA

Santiago de Compostela





DECLARACIÓN DEL AUTOR DE LA TESIS

Lentes Prismáticas y Cambios en la Atención y Percepción Visual en la Edad Infantil

Doña Ana Paula Duarte Pinto de Azevedo

Presento mi tesis, siguiendo el procedimiento adecuado al Reglamento y declaro que:

- 1) La tesis abarca los resultados de la elaboración de mi trabajo.
- 2) En su caso, en la tesis se hace referencia a las colaboraciones que tuvo este trabajo.
- 3) La tesis es la versión definitiva presentada para su defensa y coincide con la versión enviada en formato electrónico.
- 4) Confirmando que la tesis no incurre en ningún tipo de plagio de otros autores ni de trabajos presentados por mí para la obtención de otros títulos.

En, Santiago de Compostela a 24 de Marzo de 2021





AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS

D. Francisco Gonzalez Garcia

En condición de: Tutor y Director

Título de la Tesis: Lentes Prismáticas y Cambios en la Atención y Percepción Visual en la Edad Infantil

INFORMA:

Que la presente tesis, se corresponde con el trabajo realizado por Ana Paula Duarte Pinto de Azevedo, bajo mi dirección, y autorizo su presentación, considerando que reúne los requisitos exigidos en el Reglamento de Estudios de Doctorado de la USC, y que como tutor y director de ésta no incurre en las causas de abstención establecidas en Ley 40/2015.

En Santiago de Compostela, a 24 de Marzo de 2021

Firma:



AGRADECIMIENTOS

“Eu não tenho filosofia: tenho sentidos...”

Alberto Caeiro, Heterónimo de Fernando Pessoa, en “O Guardador de Rebanhos – Poema II”

Este viaje no fue fácil, un proyecto único que requirió mucha dedicación, horas de debate, ideas concretas, cansancio e inseguridades, todo ello acompañado de una gran pasión por el tema.

Nada de esto sería posible sin la presencia del Profesor Doctor Francisco Gonzalez Garcia, mi orientador, fuente de admiración y gratitud por este trabajo, por su disponibilidad, orientación expeditiva y determinantes consejos en la concretización de esta tesis.

A la Universidad de Santiago de Compostela por haberme facultado, siempre que, solicitado, los instrumentos necesarios para la realización de este trabajo.

A la Dirección de la Escuela de la “Casa do Menino Deus”, en Barcelos, mi más profundo agradecimiento por haberme permitido desarrollar un trabajo en el terreno que ha sido fundamental para este estudio.

A todos los que me acompañaron en la implementación y en las vulnerabilidades que aun sin mencionar sus nombres saben mi eterno agradecimiento.



RESUMEN

La falta de atención visual y los problemas en el procesamiento visual pueden conducir a desordenes de lectura. Las lentes prismáticas de bajo poder dióptrico interfieren en la posición y en los movimientos oculares, por lo que es posible que interfieran en la capacidad de atención y de percepción visual e influyen en el proceso de lectura. El presente trabajo se realizó con un grupo de 35 niños portugueses con edades entre los 7 y los 12 años. Se diseñó un primer estudio para analizar la interrelación entre diferentes aspectos funcionales visuales que tienen lugar durante el proceso de la lectura y que tienen influencia sobre los procesos de atención y aprendizaje. En un segundo estudio se ha analizado si las lentes prismáticas pueden influir en estos procesos. Los resultados obtenidos indican que la utilización de lentes prismáticas asimétricas, adaptadas adecuadamente, pueden mejorar el rendimiento en los test que requieren movimientos oculares, atención y reconocimiento de formas, con lo que también mejoran la velocidad y comprensión de la lectura.

Palabras clave: lentes prismáticas; percepción visual; movimientos oculares; atención visual; lectura.



RESUMO

A falta de atención visual e os problemas no procesamento visual poden conducir a desordenes de lectura. As lentes prismáticas de baixo poder dióptrico interfieren na posición e nos movementos oculares, polo que é posible que interfiran na capacidade de atención e de percepción visual e influencien o proceso de lectura. O presente traballo realizouse cun grupo de 35 nenos portugueses con idades entre os 7 e os 12 anos. Deseñouse un primeiro estudo para analizar a interrelación entre diferentes aspectos funcionais visuais que teñen lugar durante o proceso da lectura e que teñen influencia sobre os procesos de atención e aprendizaxe. Nun segundo estudo analizouse se as lentes prismáticas poden influír nestes procesos. Os resultados obtidos indican que a utilización de lentes prismáticas asimétricas adaptadas adecuadamente, poden mellorar o rendemento nos test que requiren movementos oculares, atención e recoñecemento de formas, co que tamén melloran a velocidade e comprensión da lectura

Plabras chave: lentes prismáticas; percepción visual; movimientos oculares; atención visual; lectura.



ABSTRACT

Absence of visual attention and problems in visual processing may lead to reading anomalies. Prismatic lenses of low dioptric power may alter the position of the eyes and the eye movements; therefore, it is possible they interfere in the capacity of attention and visual perception and therefore influence the process of reading. This work was made in a group of 35 Portuguese children from 7- to 12-year-old. A first study was carried out to analyze the relationship among different visual aspects that take place while reading and that influence attention and learning processes. A second study analyzed whether prismatic lenses may alter these processes. Our results show that asymmetric prismatic lenses, when properly adapted, may improve the performance of those test that require eye movements, attention and pattern recognition, which in turn improves reading speed and comprehension.

Keywords: prismatic lenses; visual perception; eye movements; visual attention; reading.

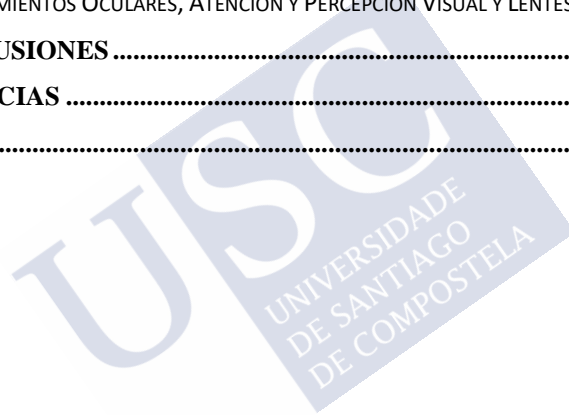


ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	19
ÍNDICE DE TABLAS	21
ÍNDICE DE GRÁFICOS	23
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	25
1. INTRODUCCIÓN	27
1.1 LA ATENCIÓN	29
1.1.1 <i>Las Redes Atencionales</i>	30
1.1.2 <i>Mecanismos Neurales de la Atención</i>	34
1.1.3 <i>La Atención Visual</i>	35
1.1.3.1 <i>La Vía Visual y la Atención</i>	36
1.1.3.2 <i>La Propiocepción Orbitaria y la Atención</i>	37
1.1.4 <i>Métodos para Evaluar la Atención Visual</i>	38
1.2 LA VISIÓN	40
1.2.1 <i>Vía Geniculada</i>	40
1.2.2 <i>Vía Extrageniculada</i>	41
1.2.3 <i>Movimientos Oculares</i>	41
1.2.3.1 <i>Movimientos de Versión</i>	42
1.2.3.2 <i>Movimientos de Vergencia</i>	42
1.2.3.3 <i>Otros Movimientos Oculares</i>	43
1.2.4 <i>Evaluación de los Movimientos Oculares</i>	44
1.2.5 <i>Movimientos Sacádicos, Lectura y Atención</i>	44
1.2.6 <i>Estabilidad Visual</i>	46
1.2.7 <i>Agudeza Visual Estereoscópica</i>	47
1.2.8 <i>Visión y Postura Corporal</i>	48
1.2.9 <i>Lentes Prismáticas de Baja Potencia</i>	50
1.2.10 <i>Lentes Prismáticas y Dislexia</i>	51
2. HIPÓTESIS, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	53
2.1 HIPÓTESIS	53
2.2 JUSTIFICACIÓN	53
2.3 OBJETIVOS	54
3. MATERIAL Y MÉTODOS	55
3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA	55
3.2 CONDICIONES EXPERIMENTALES	56
3.2.1 <i>Estudio 1: Correlaciones en Condición Basal</i>	57

3.2.2 Estudio 2: Efecto de las lentes prismáticas.....	58
3.3 EXPLORACIONES REALIZADAS.....	59
3.3.1 Ala de Maddox	59
3.3.2 Punto Próximo de Convergencia	60
3.3.3 Test Titmus	61
3.3.4 Developmental Eye Movement (DEM)	62
3.3.5 Test Reversal	65
3.3.6 Test de Toulouse-Piéron	66
3.3.7 Test de Wilkins.....	69
3.3.8 Prueba de Eficacia Lectora	70
3.3.9 Protocolo de Realización de los Diferentes Test	71
3.3.10 Análisis Estadístico	73
3.3.10.1. Estudio 1	73
3.3.10.2. Estudio 2	74
4. RESULTADOS	77
4.1 FORIAS.....	77
4.2 ESTUDIO 1: CORRELACIONES ENTRE RESULTADOS EN CONDICIÓN BASAL	77
4.2.1 Punto Próximo de Convergencia (PPC).....	78
4.2.2 Test Developmental Eye Movement (DEM).....	79
4.2.2.1 Movimientos Sacádicos Horizontales (DEM-H).....	79
4.2.2.2 Movimientos Sacádicos Verticales (DEM-V).....	82
4.2.2.3 Ratio de los Movimientos Sacádicos (DEM-R).....	84
4.2.3 Test Reversal (TREV).....	85
4.2.3.1 Discriminación Visual (TREV-D).....	85
4.2.3.2 Memoria Visual (TREV-M).....	85
4.2.4 Test Toulouse-Piéron	89
4.2.4.1 Exactitud Atencional (TOUL-E).....	89
4.2.4.2 Resistencia a la Atención (TOUL-R)	89
4.2.4.3 Velocidad en la Atención (TOUL-V)	90
4.2.5 Test Wilkins (WILK-V)	92
4.3 ESTUDIO 2: EFECTO DE LAS LENTES PRISMÁTICAS	93
4.3.1 Análisis Estadístico	93
4.3.2 Comparación entre Condición Basal y Placebo	94
4.3.3 Comparación entre Condición Placebo y Prismas	95
4.3.3.1 Punto Próximo de Convergencia (PPC).....	97
4.3.3.2 Test Titmus (ESTER).....	98
4.3.3.3 Developmental Eye Movement (DEM).....	98
4.3.3.4 Test Reversal (TREV)	98
4.3.3.5 Test de Toulouse-Pierón (TR-R)	99
4.3.3.6 Test de Wilkins (WILK-V)	99
4.3.3.7 Prueba de Eficacia Lectora	100
5. DISCUSIÓN	101

5.1 ESTUDIO 1: CORRELACIONES ENTRE RESULTADOS OBTENIDOS EN CONDICIÓN BASAL	101
5.1.1 Punto próximo de convergencia y estereopsis	103
5.1.2 Movimientos oculares horizontales	104
5.1.3 Movimientos oculares verticales.....	108
5.1.4 Discriminación y memoria visual. Test Reversal	109
5.1.5 Atención visual. Test Toulouse-Piéron.....	112
5.1.6 Velocidad de lectura. Test Wilkins	113
5.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE LA COLOCACIÓN DE LENTES PRISMÁTICAS	113
5.2.1 Estudio Comparativo de los Grupos	113
5.2.2 Efecto placebo.....	114
5.2.3 Efecto de las Lentes Prismáticas Simétricas.....	117
5.2.4 Efecto de las Lentes Prismáticas Asimétricas.....	117
5.2.5 Diferencias entre Lentes Prismáticas Simétricas y Asimétricas.....	118
5.3 MOVIMIENTOS OCULARES, ATENCIÓN Y PERCEPCIÓN VISUAL Y LENTES PRISMÁTICAS	119
6. CONCLUSIONES	123
REFERENCIAS	125
ANEXO I.....	137





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:.....	31
Figura 2:.....	34
Figura 3:.....	44
Figura 4:.....	60
Figura 5:.....	61
Figura 6:.....	62
Figura 7:.....	64
Figura 8:.....	66
Figura 9:.....	68
Figura 10:.....	69
Figura 11:.....	70





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	31
Tabla 2:	41
Tabla 3:	42
Tabla 4:	56
Tabla 5:	57
Tabla 6:	59
Tabla 7:	74
Tabla 8:	75
Tabla 9:	78
Tabla 10:	94
Tabla 11:	95
Tabla 12:	96
Tabla 13:	96
Tabla 14:	97





ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1:	79
Gráfico 2:	80
Gráfico 3:	80
Gráfico 4:	81
Gráfico 5:	81
Gráfico 6:	82
Gráfico 7:	83
Gráfico 8:	83
Gráfico 9:	84
Gráfico 10:	84
Gráfico 11:	85
Gráfico 12:	86
Gráfico 13:	86
Gráfico 14:	87
Gráfico 15:	87
Gráfico 16:	88
Gráfico 17:	88
Gráfico 18:	89
Gráfico 19:	90
Gráfico 20:	90
Gráfico 21:	91
Gráfico 22:	91
Gráfico 23:	92
Gráfico 24:	92
Gráfico 25:	93



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ANT: Tarea de Red Atencional (*Attentional Network Task*)
AVE: Agudeza Visual Estereoscópica
CCA: Córtex Cíngulado Anterior
CGL: Cuerpo Geniculado Lateral
COF: Campo Ocular Frontal
CS: Colículo Superior
DEM: *Test Developmental Eye Movement*
DEM-H: Variable movimientos sacádicos horizontales
DEM-R: Variable ratio de movimientos sacádicos
DEM-V: Variable movimientos sacádicos verticales
ESTER: Variable Agudeza Estereoscópica
FORI-H: Variable Foria Horizontal
FORI-V: Variable Foria Vertical
LF: Lóbulo Frontal
NE: Norepinefrina
NEU: Negligencia Espacial Unilateral
PEL: Prueba de Eficacia Lectora
PEL-A: Variable Aciertos en la Lectura
PEL-E: Variable Eficacia en la Lectura
PEL-V: Variable Velocidad en la Lectura
PET: Tomografía por Emisión de Positrones
PM: Pulvinar Medial
PPC: Variable Punto Próximo de Convergencia
RMF: Resonancia Magnética Funcional
SD: Desviación estándar
SDP: Síndrome de Deficiencia Postural
TDAH: Trastorno por Déficit de Atención por Hiperactividad
TOUL-E: Variable Exactitud Atencional
TOUL-R: Variable Resistencia a la Atención
TOUL-V: Variable Velocidad en la Atención
TREV-D: Variable Discriminación Visual
TREV-M: Variable Memoria Visual

V1: Área visual V1

VVE: Vía Visual Extrageniculada

WILK-V: Variable velocidad de lectura



1. INTRODUCCIÓN

La estimulación precoz en la educación de los niños tiene particular relevancia en el desarrollo infantil. En este proceso el estado de su sistema visual juega un papel especialmente relevante, especialmente en lo relacionado con el aprendizaje escolar (Orlansky et al. 2015). Existe una clara relación entre atención y capacidad de aprendizaje (Hedges et al. 2013) y se ha observado que mejorando la atención se puede mejorar la habilidad para aprender (Green et al. 2010). Se ha observado también en las últimas décadas un aumento en el número de niños con dificultades de aprendizaje, siendo la dificultad para la lectura uno de los problemas de aprendizaje más comunes (Evans et al. 1999). En Portugal hay una prevalencia de dislexia de entre 5.4% (si los criterios fuesen muy rigurosos) y 8.6% (si los criterios fuesen menos conservadores) en niños en edad escolar (Vale et al. 2011). Entre las anomalías visuales que se relacionan con las dificultades en la lectura se encuentran los movimientos oculares anormales (Ciuffreda et al. 1983), el déficit en la atención visual (Valdois et al. 2004), y el estrés visual (Wilkins 2003). Por lo general, las dificultades en el uso de información verbal son fáciles de identificar, sin embargo, en el caso de la información no verbal estas dificultades pueden pasar desapercibidas durante la edad infantil, porque requieren exploraciones complejas para evaluar las capacidades visuales, táctiles, propioceptivas y motrices (Rourke 1995; García et al. 2009).

En las últimas décadas, con la aparición de nuevas técnicas de imagen cerebral, ha sido posible tener un mejor conocimiento de los mecanismos neurológicos involucrados en los procesos de aprendizaje. Por otra parte, los avances en el campo de la neurociencia también han contribuido para un mejor esclarecimiento de estos procesos. No obstante, existe un acuerdo general de que todavía existen muchas lagunas en relación con este tema, sobre todo en lo relativo a los aspectos de carácter visuoespacial, que han adquirido mayor relevancia en los últimos años (Singh-Curry y Husain 2009).

Utilizadas ya desde finales del siglo XIX, las lentes prismáticas, han permitido desarrollar paradigmas que permiten el estudio del efecto de la percepción visual y la propiocepción en diferentes funciones cerebrales (Stratton 1896; Redding y Wallace 1993). Las lentes prismáticas de bajo poder dióptrico interfieren en la posición y en los movimientos oculares, por lo que es posible que interfieran en el grado de atención, e influyen en el proceso de lectura. Según Redding y Wallace (1993), las lentes prismáticas actúan sobre tres tipos de procesos de adaptación o compensatorios: los ajustes posturales, el control estratégico (recalibración para el cálculo de la posición de destino), y la reordenación de referencias sensorio-motrices. En un estudio sobre la dislexia en niños, se ha observado que, de 89 niños examinados, casi un 20% tenían problemas de lectura y de estos, en un 18% no se encontró causa oftalmológica detectable. En estos niños, la capacidad de lectura mejoró notablemente con la corrección refractiva adecuada, o la utilización de lentes bifocales o lentes prismas (Motsch y Mühlendyck 2000).

La percepción visual está influenciada por la posición ocular debido a la información sensorial y propioceptiva que esta genera. Por este motivo, diferentes autores proponen la utilización de lentes prismáticas para inducir cambios en la percepción propioceptiva (Halata et al. 2006; Scarpina et al. 2013). Además, estas lentes pueden suponer un método no invasivo para la rehabilitación visual (Rode et al. 2015).

En un trabajo realizado por Sampaio et al. (2009) se comparó el rendimiento en la lectura de 125 niños con dislexia antes y después de la prescripción de lentes prismáticas y los resultados mostraron que la utilización de estas lentes puede aumentar hasta cuatro veces el número de palabras leídas. De forma similar, Quercia et al. (2007) han comparado la velocidad de lectura entre dos grupos de niños disléxicos, uno con lentes prismáticas, y otro con lentes neutras, observándose mejoría en la velocidad de lectura de primer grupo con respecto al segundo. Además, y de acuerdo con Sampaio et al. (2009), el uso de este tipo de lentes puede generar cambios en la capacidad de atención y de percepción visual en pacientes infantiles, sobre todo en la lectura y comprensión, siendo este aspecto vital para el aprendizaje.

1.INTRODUCCIÓN

En este sentido, la adaptación de prismas parece inducir una rápida recalibración de la coordinación visual y motora (Bultitude et al. 2016). Van et al. (2008) observó que la falta de atención visual y los problemas de procesamiento visual pueden conducir a desórdenes de lectura. Badami et al. (2016) llegó a la conclusión de que los ejercicios visuales en niños disléxicos mejoran sus habilidades de percepción visual, coordinación motora y lectura. La mejora de la atención visual puede mejorar la capacidad de lectura y por lo tanto de aprendizaje en niños.

La presente Tesis pretende ampliar el conocimiento sobre las relaciones existentes entre el sistema visual y los procesos de atención y percepción visual, específicamente los relacionados con la lectura en niños. Hemos recogido y analizado nuevos datos en relación al efecto del uso de lentes prismáticas sobre la capacidad de atención y en la percepción visual en sujetos infantiles en edad escolar. Para comprender mejor el posible efecto de estas lentes sobre la capacidad de lectura y aprendizaje, se presenta a continuación una revisión de lo que consideramos los principales factores neurofisiológicos que pueden influir en la atención, en la visión y en la lectura.

1.1 LA ATENCIÓN

En la vida diaria estamos expuestos de manera simultánea a una innumerable cantidad de estímulos sensoriales. La capacidad que tenemos de utilizar la atención selectiva nos permite filtrar esta información y seleccionar la que nos resulte más relevante. Uno de los primeros estudios sobre la atención fue presentado a finales del siglo XIX, por James en 1890. Para este autor la atención es “la toma de posesión por la mente, de una forma clara y vívida, de uno de los múltiples posibles objetos simultáneos de nuestros pensamientos”.

En los años siguientes, los estudios se han dirigido fundamentalmente al aspecto selectivo de la atención y se han desarrollado teorías que asumen sistemas de filtrado y de canales limitados para el procesamiento de los estímulos (Broadbent 1958; Deutsch y Deutsch 1963; Treisman 1964). En esta línea de pensamiento, la atención es vista como la interfaz entre la gran cantidad de estímulos proporcionados por nuestro ambiente circundante y el conjunto más limitado de información de la que

somos conscientes. Desde la perspectiva de Broadbent (1958), toda la información que llega al sistema sensorial es filtrada y solo una parte atraviesa el filtro, el resto se suprime.

Según algunos autores, este proceso de filtrado estaría situado en las primeras etapas del procesamiento de los estímulos sensoriales (Broadbent 1958; Moreno y Marín 2006). Otros autores, basándose en experimentos que utilizaban tareas en las que se incluía el efecto Stroop (Deutsch y Deutsch 1963) y tareas de escucha dicótica (Lewis 1970), propusieron que dicho filtro se encontraría en etapas posteriores del procesamiento sensorial. En este modelo, se considera que el filtro atencional sólo actúa después de que todos los estímulos que llegan a los sistemas sensoriales hayan sido procesados y categorizados semánticamente. Así, pasarían por todas las etapas de procesamiento hasta que se alcance su representación en la memoria, siendo en ese momento seleccionados los estímulos que pasarían a tener una representación estable (Norman y Shallice 1986; Moreno y Marín 2006).

Por otra parte, se ha considerado que la atención en gran medida está sometida al control voluntario y al esfuerzo dirigido a la acción, en contraposición al comportamiento automático (Rueda et al. 2015).

1.1.1 Las Redes Atencionales

En los últimos años, la atención dejó de ser considerada un mecanismo de procesamiento de la información para pasar a ser considerada como un mecanismo central de control de los sistemas de procesamiento (Tudela 1992; Posner y Dehaene 1994). De acuerdo con Posner (1980) las áreas anatómicas involucradas en la atención tienen distintas funciones que también se pueden traducir en términos cognitivos específicos. Estudios realizados en las últimas tres décadas han identificado tres “redes atencionales” separadas anatómicamente y funcionalmente que se han denominado por Posner y Petersen (Posner y Petersen 1990; Petersen y Posner 2012) como Red de Alerta, Red de Orientación y Red Ejecutiva respectivamente (Figura 1). Estas tres redes estarían distribuidas en distintas zonas del sistema nervioso y ejercerían sus funciones a través de procesos facilitadores e

1.INTRODUCCIÓN

inhibitorios (Posner et al. 1982; Norman y Shallice 1986; Posner y Petersen 1990; Castillo y Paternina 2006).



Figura 1: Redes atencionales según Posner y Peterson 1990.

En la Tabla 1, se presentan estas tres redes, sus correspondientes zonas cerebrales y neuromoduladores involucrados en cada red (Posner y Rothbart 2007).

RED	ESTRUCTURA	NEUROMODULADOR
Alerta	Lóbulo parietal Locus Coeruleus Lóbulo Frontal Derecho	Norepinefrina
Orientación	Campo Oculomotor Frontal Lóbulo Parietal Superior Unión Temporoparietal Colículo Superior	Acetilcolina
Ejecutiva	Cíngulo Anterior Núcleo Lateral Ventral Córtex Prefrontal Ganglios Basales	Dopamina

Tabla 1: Redes atencionales, estructuras anatómicas y neuromoduladores según Posner y Rothbart 2007.

La Red de Alerta es la encargada de mantener el estado de alerta necesario cuando se requiere que el sujeto responda a una aparición infrecuente de estímulos (Posner y Petersen 1990; Petersen y Posner 2012). La Red de Alerta se activa ante nuevas tareas para las cuales no está definida una solución, y es necesaria para planificar o inhibir una respuesta habitual y seguidamente tomar una decisión. Estudios realizados con tareas de larga duración, con objetivos distintos en el

tiempo, o con tareas que utilizan señales de aviso (Parasuraman y Davies 1984), han demostrado que se producen cambios que ayudan en la detección de los estímulos relevantes. Se ha observado que una señal relevante se acompaña de una elevación de la actividad en el Locus Coeruleus (Ashton-Jones y Cohen 2005), probablemente mediada por la Norepinefrina (NE), puesto que esta activación puede ser bloqueada por drogas que reducen la liberación de NE, como la guanidina (Coull et al. 2000). Mediante la utilización de la Tomografía por Emisión de Positrones (PET) se ha observado que la actividad metabólica aumenta en el Lóbulo Frontal Derecho cuando el sujeto está en estado de alerta, lo que sugiere que esta estructura está implicada en estos procesos. Los estudios de casos clínicos muestran que este tipo de conducta está comprometida cuando hay lesiones del Lóbulo Frontal (LF) (Posner y Petersen 1990).

La Red de Orientación está relacionada con el procesamiento espacial (Posner y Raichle 1994). Esta red es de carácter visual y su función consiste en centrar la atención en la posición del campo visual donde está localizado el estímulo que requiere atención. Está relacionada con los movimientos oculares por lo que también tiene relación con el Colículo Superior (CS) y los mecanismos encargados de los movimientos oculares. La idea de que la percepción espacial o la posición de los objetos en el espacio es importante para la atención consciente está en consonancia con un estudio de Singh-Curry y Husain (2009) realizado utilizando Resonancia Magnética Funcional (RMF). En ese estudio se ha observado que la ejecución de tareas con componentes espaciales aumenta la activación del Córtex Parietal. La Red de Orientación también parece estar relacionada con la memoria, más concretamente con la exploración de las imágenes recuperadas de la memoria (Posner 1980). Estudios que combinan técnicas de neuroimagen con paradigmas de orientación de la atención (Rueda et al. 2015) sugieren la existencia de dos sub-redes atencionales diferentes, involucradas en la orientación de la atención. Una se activa al direccionar la atención voluntariamente y la otra cuando aparecen estímulos relevantes en el entorno que inducen al individuo a reorientar la atención. En el primer caso, parecen estar implicados el Surco Interparietal, el Lóbulo Parietal Superior y el Campo Ocular

1.INTRODUCCIÓN

Frontal (COF). En el segundo caso, parecen estar implicadas estructuras corticales Ventrales, Frontales y Parietales, incluyendo la zona de unión Temporo-Parietal y la Corteza Frontal Inferior (Corbetta y Shulman 2002; Corbetta et al. 2008).

La Red Ejecutiva tiene como función la de detectar y hacer consciente el estímulo relevante que ha sido detectado por la Red de Orientación. La Red Ejecutiva controla las áreas cerebrales responsables de las tareas cognitivas complejas, de definir los objetivos atencionales y sensoriales, así como de la memoria. En realidad, detectar un estímulo implica el reconocimiento de su identidad y la realización de las instrucciones y objetivos a llevar a cabo relacionados con él. Por ejemplo, presionar o no en una tecla cuando se recibe un estímulo determinado. Por ser la responsable de realizar una acción, a este sistema se le ha llamado Red Ejecutiva (Posner y Raichle 1994). La idea de la existencia de este mecanismo y de estar relacionado con la zona frontal del cerebro está basada en la observación de que las personas con daño cerebral en la zona del Lóbulo Frontal muestran dificultades para desarrollar conductas coherentes con un objetivo. Estudios realizados en el Córtex Cingulado Anterior (CCA) y en el Córtex Dorsolateral Prefrontal (Funahashi 2001), sugieren que estas son las zonas cerebrales que están directamente involucradas en la Red Ejecutiva. Estas estructuras presentan conexiones anatómicas con áreas visuales y auditivas, así como con áreas frontales y prefrontales relacionadas con el mantenimiento activo de representación de eventos pasados, la llamada “working memory” (Fuster 2000). Por otro lado, estudios realizados con PET han revelado que existe una relación entre la activación de estas áreas y tareas que requieren detección y selección de estímulos y de respuestas (Colmenero et al. 2001). En un análisis de estudios de imagen, la sección dorsal del CCA se activó en respuesta a las tareas de conflicto similar a Stroop, mientras que la sección ventral parecía estar activada principalmente por tareas y estados emocionales (Bush et al. 2000). Botvinick (2001) sugiere que el CCA está involucrado en la detección y seguimiento de conflictos, mientras que las áreas frontales laterales se encargan de resolver el

conflicto. La Figura 2 muestra diferentes estructuras cerebrales relacionadas con estas Redes de Atención.

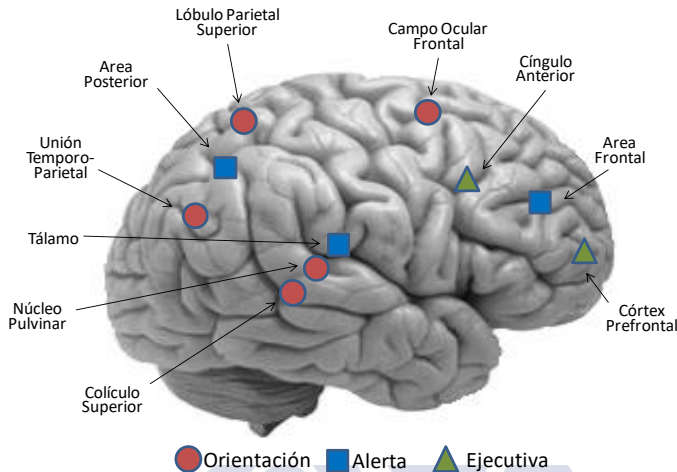


Figura 2: Estructuras involucradas en las Redes Atencionales, según Posner y Rothbart 2007.

1.1.2 Mecanismos Neurales de la Atención

En un estudio basado en RMF realizado por Redolar (2014), se ha comprobado que el 5% de energía metabólica consumida por el ser humano se utiliza para tareas en las que intervengan actividades relacionadas con la atención. Diferentes estudios utilizando diferentes técnicas han demostrado que en los procesos relacionados con la atención intervienen múltiples estructuras cerebrales. Se han realizado estudios de la neuroanatomía de las estructuras involucradas en la atención utilizando la tarea desarrollada por Fan et al. (2002), conocida como ANT (Attentional Network Task). El ANT permite evaluar las redes de atención propuestas por Petersen y Posner (2012) con imágenes cerebrales de resonancia magnética funcional o técnicas electrofisiológicas.

Los estudios farmacológicos han proporcionado información valiosa sobre los moduladores neuroquímicos de cada función (Rueda et al. 2015). Los resultados muestran que la activación asociada con

1.INTRODUCCIÓN

cada una de estas funciones no se restringe a una única estructura del cerebro, pero sí a un número de regiones cerebrales bastante distantes. Por otro lado, en estudios experimentales (Callejas et al. 2004; Fan et al. 2005), se ha constatado que hay grados de integración de las redes a nivel funcional.

En pacientes con Trastorno de Déficit de Atención por Hiperactividad (TDAH), las técnicas de RMF han confirmado que la estructura cerebral más involucrada en este problema se centra en el LF derecho (Santos 2000; Colmenero et al. 2001; Rubia et al. 2001).

El Pulvinar tiene conexiones recíprocas con diferentes áreas corticales, estando estrechamente relacionado con el control de la atención, los movimientos oculares y los movimientos de proyección de las manos para alcanzar objetos (Acuña et al. 1983, 1990; Cudeiro et al. 1989). Otro de los núcleos del tálamo que se cree tiene relación con los mecanismos de atención es el Núcleo Reticular (Crick 1984).

Se ha observado que el COF tiene una estrecha relación con los movimientos oculares, los centros oculomotores y la atención (Thompson y Schall 1999; Wilke et al. 2010).

En el CS hay células que se activan unos 50-100 milisegundos después de la presentación de un estímulo, y se cree que tienen relación con los cambios de atención (Goldberg y Wurtz 1972). El CS recibe proyecciones visuales de forma directa desde la retina y la corteza visual y proyecta a diferentes núcleos del tálamo que se interrelacionan con áreas corticales relacionadas con los movimientos sacádicos. Algunos autores apuntan a que el CS contribuye en gran medida a la construcción del mapa de atención global (Desimone et al. 1990; Fecteau y Muñoz 2006).

1.1.3 La Atención Visual

El sistema visual es fundamental para nuestra percepción e interacción con el medio que nos rodea. La modalidad de atención más estudiada es la atención visual. Ya Helmholtz (1896) demostró la capacidad del sistema visual humano para dirigir la atención a un área particular del campo visual en ausencia de atención encubierta. En los últimos años ha habido un aumento considerable de actividad

investigadora en relación con la atención visual humana para poder comprender este proceso.

La percepción visuoespacial se puede entender como la capacidad de un individuo para percibir su ubicación y la de los objetos en el espacio, así como la relación espacial entre ellos (Malloy-Diniz et al. 2009; Manning 2005). Es posible que la mayor parte de las estructuras visuales cerebrales participen en el proceso de atención visual, aunque de forma diferenciada. Se cree que el direccionamiento de la atención la determinaría el núcleo Pulvinar, el redireccionamiento de la atención de una zona a otra del espacio visual se determinaría por el CS, y el cese de la atención sobre un objeto o zona del espacio tendría que ver con el Córtex Parietal Posterior. Los Lóbulos Temporales Inferiores estarían relacionados con el reconocimiento de objetos y sus atributos (Posner y Petersen 1990). Pashler et al. (2001), sugieren que la localización espacial consiste en la detección del estímulo que se origina en la retina y asciende hacia las áreas visuales superiores, por lo que a menudo se define como proceso “bottom-up”, y la atención visual se generaría combinando información que procede de la retina con la proporcionada por otras estructuras visuales.

1.1.3.1 La Vía Visual y la Atención

Durante los últimos años ha habido observaciones experimentales que atribuyen a la Vía Visual Extrageniculada (VVE) un papel relevante en los procesos de atención visual. Hay evidencia de que la atención visual depende en parte de la VVE, es decir, aquellas vías que evitan el Cuerpo Geniculado Lateral (CGL) y no llegan directamente al área V1 (Corbetta et al. 2008). El Tálamo juega un papel importante en la atención selectiva de la información visual y auditiva. La atención selectiva es un esfuerzo consciente, aunque también puede ocurrir inconscientemente. El CGL filtra la información visual antes de llegar a la corteza. El Núcleo Reticular Talámico proporciona una fuerte entrada inhibitoria tanto en el CGL como al Pulvinar. Esta regulación permite centrar la atención en la información relevante influyendo en la transmisión de información de alimentación y retroalimentación entre las áreas corticales Frontal, Temporal, Parietal y Occipital. El Pulvinar recibe aferencias directas

1.INTRODUCCIÓN

desde la Retina y ha sido asociado con el direccionamiento de la atención. El 'pulvinar visual' solo abarca las regiones inferior y lateral de este complejo. El Pulvinar Medial (PM) establece una conectividad cortical distinta y se ha asociado con atención dirigida, funciones ejecutivas y memoria de trabajo. Estas funciones se ven particularmente afectadas en los trastornos del desarrollo neurológico, como la esquizofrenia y el TDAH, que se han asociado con una arquitectura y conectividad anormal del PM (Homman-Ludiyé y Bourne 2019). Durante los últimos años, se ha estudiado el papel de este núcleo en la atención visual y el procesamiento oculomotor, y se ha observado que está relacionada con la integración de señales visuales y oculomotoras (Grieve et al. 2000; Petersen et al. 1985).

1.1.3.2 La Propiocepción Orbitaria y la Atención

Cuando los músculos extraoculares se contraen o relajan, se generan señales propioceptivas que pueden ser utilizadas por el sistema visual, indicando que el ojo se movió y cuál es su posición en la órbita (Jing y Yujun 2013). Se cree que tanto la descarga corolaria de las neuronas relacionadas con los movimientos oculares como la señal propioceptiva generada en la órbita contribuyen a la localización de la posición del ojo en la órbita. Sin embargo, el papel funcional de estas dos señales se ha venido discutiendo durante más de un siglo. La visión predominante propone que la información sobre la posición ocular es proporcionada exclusivamente por la señal de descarga corolaria, mientras que la información propioceptiva solo juega un papel en la calibración a largo plazo del sistema oculomotor. Sin embargo, estudios conductuales y fisiológicos recientes sugieren que la señal propioceptiva puede desempeñar un papel importante en la monitorización de la posición del ojo (Wang y Pan 2012). La localización visuoespacial depende de la proyección retiniana y de la percepción de la posición ocular (Zimmermann y Lappe 2011; Quercia et al. 2015). Wang y Pan (2012) han encontrado una representación de la posición orbitaria del globo ocular en el área 3a del córtex somatosensorial en macacos. Se ha observado que la señal propioceptiva sobre la posición ocular en esta área tiene dos componentes. El primero es un componente fásico, de latencia corta, y

el segundo es un componente tónico persistente. Estas señales pueden modular las respuestas visuales en diferentes áreas corticales (Wang 2007). También se ha sugerido que la propiocepción ocular puede ser utilizada para la corrección de errores en la localización visuoespacial (Ventre-Dominey et al. 1996; Balslev et al. 2012).

1.1.4 Métodos para Evaluar la Atención Visual

Existen numerosos métodos para evaluar la atención visual. Entre ellos destacan, por su mayor utilización, el test de Toulouse Piéron, el test D2, el test de las Pistas, el test de Cancelación, y el test de Color-Palabra de Stroop.

El *test de Toulouse-Piéron* es un test que tiene como objetivo el medir las aptitudes perceptivas y atencionales. Por sus características, se trata de una tarea que exige gran concentración y resistencia a la monotonía. Permite evaluar la resistencia a la fatiga, la rapidez-persistencia perceptiva y la concentración (Toulouse y Piéron 2013). El examen consiste en la utilización de una hoja formada por cuarenta líneas, cada una con cuarenta pequeños cuadrados con una marca en un lado o en un vértice. El sujeto tiene que marcar, lo más rápido posible, en un intervalo de tiempo de diez minutos, los cuadrados con una marca determinada. Para el análisis de los resultados, se considera el total de los cuadrados correctamente marcados como repuestas ciertas, las no señaladas como omisiones y las mal marcadas como erradas. Según los resultados, el sujeto se clasifica en muy lento, lento, normal, bien y muy bien. También puede evaluarse la capacidad de concentración o exactitud atencional mediante la curva de trabajo realizado en cada minuto, pudiendo clasificarse en muy concentrado, concentrado, disperso, muy disperso, y súper disperso.

El *test D2* es una prueba de concentración dirigida a estímulos visuales. Permite valorar la atención selectiva y la capacidad de concentración, basándose en la capacidad de atender de forma selectiva a ciertos estímulos relevantes e ignorar los irrelevantes. Todo esto debe hacerse con rapidez y precisión (Brickenkamp 2012). El test consiste en señalar todas las letras “d” que tienen dos trazos. Los trazos pueden situarse arriba, abajo o uno arriba y otro abajo, de acuerdo con el ejemplo de una hoja de respuestas. El sujeto tiene un

1.INTRODUCCIÓN

tiempo determinado para marcar las letras correctas. Las señales objetivo se mezclan con otros signos similares hasta completar un total de 14 líneas. La evaluación se realiza valorando los errores, omisiones y marcas incorrectas. Las diferencias entre el comienzo y el final del test reflejan un cambio de actitud, el efecto del aprendizaje, el cansancio, u otros factores.

El *test de la Pistas* evalúa la atención dividida, la flexibilidad cognitiva, la habilidad de secuencia, la velocidad motora y la agilidad visuomotora (Simões et al. 2016). El test se compone de dos partes: en la primera el examinando debe dibujar líneas para conectar adecuadamente números entre sí, y en la segunda debe conectar alternativamente números y letras entre sí. La evaluación se realiza teniendo en cuenta el tiempo de ejecución, el número de errores de secuencia, el número de errores alternos y los errores totales. El test está diseñado exclusivamente para ser aplicado en el grupo de edad de los seis a los catorce años.

El *test de Cancelación* es un test que evalúa la atención visual sostenida y se compone de dos partes (Simões et al. 2016). En la primera (figuras geométricas esparcidas de forma aleatoria) el examinando debe marcar los círculos encontrados lo más rápido posible. En la segunda parte (letras en fila), debe marcar todas las letras "A" en una hoja con letras distribuidas aleatoriamente. En la evaluación del test, debemos tener en cuenta cuánto tiempo tardó en completar el número de errores por omisión, el número de errores por adición y los errores totales. Existen dos modalidades de este test. La primera, con solo dos símbolos, está diseñada para utilizar con de cinco a catorce años. La segunda, con tres símbolos, está diseñada para adultos.

El *test de Color-Palabra de Stroop* es un test distinto a los anteriores que evalúa el control inhibitorio, la capacidad de enfoque, las respuestas impulsivas y la velocidad de procesamiento (Trenerry 1989). Este test está compuesto por tres partes: lectura de la palabra, nombramiento del color e identificación del color en que está escrita cada palabra. La evaluación de la prueba se deriva del número de respuestas incorrectas. El test es apto para ser utilizado a partir de los quince años.

1.2 LA VISIÓN

En la retina humana hay alrededor de 4,6 millones de conos y 92 millones de bastones que contienen fotopigmentos para transformar la luz en señales bioeléctricas que se transmiten al cerebro. Las células ganglionares son las células de salida de la información de la retina. Estas emiten un millón de axones que forman el nervio óptico, accediendo al cerebro a través de dos vías, la Vía Geniculada, y la Vía Extrageniculada.

1.2.1 Vía Geniculada

La Vía Geniculada llega al CGL, el cual tiene seis capas que reciben axones de cada ojo de forma alternante. Dos de sus capas tienen células grandes y las cuatro restantes tienen células de pequeño tamaño que conforman el Sistema Magnocelular y el Sistema Parvocelular respectivamente (Livingstone y Hubel 1987, 1988). Desde el CGL salen axones hacia la el área visual V1. Esta área se localiza en el Lóbulo Occipital y tiene una representación topográfica del campo visual. Desde esta área la información visual discurre hacia otras áreas corticales, que incluyen las áreas visuales V2, V3, V4 y V5. El flujo de información visual sigue dos vías corticales diferentes, la Vía Ventral y la Vía Dorsal. La Vía Ventral está relacionada con el reconocimiento de formas, el color y la memoria visual. Esta zona recibe información fundamentalmente de la zona central del campo visual (Bear et al. 2007; Kanski 2009; Coubard et al. 2014), y en ella está implicado fundamentalmente el Sistema Parvocelular. La Vía Dorsal está relacionada con el Sistema Magnocelular, y está implicada en la percepción del movimiento y la localización espacial de los objetos. Esta vía discurre desde el área V1 hacia el Lóbulo Parietal Posterior (Milivojevic et al. 2011; Coubard et al. 2014; Li et al. 2020). Estas dos vías visuales son importantes para realizar tareas que requieren reconocimiento espacial y procesamiento semántico. Se cree que ambas vías actúan de forma separada, teniendo cada una de ellas especialización funcional, aunque a la vez, son complementarias (Tabla 2).

1.INTRODUCCIÓN

FUNCIÓN	RETINA	NGL	ÁREAS VISUALES SUPERIORES
Reconocimiento de formas y color	Conos	Parvocelular	V2, V3 y V4
Localización y Movimiento	Bastones	Magnocelular	V2, V5(MT)

Tabla 2: Función de los Sistemas Magnocelular y Parvocelular.

1.2.2 Vía Extrageniculada

La Vía Extrageniculada accede a diferentes estructuras cerebrales sin hacer sinapsis en el CGL. Entre estas estructuras se encuentran el Hipotálamo y el CS.

La Vía Retino-Hipotalámica es una vía que está relacionada con los efectos que la luz tiene sobre los ciclos circadianos, que regulan el ciclo sueño/vigilia. Esta vía también tiene que ver con la regulación de nuestro medio interno y con nuestro estado anímico y emocional. Un grupo de células ganglionares que contienen melanopsina envían información al Núcleo Supraquiasmático que es el principal centro de regulación del reloj biológico y de los ritmos circadianos.

La Vía Retino-Colicular accede desde la retina directamente al CS. Esta estructura a su vez proyecta hacia núcleos del tálamo que conectan con áreas corticales y que intervienen en los movimientos oculares sacádicos (Fecteau y Muñoz 2006; Oliveira y Yonehara 2018). Las fibras de la vía Retino-Colicular corresponden, en su gran mayoría al Sistema Magnocelular, relacionado con la percepción del espacio que nos rodea y la posición corporal respecto a este espacio. También está relacionada con la coordinación de procesos motores relacionados con la orientación de la cabeza, el campo visual periférico, y la motilidad ocular. En el CS se genera un “mapa visual” que se integra con otros mapas auditivos, somato sensoriales y vestibulares, para coordinar los movimientos de cabeza, cuello y ojos, necesarios para la localización de los estímulos visuales (Coubard et al. 2014).

1.2.3 Movimientos Oculares

Los movimientos oculares son claves en todos los procesos visuales, y sobre todo en los procesos de lectura. Estos movimientos pueden ser conjugados (ambos ojos se mueven en la misma dirección,

velocidad y amplitud), llamados versiones, y no conjugados (los ojos se mueven en direcciones opuestas), llamados vergencias.

1.2.3.1 Movimientos de Versión

Existen dos tipos de movimientos de versión: los movimientos de persecución y los movimientos sacádicos. Los primeros se realizan para seguir un objeto en movimiento. Los segundos para dirigir la mirada hacia un punto determinado de forma rápida. En los movimientos sacádicos un blanco excéntrico es llevado a la fovea. Cuando se considera cada ojo por separado, los movimientos que realiza se denominan ducciones. Existen varios tipos de ducciones. La aducción consiste en rotar el ojo hacia la línea media, la abducción hacia afuera, la supraducción o elevación hacia arriba, y la infraducción o depresión hacia abajo. Existen además la incicloducción (rotación de la parte superior de la córnea hacia la parte medial) y la excicloducción (rotación de la parte superior de la córnea hacia la parte lateral). En la Tabla 3 se muestran los músculos extraoculares y el tipo de movimiento que inducen en el ojo cuando se contraen.

MÚSCULO	PRIMARIA	SECUNDARIA	TERCIARIA
Recto medio	Aducción		
Recto lateral	Abducción		
Recto inferior	Depresión	Excicloducción	Adducción
Recto superior	Elevación	Incicloducción	Adducción
Oblicuo inferior	Excicloducción	Elevación	Abducción
Oblicuo superior	Incicloducción	Depresión	Abducción

Tabla 3: Los movimientos oculares producidos por la contracción de los músculos extraoculares.

1.2.3.2 Movimientos de Vergencia

Según Kanski (2009), las vergencias son movimientos oculares en los cuales los ojos se mueven en direcciones opuestas. Los movimientos oculares de vergencia son necesarios para mantener proyectado en la fovea un objeto que se aleja o que se acerca a nosotros. Cuando un sujeto hace un test de fijación de visión de cerca, los ojos realizan un movimiento de convergencia. Tal cambio en la

1.INTRODUCCIÓN

fijación va a implicar realizar una aducción con ambos ojos. El COF es una región en la parte más anterior del Córtex Premotor, importante cuando queremos dirigir nuestra mirada hacia un blanco visual. Se cree que, una vez tomada la decisión de realizar el movimiento ocular, esta zona frontal, genera un plan de movimientos y después se ejecuta ese plan. La ejecución del plan involucra proyecciones descendientes desde el COF al CS ipsilateral y a los centros de mirada de la formación reticular (Schiefer et al. 2007; Coubard et al. 2014). El COF y el CS están modulados por los ganglios basales y el cerebelo. Hay circuitos que constituyen su propio flujo funcional y que comunican el Núcleo Caudado con la parte reticulada de la Sustancia Negra. Este circuito es importante para modular la ejecución de los movimientos sacádicos (Horn y Leigh 2011; Coubard et al. 2014).

1.2.3.3 Otros Movimientos Oculares

Otro tipo de movimiento complejo es el llamado movimiento de búsqueda visual libre, que depende en gran medida de la tarea a realizar. Al examinar estímulos complejos, el ojo fija de forma más prolongada los elementos que contienen información importante, mientras que muchos otros, menos relevantes, nunca son observados con la fovea (Figura 3) (Rodríguez et al. 2012; Coubard et al. 2014). Para mantener la imagen estable en la Retina, existen los movimientos oculares generados por los reflejos vestibulares. Este tipo de movimientos se origina en el sistema vestibular del oído interno que detecta la posición de nuestra cabeza. Con esta información se generan movimientos oculares que contrarrestan los movimientos de la cabeza, con lo que se estabiliza la imagen en la retina (Gilá 2009).



Figura 3: Movimientos oculares durante una tarea de “búsqueda visual libre”. En la imagen de la derecha se representan mediante líneas las fijaciones visuales que realiza un observador al ver la imagen de la izquierda. Adaptado de Hubel 1988.

1.2.4 Evaluación de los Movimientos Oculares

La evaluación de los movimientos oculares en los niños es de especial importancia, sobre todo en las tareas de lectura y que requieren atención visual. Por esta razón, se ha intentado, desde hace tiempo, desarrollar test capaces de evaluar estos movimientos. Un ejemplo de tarea diseñada para evaluar la motilidad ocular en niños, es el test Developmental Eye Movement (DEM), que relaciona la capacidad de lectura con la oculomotricidad (Garzia et al. 1990).

1.2.5 Movimientos Sacádicos, Lectura y Atención

Antes de ejecutar un movimiento sacádico hacia un blanco visual periférico, el blanco no es percibido por el individuo con detalle, éste sólo tiene conciencia de su situación. Durante la lectura, los ojos se desplazan a lo largo de la línea que se está leyendo, realizando una serie de movimientos sacádicos separados unos de otros por pausas llamadas “fijaciones” (Evans 2004; Gilá 2009). Una vez establecida la fijación en el nuevo punto, se produce el reconocimiento de los caracteres y la comprensión de lo que se está leyendo. Este tipo de proceso se realiza continuamente durante las actividades de escritura y lectura y prácticamente cualquier otra actividad que requiera

1.INTRODUCCIÓN

reconocimiento de texturas y comprensión de su significado (Álvarez et al. 2007; Rodríguez et al. 2012; Zhao 2012).

Según Martin y Vecilla (2011), los movimientos sacádicos están presentes desde el nacimiento y son importantes en los procesos de atención visuoespacial y en la lectura. De acuerdo con Leong et al. (2014), la fluidez en la lectura se obtiene con la práctica habitual de los movimientos oculares. Un estudio sobre la atención y los movimientos sacádicos oculares realizado en niños entre los 7 y los 16 años, ha mostrado que los test de movimientos oculares sacádicos son coherentes con los test de atención, relacionando la presencia de errores con bajos niveles de atención en las tareas que implicaban movimientos oculares (García et al. 2014).

Las microsacadas juegan un papel importante en las tareas conductuales de atención visual encubierta, tanto que al menos en algunos paradigmas de señales atencionales se observa que existe una sincronía estrecha entre las microsacadas y el nivel de atención (Hafed et al. 2015).

El procesamiento de la información ortográfica comienza con detectores de letras que codifican de forma conjunta la identidad y la ubicación de los caracteres. La agudeza visual, el hacinamiento y la atención espacial determinan conjuntamente la actividad de estos detectores. El procesamiento ortográfico de ubicación invariable implica el cálculo de fragmentos y características ortográficas. Los fragmentos ortográficos codifican combinaciones de letras altamente concurrentes utilizando información precisa sobre el orden de las letras. Las características ortográficas codifican la información de diagnóstico con respecto a la identidad de la palabra utilizando una información de posición de letra más flexible. El procesamiento ortográfico opera en paralelo a través de múltiples palabras, que se agrupan en un sólo canal permitiendo la superposición ortográfica entre palabras vecinas en una oración para ejercer una influencia de facilitación mutua (Grainger et al. 2016).

El proceso de lectura es un proceso sumamente complejo que requiere interacción entre la visión, los movimientos oculares, la atención y el procesamiento lingüístico. Las deficiencias en cualquiera

de estas funciones pueden reducir la eficiencia de la lectura (Rodríguez et al. 2012).

1.2.6 Estabilidad Visual

A pesar de las incesantes interrupciones generadas por los movimientos sacádicos, la visión es continua y estable. Sin embargo, estos movimientos pueden interferir con la visión, porque generan desplazamiento y desenfoco de la imagen retiniana durante la sacada.

Los estudios realizados por Wurtz (2008) han explicado cómo el sistema visual suprime la información visual durante la sacada. El sistema visual diferencia los cambios de escenario visual causados por movimientos objetivos en el mundo real de aquellos evocados por los movimientos de nuestros ojos. Según Wurtz (2008), puede haber varios mecanismos que expliquen esto. El primero sería que cuando el ojo se mueve genera una señal de desplazamiento, que se utiliza para neutralizar la información retiniana. Esta señal podría provenir de la contracción de los músculos extraoculares y de las señales propioceptivas que esto genera. El segundo mecanismo consistiría en que las estructuras motoras que inducen el movimiento ocular, generarían al mismo tiempo una señal (descarga corolaria) que neutralizaría la información procedente de la retina. Este segundo mecanismo es más probable que el primero, puesto que dada la velocidad a la que se producen los movimientos sacádicos, el retorno de la señal propioceptiva para anular la información retiniana sería demasiado lento. Los estudios realizados por Wang (2007), sugieren que la corteza somato sensorial necesitaría cerca de 100 ms para procesar la información propioceptiva orbitaria (Wurtz 2008). La descarga generada como una copia del comando motor, fue denominada “copia eferente” por Holst y Middlestadt (1950) y el término “corolario”, o “descarga corolaria”, fue acuñado en el mismo año por Sperry (Sperry 1950). Ambos términos se refieren al mismo fenómeno, pero el término descarga corolaria ha sido más utilizado por Wurtz (2008).

La estabilidad visual es, por tanto, difícil de establecer, principalmente debido al desplazamiento de las imágenes retinianas durante el movimiento sacádico. Para entender cómo el cerebro

1.INTRODUCCIÓN

compensa este constante cambio, existen actualmente dos hipótesis: la hipótesis del mapa retinotópico y la espaciotópica (Wurtz 2008).

En la hipótesis del mapa retinotópico, se asume que la representación del entorno visual está organizada en coordenadas retinotópicas y que sería actualizada con cada movimiento sacádico. Desde este punto de vista, Duhamel et al. (1992) demostraron que algunas neuronas en el área parietal presentan un cambio en el campo receptor antes de que el movimiento ocular se produzca y sugieren que, esas neuronas parietales, anticipan las consecuencias generadas por los movimientos oculares y actualizan las coordenadas retinianas de los estímulos anteriores para generar una representación del espacio visual continua. Igualmente, esta hipótesis se apoya en el concepto de que las neuronas del COF también actualizarían su campo receptor con cada movimiento sacádico.

La hipótesis espaciotópica asume estabilidad en los campos receptores y que la representación del mundo visual no está organizada en coordenadas retinotópicas, sino en las coordenadas del espacio visual.

1.2.7 Agudeza Visual Estereoscópica

La Agudeza Visual Estereoscópica (AVE) se relaciona con la habilidad para la percepción de profundidad o tridimensional. Se basa en la estimulación simultánea y binocular de elementos retinianos discretamente dispares y es derivada de la separación horizontal que hay entre los dos ojos (Patterson y Martin 1992). Esta separación hace que la imagen retiniana de un ojo sea diferente a la del otro, lo que recibe el nombre de disparidad retiniana. La AVE se desarrolla en los primeros meses de edad (a la par que la visión binocular) y su desarrollo es paralelo al de la fusión, estando directamente relacionado con el desarrollo de la corteza visual. Una estereopsis normal indica una buena integridad binocular. Entre los factores que pueden afectar a la agudeza visual estereoscópica destacan los errores refractivos no compensados, que con frecuencia suelen ser causa también de mala agudeza visual (Saladin 2005).

Sólo es posible tener visión estereoscópica cuando la disparidad retiniana no supera lo que se conoce como área de Panum. La llamada

área de Panum corresponde al espacio que contiene puntos que, cuando se estimulan, dan simultáneamente lugar a una visión única. Todos los objetos que están fuera de esta área dan origen a la diplopía fisiológica.

Dove (1841) mostró que la visión estereoscópica se podía conseguir cuando los dibujos vistos en un estereoscopio se iluminaban con un destello de muy corta duración. Esto indica que ni los movimientos de convergencia de los ojos ni las influencias propioceptivas de los músculos extraoculares son necesarios para la percepción estereoscópica (Kenneth 1950).

1.2.8 Visión y Postura Corporal

La información sensorial influye en la acción motora, al mismo tiempo que la acción motora altera el flujo de información sensorial, con el objetivo de alcanzar o mantener el equilibrio postural (Kleiner et al. 2011). La información procedente del sistema visual, vestibular y somatosensorial es clave para el control postural (Mochizuki y Amadio 2006; Vinicius 2010).

Hay estudios que demuestran que durante el mantenimiento de la postura erecta estática la oscilación corporal aumenta hasta más del doble cuando la información visual no está disponible (Kleiner et al. 2011). Además, las imágenes percibidas por el sistema visual guían el movimiento corporal y contribuyen al alineamiento de cabeza y tronco, corrigiendo su posición con respecto al entorno en que nos encontramos. El sistema visual participa en la postura corporal como “captador” de la información externa. Los movimientos oculares, también disponen de mecanismos para determinar nuestra posición y orientación en el espacio.

El CS es uno de los centros integradores más importantes del SNC. Posee conexiones con el CGL y el Pulvinar. El Pulvinar envía proyecciones hacia las áreas visuales occipitales y áreas de asociación multimodal parietales y temporales. Los estratos superficiales del CS reciben sus principales aferencias de la retina y del área V1 (Huerta y Harting 1984). Según autores como Huerta y Harting (1984) y Stein y Meredith (1993), los estímulos visuales son canalizados desde los estratos superficiales hacia los estratos intermedios y profundos del

1.INTRODUCCIÓN

CS. En éstos últimos, a través de conexiones locales, la información visual se integra con otra información de naturaleza sensorial.

Según Horak (2006), el control de la postura fue considerado como una función resultante de un conjunto de reflejos, pero actualmente, se considera que es una función compleja que se obtiene a partir de la integración de múltiples procesos sensoriomotores, que también participan en la atención y el aprendizaje.

El sistema somatosensorial difiere de los demás sistemas sensoriales en que sus receptores están dispersos por todo el cuerpo. Estos receptores responden a diferentes tipos de estímulos como el tacto, la presión, la temperatura, la posición del cuerpo y el dolor. Mediante este sistema, el cerebro es capaz de conocer en cada instante cómo está posicionado el cuerpo respecto al espacio y de qué manera se está moviendo. Gracias a estos sistemas de percepción interna es posible movernos en la oscuridad o con los ojos cerrados.

El sistema propioceptivo está compuesto por una serie de receptores nerviosos que se encuentran en músculos, articulaciones y ligamentos distribuidos por todo el cuerpo. Los husos musculares son receptores de tensión situados en paralelo a las fibras musculares y permiten generar información sobre el grado de tensión muscular. Los Órganos Tendinosos de Golgi tienen una función similar en los tendones. Los corpúsculos articulares de Ruffini realizan una función similar en las articulaciones. Este sistema genera información que vincula lugares tan dispares como los músculos del ojo, los músculos del cuello y los músculos del pie, permitiendo el control erguido de la postura y la orientación corporal (Kavounoudias et al. 1999).

Pinto y Frey (1993) realizaron estudios con niños disléxicos concluyendo que a menudo se observa su asociación con el Síndrome de Deficiencia Postural (SDP). El mismo autor confirmó que el tratamiento del SDP a través de la reprogramación postural y lentes prismáticas de baja potencia surte efectos positivos sobre la lectura. La reprogramación postural consiste en una técnica de tratamiento en la que se intenta que el paciente se haga consciente de su posición corporal. Otros autores como Vieira et al. (2009) al observar resultados similares en niños di-ortográficos, posiblemente disléxicos, proponen que éste debería de ser el tratamiento de elección en muchos

casos. A través de la reprogramación postural, el individuo se da cuenta de sus errores de posicionamiento inconsciente y aprende a corregirlos. El uso de lentes prismáticas interfiere en este proceso, al generar cambios en la propiocepción y en la posición ocular. Al modificar el estado de los músculos extrínsecos del globo ocular, se modifica la integración vestibulo-ocular (Martins 1983; Da Cunha y Da Silva 1986; Gagey y Pierre 1993).

1.2.9 Lentes Prismáticas de Baja Potencia

Las lentes prismáticas de baja potencia se han venido utilizando con la finalidad de modificar la relación de contracción y relajación que existe en los músculos extraoculares (Gagey y Pierre 1993). Este efecto, produce a su vez un efecto sobre la información visual procedente de la retina, que, dada su implicación en los fenómenos de equilibrio postural, pueden afectar a este último (Vieira et al. 2009).

Cuando el ojo está en posición primaria, el plano muscular del músculo oblicuo superior forma un ángulo de 51° con el eje óptico, y en aducción extrema, el plano muscular se acerca al eje óptico, con lo que este músculo se hace más infraductor. Con el oblicuo menor ocurre algo similar, cuanta más aducción haya, más supraductor se hace. La percepción del espacio visual, se construye a partir de la información procedente de la retina, los músculos oculomotores y los canales semicirculares, por lo que se puede modificar con la colocación de lentes prismáticas. Si la base de esta lente se coloca superotemporal en ambos ojos (125° en el ojo derecho y 55° en el ojo izquierdo) se actúa preferentemente sobre los músculos oblicuos, sobre todo en la posición de lectura. A este tipo de disposición de las lentes prismáticas se le da el nombre de prismas activos o posturales (Gagey y Weber 2001). Estos prismas no sólo modifican la información visual, sino también la información propioceptiva periocular.

Da Cunha y Da Silva (1986), promovieron la utilización de lentes prismáticas de baja potencia enfatizando la importancia de la propiocepción orbitaria para el equilibrio postural. Por otro lado, Pisella et al. (2004) después de utilizar lentes prismáticas en pacientes con lesiones parietales, observaron una mejoría en el control de la

1.INTRODUCCIÓN

postura corporal que persistía en el tiempo, aun después de dejar de utilizar los prismas. En un estudio en pacientes con Negligencia Espacial Unilateral izquierda (NEU), se utilizó un tratamiento convencional y se comparó con la utilización de lentes prismáticas que desplazaban la escena visual hacia la derecha observándose que estos prismas eran una herramienta útil para rehabilitar a estos pacientes (Clarke y Crottaz 2016). Según otros autores (Fortis et al. 2010) éste podría ser un nuevo tratamiento por su viabilidad para los programas basados en tratamientos domiciliarios.

1.2.10 Lentes Prismáticas y Dislexia

Dado que los niños con dislexia pueden presentar interacciones binoculares inestables (Stein y Meredith 1993; Stein 2003), se ha propuesto la utilización de lentes prismáticas para su tratamiento. Esta propuesta se basa en la idea de que al menos en parte, la dislexia se debe a la propiocepción incorrecta de los músculos extraoculares, sobre todo los oblicuos, dado que son relevantes en la lectura de visión próxima. El hecho de que la propiocepción ocular pueda influir en la localización visual respalda esta hipótesis (Roll et al. 2004). Por otro lado, Quercia et al. (2007) sugieren que las dificultades en la lectura pueden estar asociadas a pequeñas desviaciones oculares verticales que pasan desapercibidas, por lo que la corrección con Prismas oblicuos podría equilibrar la heteroforias verticales y horizontales concurrentes. Gizzi et al. (1997), utilizando el método de la posturología de plataforma móvil, combinado con prismas de 15 dioptrías, observó que los desplazamientos corporales eran mayores cuando se utilizaban los prismas. En un estudio hecho por Kapoula et al. (2012) se ha llegado a la conclusión de que, a diferencia de los adultos, los adolescentes no parecen necesitar señales motoras oculares eferentes y propioceptivas para mejorar su postura, al menos cuando se enfrentan a un conflicto de acomodación y convergencia.

En un estudio realizado en 370 pacientes se ha observado que un 71% mejoraban la dislexia con la utilización de lentes prismáticas (Pestalozzi 1992). Esto hizo que su autor sugiriese que las correcciones prismáticas reducen la necesidad de utilización de recursos cognitivos y atencionales permitiendo mejorar la

comprensión del texto que se está leyendo. Rode et al. (2015) encontraron mejoría en la percepción de imágenes cuando se utilizan prismas en un estudio con pacientes con lesiones cerebrales del hemisferio izquierdo. En estos pacientes, la evocación mental de la información del lado izquierdo de una imagen del mapa de Francia se recuperó por completo después de adaptar un prisma para que desviase la imagen hacia el campo visual derecho. Estos autores concluyen que los cambios producidos por el prisma modifican las aferencias sensoriales, por lo que pueden tener un papel estimulante de los procesos activos involucrados en la plasticidad sensorial.

La dislexia afecta a un número relevante de niños en edad escolar y representa un importante problema de salud pública. En un estudio sobre su prevalencia en Portugal en niños en edad escolar se han encontrado valores de entre 5.4% (con criterios de inclusión muy estrictos) y 8.6% (con criterios de inclusión menos conservadores) (Vale et al. 2011). Su etiología es desconocida. La presencia constante de dificultades fonológicas combinadas con la incapacidad de manipular los sonidos del lenguaje y la conversión grafema-fonema son algunos de los signos más reconocidos de la dislexia. Numerosos estudios científicos han documentado la presencia de anomalías en el movimiento de los ojos y déficits en la percepción visual de estímulos de bajo contraste, estímulos de baja frecuencia espacial y de la información visual temporal de alta frecuencia, en pacientes disléxicos. Las anomalías atencionales marcadas por la corta duración de los períodos de atención visual, también se han demostrado en muchos casos. La orientación espacial se ve especialmente afectada en los pacientes disléxicos con preferencia por atender a los estímulos en el hemicampo visual derecho (Quercia et al. 2007). Es posible que en la dislexia del desarrollo los déficits oculares no sean el principal componente, sino que su origen radique en alteraciones de la cognición y la percepción visuoespacial (Pashler et al. 2001).

2. HIPÓTESIS, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 HIPÓTESIS

La hipótesis del presente trabajo es que la atención visual y la percepción visual están influenciadas por la posición ocular. Para poder confirmar esta hipótesis, este trabajo pretende comprobar si la utilización de lentes prismáticas influye en la capacidad de atención y en la percepción visual, mediante la evaluación de los procesos y comprensión de lectura en niños de segundo, tercero y cuarto año de escolaridad.

2.2 JUSTIFICACIÓN

La visión es el sentido que más se utiliza en los procesos de aprendizaje. Los currículos educativos tienden a recurrir prioritariamente a la lectura como soporte de múltiples actividades, de las cuales depende en gran parte el rendimiento escolar. Algunos autores señalan que no sólo los errores refractivos pueden influir en las capacidades para el aprendizaje académico de los alumnos, sino que también las alteraciones de la binocularidad y de los movimientos oculares tienen importancia en el proceso de aprendizaje (Beauchamp 1989). Esto justifica que cuando los alumnos se incorporan al primer ciclo de escolarización (Escuela Primaria), con una edad de 5 o 6 años, se sometan a exploraciones optométricas y oftalmológicas para prevenir dificultades en el aprendizaje.

Las lentes prismáticas inducen un desplazamiento en la imagen retiniana. Si el poder dióptrico del prisma es pequeño, este desplazamiento es compensado por un movimiento ocular para mantener la fusión de ambas imágenes retinianas. Sin embargo, este cambio de posición ocular modifica la información propioceptiva periocular y espacial que puede interferir con la percepción y la atención visual.

Los cambios que las lentes prismáticas producen en la posición ocular en la órbita obligan a una readaptación del sistema visual. Este proceso de readaptación puede generar cambios en la capacidad de atención y de la percepción visual en sujetos infantiles, con

implicaciones en los procesos involucrados en la lectura, que son de gran importancia en el aprendizaje (Michel et al. 2013).

En el presente trabajo, se pretende obtener información sobre estos procesos, dado que, en la actualidad, y como mostramos en la introducción de esta tesis, existen pocos estudios que relacionen, de forma específica, la utilización de lentes prismáticas en sujetos de edad infantil con cambios en la atención y percepción visual.

Este trabajo está justificado porque con él podremos ampliar el conocimiento sobre las relaciones existentes entre el sistema visual y los procesos de atención y percepción visual (específicamente los relacionados con la lectura en niños). Los resultados que se obtengan podrán darnos información para mejorar nuestro conocimiento sobre el efecto de la utilización de lentes prismáticas en niños a partir de los 7 años, con especial énfasis en su influencia en las habilidades de lectura. Finalmente, este trabajo permitirá conocer las ventajas e inconvenientes que ofrecen estas lentes para la intervención terapéutica sobre pacientes infantiles en relación con tareas de atención y lectura.

2.3 OBJETIVOS

El presente trabajo pretende alcanzar los siguientes objetivos:

1.-Comprobar qué influencia puede tener en la percepción visual la utilización de lentes prismáticas en niños en edad escolar.

2.-Comprobar si la utilización de lentes prismáticas en niños en edad escolar genera cambios en la atención y en la lectura, y analizar las particularidades de estos cambios.

3.-Inferir si los resultados obtenidos pueden derivar en la utilización terapéutica de este tipo de lentes en niños en edad escolar, en relación con tareas de atención y lectura.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

Los sujetos utilizados en este estudio son una muestra de alumnos de la escuela “Casa Menino de Deus”, de la ciudad de Barcelos (interior del norte de Portugal). Administrativamente el Ayuntamiento de Barcelos está ubicado en el distrito de Braga y tiene aproximadamente 100.000 habitantes. La muestra fue escogida de forma aleatoria, en grupos de segundo, tercer y cuarto grados del primer ciclo de escolarización. La autora de este trabajo declara no tener conflictos de interés con lo aquí presentado.

Para la realización de este trabajo, se ha pedido a los padres/tutores la firma de un consentimiento informado en el que se solicitó autorización para la participación de sus hijos en el estudio. Los datos obtenidos han sido anonimizados y se han obtenido los permisos necesarios en Portugal (Anexo I). Una vez obtenido el consentimiento, se realizó una exploración optométrica y oftalmológica básica en un grupo de 65 alumnos para descartar la existencia de problemas visuales. Se excluyeron del estudio los sujetos que presentaban algún problema, una agudeza visual menor de 20/20 (Optec 2000, Stereo Optical Company, Chicago) en cualquiera de los dos ojos, o ausencia de visión estereoscópica (Titmus Stereo Test / Wirt Stereo Test booklet / Nine Stereotest Circle; Stereo Optical Co., Chicago). La muestra final se extrajo de la muestra inicial de 65 alumnos y consistió en un grupo de 35 sujetos (18 varones y 17 mujeres) con edades comprendidas entre los 7 y los 12 años (Media: 8.2 años, desviación estándar (SD): 1.2 años). Aunque el rango de edades es amplio, los datos se analizaron de forma intra-individuales. Se ha tomado como muestra este número de sujetos por permitir realizar test estadísticos con una potencia estadística de, al menos el 80%, y una significación alfa de 0.05 para diferencias de medias, donde la diferencia de las medias es, por lo menos, superior a mitad de la SD. De acuerdo con los valores que hemos obtenido en estudios anteriores, el tamaño de la muestra que hemos utilizado en el presente

estudio es adecuado para realizar análisis estadísticos comparativos (Florey 1993; Cochran 1997; Noordzij 2011).

3.2 CONDICIONES EXPERIMENTALES

Se han realizado dos tipos de estudios. En el primero de ellos, Estudio 1, se han analizado y comparado las respuestas a los diferentes test, pero no se han utilizado lentes prismáticas. En el segundo estudio, Estudio 2, se ha analizado el efecto de la colocación de lentes prismáticas al realizar los diferentes test. Se han elegido test que involucran cuatro aspectos funcionales de la visión diferentes, y de cada uno de ellos se obtuvieron los valores de distintas variables, tal como se indica en la Tabla 4. Las variables determinadas y sus acrónimos figuran en la Tabla 5.

FUNCIÓN INVOLUCRADA Y TEST	VARIABLE ASOCIADA
Sensorial y propioceptiva:	
Test Forias (Ala de Maddox)	FORI-H, FORI-V
Punto próximo de convergencia	PPC
Agudeza Estereoscópica (Titmus Test)	ESTER
Test Developmental Eye Movement (DEM)	DEM-H, DEM-V, DEM-R
Percepción visual:	
Test Reversal	TREV-D, TREV-M
Atención:	
Toulouse-Piéron	TOUL-E, TOUL-R, TOUL-V
Lectura:	
Test Wilkins	WILK-V
Prueba de Eficacia Lectora (PEL)	PEL-E, PEL-A, PEL-V

Tabla 4: Tipos de test que se han utilizado en este trabajo y funciones a los que están asociados.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

TEST/VARIABLE	ACRONIOMO
Forias (Ala de Maddox):	
Foria Horizontal	FORI-H
Foria Vertical	FORI-V
Punto Próximo de Convergencia:	
Punto Próximo de Convergencia	PPC
Titmus Test:	
Agudeza Estereoscópica	ESTER
Test Developmental Eye Movent (DEM):	
Movimientos Sacádicos Horizontales	DEM-H
Movimientos Sacádicos Verticales	DEM-V
Ratio de Movimientos Sacádicos	DEM-R
Test Reversal:	
Discriminación Visual	TREV-D
Memoria Visual	TREV-M
Test Tolouse-Piéron:	
Exactitud Atencional	TOUL-E
Resistencia a la Atención	TOUL-R
Velocidad en la Atención	TOUL-V
Test de Wilnins:	
Velocidad en la Lectura	WILK-V
Prueba de Eficacia Lectora (PEL):	
Eficacia en la Lectura	PEL-E
Aciertos en la Lectura	PEL-A
Velocidad en la Lectura	PEL-V

Tabla 5: Variables utilizadas en nuestro estudio, test con las que se cuantifican y sus acrónimos.

3.2.1 Estudio 1: Correlaciones en Condición Basal

En el Estudio 1 se han explorado todas las funciones generales que figuran en la Tabla 4: sensorial y propioceptiva, percepción visual, atención y lectura. Para evaluar los resultados, las exploraciones se han llevado a cabo en Condición Basal (los sujetos no portaban ningún tipo de montura ni lentes).

En este primer estudio, se han obtenido y analizado las siguientes variables (Tabla 5): forias horizontales (exoforia y endoforia), forias verticales, punto próximo de convergencia, agudeza estereoscópica, movimientos sacádicos horizontales, movimientos sacádicos verticales, ratio de los movimientos sacádicos, discriminación visual, memoria visual, exactitud atencional, resistencia a la atención,

velocidad en la atención, velocidad en la lectura, eficacia en la lectura, aciertos en la lectura, y velocidad en la lectura.

Para la evaluación de la atención y eficiencia lectora, medidas con el test Toulouse-Piéron y la Prueba de Eficacia Lectora, no se analizó la correlación entre las puntuaciones obtenidas, ya que las variables exploradas por ambas pruebas son interdependientes.

3.2.2 Estudio 2: Efecto de las lentes prismáticas

En este estudio, las funciones evaluadas han sido las mismas que en el Estudio 1 (Tabla 5). Para valorar el efecto de las lentes prismáticas sobre la percepción visual, se diseñaron tres condiciones experimentales adicionales. Estas condiciones fueron las siguientes:

a)Condición Placebo: los sujetos portaban una montura con lentes neutras.

b)Condición Prismas Simétricos: los sujetos portaban una montura y una lente prismática de una dioptría prismática en cada ojo. La base de lente del ojo derecho se colocó a 125° y la de la lente del ojo izquierdo a 55° .

c)Condición Prismas Asimétricos: los sujetos portaban una montura y una lente prismática con diferentes dioptrías prismáticas en cada ojo (1 dioptría en un ojo y 2 dioptrías en el otro ojo); la lente del ojo derecho con base a 125° y la lente del ojo izquierdo con base a 55° . El prisma de mayor potencia se colocaba siempre sobre el ojo que presentaba más precozmente insuficiencia de convergencia en el test del Punto Próximo de Convergencia. La base de lente del ojo derecho se colocó a 125° y la de la lente del ojo izquierdo a 55° .

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.3 EXPLORACIONES REALIZADAS

Las exploraciones (test) realizadas se resumen en la Tabla 6 y se describen a continuación.

TEST	FINALIDAD
Ala de Maddox	Estudio de forias
Punto próximo de convergencia (PPC)	Capacidad de convergencia ocular
Test Titmus	Valoración de la stereopsis
Test Developmental Eye Movement (DEM)	Valoración mov. sacád. de lectura
Test Reversal	Discriminación y memoria visual
Test Toulouse-Piéron	Valoración de atención
Test de Wilkins	Velocidad de lectura
Prueba de Eficacia de Lectura (PEL)	Comprensión de la lectura

Tabla 6: Tipos de test que se han utilizado en este trabajo y su finalidad.

3.3.1 Ala de Maddox

El test Ala de Maddox (Figura 4) es un instrumento utilizado por oftalmólogos y optometristas para medir forias, tanto horizontales como verticales, con el sujeto en visión próxima. Para realizar el test, el sujeto debe estar en posición de lectura (aproximadamente 15° en infra versión y 33 cm de distancia de fijación). El test consiste en una placa rectangular negra con una escala vertical con cifras rojas y otra horizontal con cifras blancas. El ojo derecho ve una flecha roja y otra blanca, mientras que el ojo izquierdo ve la escala de números horizontales (blancos) y verticales (rojos). El sujeto debe indicar el número que coincide con la flecha blanca (foria horizontal) y con la flecha roja (foria vertical). Este número se transforma en dioptrías prismáticas, que representan el valor de la foria.

Con este aparato, se han cuantificado las forias horizontales (endoforia y exoforia) y las forias verticales. En las forias horizontales, el posible rango era de 0 a 22 dioptrías de exoforia y de 0 a 15 de endoforia, con una resolución de 1 dioptría. En las forias verticales, el posible rango era de 0 a 12 dioptrías, con una resolución de 1 dioptría. Si la flecha blanca apunta hacia la derecha del 0, existe endoforia; si apunta hacia la izquierda, existe exoforia. Si la flecha roja apunta por encima del 0, existe hiperforia izquierda; si apunta por debajo del 0, existe hiperforia derecha (Perea 2008). Para efectos de análisis estadístico, la variable foria se ha tomado como “variable

nominal” en el programa de análisis de datos utilizado (programa SPSS; 0=no foria, >0=foria). A continuación, se presenta la forma en que se ha cuantificado la foria y la variable a la que se ha asignado medida con el Ala de Maddox:

Exoforia (FORI-H):
FORI-H-exo= 0 a 22 dioptrías prismáticas (resolución 1d)

Endoforia (FORI-H-endo):
FORI-H-endo= 0 a 15 dioptrías prismáticas (resolución 1d)

Foria Vertical (FORI-V):
FORI-V-derecha= 0 a 13 dioptrías prismáticas (resolución 1d)
FORI-V-izquierda= 0 a 22 dioptrías prismáticas (resolución 1d)



Figura 4: Ala de Maddox.

3.3.2 Punto Próximo de Convergencia

El propósito de este test es determinar la capacidad de convergencia ocular del sujeto manteniendo la fusión binocular (Figura 5). Para realizar el test, el examinador sujeta el punto de fijación (linterna, tarjeta de fijación, punta de lápiz) a unos 30 cm de los ojos del sujeto. Al comienzo del test, se le pide al paciente que mire el punto de fijación que progresivamente se le va acercando, observando sus ojos hasta que indique que tiene diplopía, o que se observe que un ojo pierde la fijación. En este punto, se anota la distancia entre el punto de fijación y los ojos. Este será el PPC cuantificado en centímetros con una resolución de 1 centímetro (Wright y Spiegel 1995; Von y Campos 2002). Estadísticamente se ha tratado como una variable continua. A continuación, se presenta la

3. MATERIAL Y MÉTODOS

forma en que se ha cuantificado el punto próximo de convergencia y la variable a la que se ha asignado:

PPC= cm de distancia del objeto al ojo.

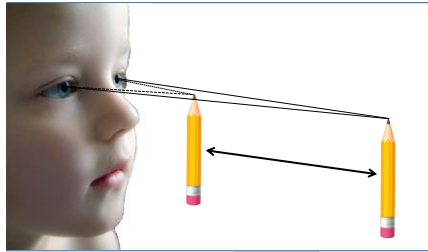


Figura 5: Esquema que representa la determinación del PPC.

3.3.3 Test Titmus

Este test está basado en imágenes polarizadas y contiene tres tipos de ilustraciones: un moscón, animales y círculos (Figura 6). Es utilizado para la detección rápida de la falta de visión binocular, mediante la evaluación y cuantificación del resultado. Las imágenes que contiene presentan diferente nivel de dificultad para ser percibidas estereoscópicamente. Se visualizan a través de unas gafas con lentes polarizadas permiten separar la imagen que recibe cada uno de los dos ojos. El tamaño de estas gafas permite que se coloquen sobre las lentes prismáticas. De este modo, una persona con visión estereoscópica percibe las imágenes presentadas en profundidad. Las imágenes tienen diferente grado de disparidad horizontal que se puede cuantificar en segundos de arco. La lámina del moscón permite valorar la agudeza estereoscópica (ESTER) de forma grosera (3.000 seg. de arco). En este caso, se le pide al sujeto que señale dónde están las alas del moscón respecto a la superficie de la lámina. Si tiene visión estereoscópica normal, el paciente la percibirá flotando sobre la lámina. La lámina de los animales consta de tres filas (A, B, C) con cinco animales cada una. El sujeto tendrá que decir cuál es el único animal que sobresale. Esta parte del test mide la percepción estereoscópica fina (400 a 100 seg. de arco). La lámina de los círculos contiene 9 grupos de 4 círculos cada uno. Al sujeto se le pide que mire

Ana Paula Pinto de Azevedo

cada grupo y, en éste debe ver un círculo que sobresale, el cual tendrá que señalar. Esta prueba permite valorar la percepción estereoscópica más fina (800 a 40 seg. de arco).

En el presente estudio, sólo se utilizaron las imágenes del moscón y de los círculos. En este test, si el sujeto solo percibe el moscón y no los círculos, se le asigna un valor de agudeza estereoscópica de 3.000 seg de arco. Si percibe los círculos, se le asigna una agudeza estereoscópica correspondiente al círculo con menor grado de disparidad que pueda percibir. Los posibles valores en este caso son 800, 400, 200, 140, 100, 80, 60, 50 y 40 seg de arco. Esta variable se ha cuantificado con los siguientes posibles valores en seg de arco de agudeza estereoscópica. A continuación, se presenta la forma en que se ha cuantificado la agudeza estereoscópica y la variable a la que se ha asignado:

Agudeza Estereoscópica (ESTER):

ESTER = 3.000, 800, 400, 200, 140, 100, 80, 60, 50 y 40 seg arc



Figura 6: Titmus Test.

3.3.4 Developmental Eye Movement (DEM)

El propósito del test DEM (Figura 7) es proporcionar una cuantificación objetiva de la habilidad oculomotora en niños durante la lectura (Bakken y Severns 1998). Es un test que evalúa los movimientos sacádicos de pequeña amplitud, mediante un examen de formato viso-verbal cronometrado. El test DEM relaciona los movimientos oculares con la lectura y es válido para niños de 6 a 13 años. Para cuantificar los resultados, es necesaria una combinación de

3. MATERIAL Y MÉTODOS

observaciones directas, utilizando una escala de puntuación adaptada a este test.

El test se compone de tres láminas (A, B y C) con una matriz de dígitos cada una, que ocupa una superficie de 216x279 mm. Dos de las láminas (A y B) tienen dos columnas verticales de igual altura con 40 cifras cada una, pero con diferente secuencia. Las láminas se observan a una distancia de 33 cm. Las cifras tienen como dimensión vertical 31.2 minutos de arco y horizontal 20.8 minutos de arco, siendo el mínimo detalle de 3.1 minutos de arco. El espaciamiento vertical entre las líneas vistas a 33 cm de distancia es de 1° de ángulo visual. La tercera lámina (C), contiene 16 líneas de 5 cifras cada una. La longitud de cada línea abarca un ángulo de 19.3°. La posición horizontal de la primera y quinta cifras es constante en todas las líneas, mientras que la separación entre los otros tres dígitos es aleatoria. El máximo movimiento sacádico requerido ocurre de derecha a izquierda cuando se cambia de línea (8.75°), y el mínimo ocurre de izquierda a derecha entre dos cifras con la mínima separación horizontal (2.2°). Para poder valorar los resultados de este test, es necesario que el sujeto lea un total de 80 cifras, tanto en sentido vertical (láminas A+B) como en sentido horizontal (lámina C) (Garzia et al. 1990).

En nuestro caso, para realizar este test hemos procedido a presentar a cada sujeto primero un test de prueba, consistente en una línea horizontal con 10 cifras espaciadas aproximadamente un centímetro, para que pueda entender la prueba. Esta prueba no se contabiliza como resultado. A continuación, el sujeto procede a leer todas las cifras de la lámina A (dos columnas de 20 cifras que deben leerse en sentido vertical). Se contabiliza el tiempo que tarda en hacerlo (en seg), los errores, el número de omisiones (si el sujeto se salta una cifra del test) y los errores de adición (si el sujeto dice cifras adicionales que no existen en el test). Finalizado este test, se procede con la lámina B, que es exactamente igual que la A y se realizan las mismas mediciones. La razón de utilizar dos láminas similares es que el sujeto debe leer, en total, 80 cifras en sentido vertical para poder compararlo con los resultados de la lámina C, que se lee en sentido horizontal. Dado que estas dos láminas son complementarias, se

suman los parámetros de ambas (tiempo, errores, omisiones, y errores de adición). Finalizadas las láminas A y B, se procede con la lámina C (80 cifras organizadas en 16 líneas y 5 dígitos por línea), cuya lectura requiere fundamentalmente movimientos sacádicos horizontales. En esta lámina, se contabilizan los mismos parámetros que en las láminas A y B.

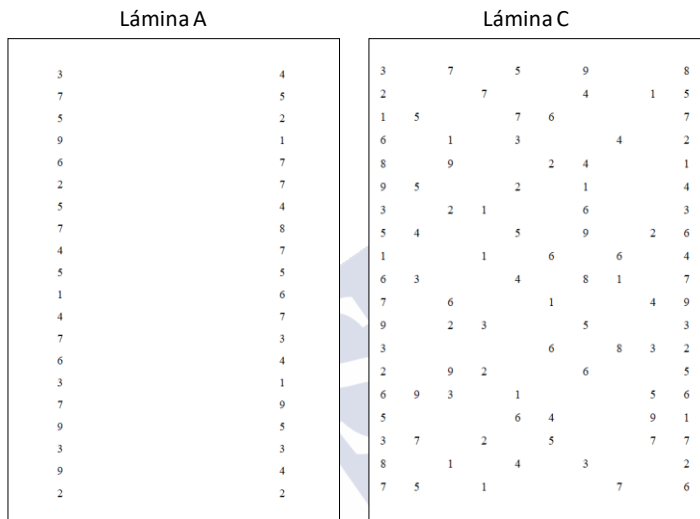


Figura 7: Ejemplo de test DEM, láminas A y C, en donde se indica la distribución de las cifras. La lámina B es similar a la lámina A.

Los resultados obtenidos al pasar este test se han cuantificado calculando los Movimientos Sacádicos Horizontales, los Movimientos Sacádicos Verticales, y la Ratio de Movimientos Sacádicos. A continuación, se presenta la forma en que se han cuantificado los resultados del este test y las variables a las que se han asignado:

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Movimientos Sacádicos Horizontales (DEM-H, seg.):

$$\text{DEM-H (seg.)} = (\text{TTC} \times 80) / (80 + \text{Omisiones} + \text{Adiciones})$$

TTC: tiempo total que tarda en leer la lámina C en segundos

Omisiones: se asigna 1 seg a cada omisión

Adiciones: se asigna 1 seg a cada adición

Movimientos Sacádicos Verticales (DEM-V, seg):

$$\text{DEM-V} = \text{TTA} + \text{TTB}$$

TTA: tiempo total que tarda en leer la lámina A en segundos

TTB: tiempo total que tarda en leer la lámina B en segundos

Ratio de Movimientos Sacádicos DEM (DEM-R):

$$\text{DEM-R} = (\text{DEM-H}) / (\text{DEM-V})$$

DEM-H: Tiempo Ajustado Horizontal en segundos

DEM-V: Tiempo Ajustado Vertical en segundos

3.3.5 Test Reversal

Es un test que permite evaluar la discriminación y la memoria visual. Está basado en detectar la comparación de la orientación y direccionalidad de letras y cifras. Se puede presentar de forma colectiva y consiste en láminas que contienen filas y columnas de letras y cifras (Figura 8). Tiene dos modalidades, modalidad I y modalidad II.

En la modalidad I, se le presenta al sujeto una lámina con 20 filas y cinco columnas de letras/cifras. Se le pide que seleccione en cada fila cuál de las letras/cifras figura en las cuatro columnas de la derecha que es igual a la letra/cifra que figura en la columna de la izquierda. Este test permite evaluar la discriminación visual. No hay límite de tiempo para realizar la prueba que en nuestro estudio, se practicó en grupo. A continuación, se presenta la forma en que se ha cuantificado la Discriminación Visual y la variable a la que se ha asignado:

Discriminación Visual (TREV-D):

$$\text{TREV-D} = \text{Número de aciertos} - \text{Número de errores}$$

En la modalidad II, se le presenta al sujeto una lámina con dos grupos de letras/cifras orientadas correcta e incorrectamente. El primer grupo tiene 23 parejas de letras/cifras y el sujeto debe identificar la que tiene una orientación correcta. El segundo grupo contiene 46 letras/cifras individuales y el sujeto tiene que identificar la que tiene

Ana Paula Pinto de Azevedo

una orientación correcta; los dos grupos suman 69 grupos de letras, que en nuestro estudio, se practicó en su modalidad grupal. No hay límite de tiempo para realizar la prueba y se hizo en grupo. A continuación, se presenta la forma en que se ha cuantificado la Memoria Visual y la variable a la que se ha asignado:

Memoria Visual (TREV-M):

TREV-M = Número de aciertos - (Omisiones + Errores)

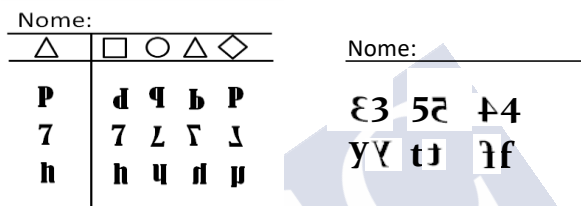


Figura 8: Ejemplo de un fragmento del test Reversal, modalidad I (izquierda) y modalidad II (derecha).

3.3.6 Test de Toulouse-Piéron

El test de Toulouse-Piéron es un test que tiene el objetivo de medir las aptitudes perceptivas y atencionales. Por sus características, se trata de una tarea que exige gran concentración y resistencia a la monotonía. Permite evaluar la “exactitud atencional” (capacidad de atención sostenida de concentración), la “resistencia a la fatiga atencional” y el “poder de ejecución” (capacidad de realización del trabajo). Este test fue creado en 1904 (Amaral 1967) y es un examen de atención de los más conocidos y utilizados. Se inspiró en el test de Bourdon, de 1895, que consistía en identificar las letras “a”, “e” y “r” en un texto previamente preparado. Sin embargo, en el año 2013 apareció una versión revisada del Toulouse-Piéron original, pasando a ser llamado TP-R Toulouse-Piéron Revisado (Toulouse y Piéron 2013). Se ha elegido el test Toulouse-Piéron y no los test de las Pistas, y el test Strop, porque estos test evalúan las funciones ejecutivas y de atención dividida, y nuestro objetivo era evaluar la percepción

3. MATERIAL Y MÉTODOS

espacial relacionada con la atención visual selectiva. El test de Cancelación es una adaptación del test Toulouse-Piéron.

El test se presenta en una hoja blanca de papel, de tamaño A4, con una superficie de impresión de 19.5 cm por 29.7 cm, en la que hay 40 líneas con 40 pequeños cuadrados en cada línea. Cada cuadrado mide 1.25 mm de lado y tiene un pequeño trazo de 1.25 mm en un vértice o un lado, orientado hacia la parte exterior. Los cuadrados se distinguen por la orientación de los trazos, o sea, cada pequeño cuadrado o trazo puede tener ocho orientaciones (Figura 9). En cada línea hay cinco de los ocho tipos de cuadrados colocados aleatoriamente. El sujeto tiene que marcar, lo más rápido posible, en un intervalo de tiempo de 10 minutos, dos, tres o cuatro cuadrados (modelo de dos o más señales), de los ocho tipos posibles, conforme al modelo que se esté aplicando. En este estudio, se utilizó el modelo Toulouse-Piéron Revisado en aplicación colectiva, pidiendo a cada sujeto que examinase la lámina de arriba abajo y de izquierda a derecha, e intentando no dejar ningún cuadrado sin identificar. Aunque este ha sido el test utilizado en nuestro estudio, para facilitar la lectura se utilizará el nombre de Toulouse-Piéron en todo este trabajo. Durante la administración de la prueba, si el sujeto se equivocaba, se le pedía que dibujase un círculo alrededor del cuadrado, y que continuase el test inmediatamente. Cada minuto, el examinador pronunciaba la palabra “Cruz” y el sujeto debía hacer una cruz en el intervalo de cuadrados donde se encontrase en ese momento, continuando seguidamente la prueba. Al final de los 10 minutos, el examinador pronunciaba la palabra “Acabar” y en ese momento terminaba el test. Para el presente estudio, el test se ha realizado en una sala adecuadamente iluminada y todos los individuos permanecieron sentados, tranquilos y separados durante la realización de la prueba.

Test de Toulouse Pieron

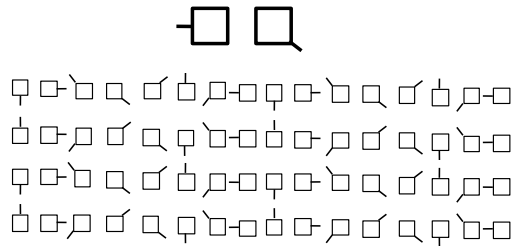


Figura 9: Muestra del test de Toulouse-Piéron.

Para cuantificar los resultados de este test, se considera el total de los cuadrados correctamente marcados como respuestas correctas, las no señaladas como omisiones y los mal marcados, como errores. Transcurridos los 10 minutos que dura el test, se valoran tres parámetros, la Exactitud Atencional (o capacidad de concentración), la Resistencia a la Atención y la Velocidad en la Atención. A continuación, se presenta la forma en que se ha cuantificaron estas mediciones y las variables a las que se han asignado:

Exactitud Atencional (TOUL-E):

$$\text{TOUL-E} = [(\text{Omisiones} + \text{Errores}) / \text{Correctas}] \times 100$$

Omisiones: número de omisiones

Errores: número de errores

Correctas: número de respuestas correctas

Resistencia a la Atención (TOUL-R):

$$\text{TOUL-R} = \text{Correctos} - (\text{Omisiones} + \text{Errores})$$

Omisiones: número de omisiones

Errores: número de errores

Correctas: número de respuestas correctas

Velocidad en la Atención (TOUL-V):

$$\text{TOUL-V} = \text{Correctos}$$

Correctas: número de respuestas correctas

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.3.7 Test de Wilkins

El test de Wilkins es un examen de velocidad de lectura en el que se determina el número de palabras leídas en un minuto. Para su ejecución, se les solicita a los sujetos que lean un conjunto de palabras que se asemejan a un texto en prosa, pero en realidad es un conjunto de palabras colocadas aleatoriamente (Figura 10). La lectura no está sujeta a restricciones semánticas ni sintácticas, pero requiere todos los procesos visuales y viso-perceptuales usados habitualmente. En este examen, la capacidad de lectura es evaluada en términos de rapidez y errores, y no en la dificultad de las palabras leídas. Todas las palabras tienen un alto índice de frecuencia en la lengua materna y deben ser conocidas por los niños a partir de los 7 años. La intención de este diseño consiste en proporcionar un patrón de franjas en un texto, con el propósito de provocar incomodidad visual y obtener una medida de la velocidad de lectura basada en factores visuales y oculomotores (Wilkins et al. 1996).

Este test se realiza en una sala con ambiente tranquilo y con buenas condiciones de iluminación. En estas condiciones, durante un minuto el sujeto debe leer lo más rápido posible el mayor número de palabras. Para el cálculo de la Velocidad en la Lectura, se restan las palabras leídas de forma incorrecta del número total de palabras leídas de la siguiente forma asignándose a la variable indicada:

Velocidad en la Lectura (WILK-V):

$WILK-V = \text{Palabras totales} - \text{Palabras incorrectas}$

Palabras totales: número de palabras leídas en 1 min.

Palabras incorrectas: número de palabras leídas incorrectamente en 1 min.

mãe dia gato bola com teu muito não para casa de viu ver vai cão
para gato cão não bola ver mãe teu muito de com viu vai dia casa
ver casa vai cão com viu não mãe dia gato bola teu de para muito
casa não dia viu de teu mãe ver cão gato para muito com bola vai

Figura 10: Ejemplo de texto utilizado en el test de Wilkins.

3.3.8 Prueba de Eficacia Lectora

La Prueba de Eficacia Lectora es una adaptación del examen de Lobrot L3 (Lobrot 1983), de origen francés, y muy utilizado entre los investigadores clínicos francófonos en la evaluación de la competencia de lectura (Sucena y Castro, 2010). Permite establecer si el nivel de lectura de un determinado niño coincide con el nivel de lectura adecuado para su edad cronológica. Este test consiste en presentar frases aisladas incompletas (Figura 11) y la tarea del niño consiste en completar cada frase, seleccionando la palabra correcta de entre cinco posibilidades. Para realizar este test, el niño necesita recurrir a las competencias de descodificación y de comprensión, esenciales en la tarea de lectura. Este test puede ser realizado colectivamente y el tiempo de realización de la misma es de 5 minutos (Lobrot 1983; Gough y Hillinger 1980; Morais 1997).

1. Pega na saca e vai-me comprar (artes, laranjas, sombras, lâminas, lavatorios).
2. Não comas já o bolo porque ainda está (mente, lento, quente, bom, doce).
3. Todos os cães têm quatro (bocas, patas, pinças, pêras, orelhas).
4. Ele ligou o rádio e ouviu as (noticias, delicias, natas, noites, nervuras).
5. Ele fugiu a correr porque viu um (lot, porco, lago, lado, lobo).
6. Esu gostava de ir para a praia e tomar banho no (nenúfar, mar, mar, morto, muro).
7. A estação é no meio da (piedade, cidade, seriedade, tarde, vontade).

Figura 11: Ejemplo del test de Prueba de Eficacia Lectora.

La Prueba de Eficacia Lectora tiene una versión en portugués que se utiliza para evaluar niños con dificultades de aprendizaje, tratándose de un examen que puede servir de base para un primer diagnóstico de las dificultades de lectura/dislexia. Se presenta en una página con 36 frases cuya extensión aumenta progresivamente. Cada frase termina abruptamente, debiendo el niño seleccionar de entre una de las cinco opciones que se le presentan, la palabra que completa el final de la frase.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

La Prueba de Eficacia Lectora está concebida para realizarse colectivamente. Debe ser presentada a los niños como un juego de frases que necesitan ser completadas y se les pide que marquen la respuesta correcta. A continuación, se presenta la forma en que se han cuantificado los resultados de este test y las variables a las que se han asignado:

Eficacia en la Lectura (PEL-E):

$PEL-E = (Correctas - Errores) / Correctas$

Correctas: Número de respuestas correctas

Errores: número de errores

Aciertos en la Lectura (PEL-A):

$PEL-A = Correctas - Errores$

Correctas: Número de respuestas correctas

Errores: número de errores

Velocidad en la Lectura (PEL-V):

$PEL-V = \text{Número de frases completadas correctamente} / 36$

3.3.9 Protocolo de Realización de los Diferentes Test

Se han presentado los test a los 35 sujetos bajo las cuatro condiciones experimentales descritas anteriormente. La colocación de monturas y lentes se realizó de tal forma que los sujetos ignoraban el tipo de lente que se les colocaba. La realización de los test se hizo en la forma que se describe a continuación:

a) *Condición Basal*. En este caso, se han pasado los test a los 35 niños, sin colocarles ningún tipo de montura ni lente. Los test de Ala de Maddox, Punto Próximo de Convergencia, Titmus, DEM y Wilkins se han pasado de forma individual. Para esto, el niño se colocaba sentado en una mesa, acompañado sólo del observador, con luz suficiente para visualizar correctamente los test, y en completo silencio. En estas condiciones, se le explicaba a cada niño en lo que consistía cada uno de los test que se le iban a pasar. Los test Reversal, Toulouse-Piéron y la Prueba de Eficacia Lectora se pasaron de forma colectiva, primero en un grupo de 15 niños y, a continuación, en un grupo de 20 niños. Para esto, se colocaron los niños en su propia aula del colegio, sentados individualmente. Previo al paso del test, se les

daban las instrucciones oportunas para cada test. Se pasaron todos los test en el mismo día, en el orden mencionado. Entre cada test se realizó una pausa de 10 minutos.

b) *Condición Placebo*. Una vez realizados los test en Condición Basal, se procedió a realizar los mismos test con los mismos 35 niños, colocándoles una montura y una lente neutra en cada ojo para valorar el posible efecto placebo de la utilización de una montura con lentes. Se realizaron los mismos test y en la misma forma como se ha indicado para la Condición Basal. Los test de Ala de Maddox, PPC, Titmus, DEM y Wilkins se pasaron de forma individual, en las condiciones indicadas anteriormente. Los test Reversal, Toulouse-Piéron y la Prueba de Eficacia Lectora se pasaron en grupos de 5 a 10 niños, colocados en una sala con condiciones de luz y silencio adecuadas. Se les explicó en qué consistía cada test antes de realizarlo. Se les colocaba la montura y las lentes neutras en el momento en que comenzaban a realizar el test y se les retiraban al terminar el test.

c) *Condición Prismas Simétricos*. En los mismos 35 sujetos, se utilizaron lentes de 1 dioptría prismática, con base superotemporal a 125° en el ojo derecho y de 1 dioptría prismática con base superotemporal a 55° en el ojo izquierdo. Los test se pasaron en la misma forma que en la Condición Placebo.

d) *Condición Prismas Asimétricos*. En los mismos 35 niños, se colocó una montura con lentes de diferentes dioptrías prismáticas (1 y 2 dioptrías) en el ojo derecho y en el ojo izquierdo. El prisma se colocó con base a 125° en el ojo derecho y con base a 55° en el ojo izquierdo. La decisión de en qué ojo se ponía cada prisma y qué potencia prismática se basó en los resultados del test del Punto Próximo de Convergencia, de tal forma que el prisma de mayor potencia se colocaba en el ojo que se desviaba antes al buscar el Punto Próximo de Convergencia.

Los test DEM y Wilkins se realizaron de forma individual. Los test Reversal, Toulouse-Piéron y la Prueba de Eficacia Lectora se realizaron de forma colectiva. En ambos casos las pruebas se realizaron en la misma forma indicada para la Condición Placebo. En esta condición no se han realizado los test que requerían de

3. MATERIAL Y MÉTODOS

alineamiento ocular simétrico (Ala de Maddox, Punto Próximo de Convergencia y Titmus).

3.3.10 Análisis Estadístico

3.3.10.1. Estudio 1

Correlaciones entre los resultados obtenidos en la Condición Basal. Se han realizado análisis de correlación entre las diferentes variables obtenidas con los sujetos en la Condición Basal (Estudio 1). Para esto, se ha calculado la correlación de Pearson entre pares de variables (bivariate) intercalares (Martins 2011). Para calcular las correlaciones entre las diferentes variables, se han excluido los “outliers” con valores absolutos mayores de 3.29 (mayor de 3 SD). Para estos cálculos, se ha utilizado el software SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Versión 23.0. Armonk, NY, IBM Corp.). Este software se adapta automáticamente al tipo de variable (discreta o continua). En la Tabla 7, se muestran los acrónimos de las variables utilizadas para calcular las correlaciones, el tipo de test al que corresponde cada variable y las unidades en que se han cuantificado. Los valores obtenidos en estas mediciones han servido para comparar la ejecución de cada uno de los sujetos en las distintas condiciones experimentales.

VARIABLE	Función cuantificada/TEST	UNIDADES
FORI-H	Forias Horizontales (Ala de Maddox)	Dioptrias prismáticas.
FORI-V	Forias verticales (Ala de Maddox)	Dioptrias prismáticas.
PPC	Punto próximo de convergencia	Centímetros
ESTER	Agudeza Visual Estereosc. (Titmus Test)	Segundos de arco
DEM-H	Mov. Sacádicos (Develop. Eye Mov.)	Segundos
DEM-V	Mov. Sacádicos (Develop. Eye Mov.)	Segundos
DEM-R	Mov. Sacádicos (Develop. Eye Mov.)	DEM-H / DEM-V
TREV-D	Discrimin. Visual (Test Reversal)	Aciertos-Errores
TREV-M	Memoria Visual (Test Reversal)	Aciertos-Errores-Omisiones
TOUL-E	Atención (Toulouse-Piéron)	% de Omis+Error respecto a Aciertos
TOUL-R	Atención (Toulouse-Piéron)	Aciertos-(Omisiones+Correctas)
TOUL-V	Atención (Toulouse-Piéron)	Correctas en 10 minutos
WILK-V	Lectura (Test de Wilkinson)	Numero palabras que lee en 1 min
PEL-E	Lectura (Prueba de Eficacia Lectora)	(Correctas-Errores) /Correctas
PEL-A	Lectura (Prueba de Eficacia Lectora)	Correctas - Errores
PEL-V	Lectura (Prueba de Eficacia Lectora)	Correctas en 5 minutos

Tabla 7: Resumen de las variables utilizadas para analizar la correlación entre las puntuaciones obtenidas, función que cuantifican y unidades en que se mide.

3.3.10.2. Estudio 2

Comparación entre los resultados obtenidos en la Condición Basal y en las demás Condiciones Experimentales (Condición Placebo, Condición Prismas Simétricos, y Condición Prismas Asimétricos). Para comprobar el posible efecto placebo que pudiese tener la colocación de una montura con lentes neutras, primero se ha realizado una comparación entre los resultados obtenidos en las condiciones Basal y Placebo. El uso de un placebo sirvió para evaluar la magnitud del efecto causado por los prismas, al comparar los resultados de cada uno de los sujetos entre la Condición Placebo, Condición Prismas Simétricos y Condición Prismas Asimétricos. Finalmente, para analizar el efecto diferencial de cada tipo de lentes prismáticas, comparamos las puntuaciones obtenidas en la Condición Prismas Simétricos y Condición Prismas Asimétricos. Para realizar todas estas comparaciones, se ha comprobado en primer lugar el tipo de distribución de los datos analizados, utilizando el test de normalidad de Kolmogrov-Smirnov y Shapiro-Wilks, (Martins 2011). Con estos test se observó que la distribución de los datos no era normal en la mayoría de los casos (Tabla 10). Por esta razón, se utilizó el test no paramétrico de Wilcoxon (Z) para realizar las comparaciones entre las diferentes condiciones experimentales. El nivel de significación

3. MATERIAL Y MÉTODOS

estadística se estableció para una $p < 0.05$. En este estudio, se cumplen los requisitos para la utilización de este test, ya que los datos son pareados y cada par es independiente de los demás. Este análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS, descrito anteriormente. En la Tabla 8, se indican los parámetros y condiciones experimentales que se han comparado.

CONDICION BASAL	LENTE NEUTRAS	LENTE PRISMÁTICAS SIMÉTRICAS	LENTE PRISMÁTICAS ASIMÉTRICAS
FORI-H-exo	FORI-H-exo	FORI-H-exo	--
FORI-V	FORI-V	FORI-V	--
PPC	PPC	PPC	--
ESTER	ESTER	ESTER	--
DEM-H	DEM-H	DEM-H	DEM-H
DEM-V	DEM-V	DEM-V	DEM-V
DEM-R	DEM-R	DEM-R	DEM-R
TREV-D	TREV-D	TREV-D	TREV-D
TREV-M	TREV-M	TREV-M	TREV-M
TOUL-E	TOUL-E	TOUL-E	TOUL-E
TOU-R	TOU-R	TOU-R	TOU-R
TOU-V	TOU-V	TOU-V	TOU-V
WILK-V	WILK-V	WILK-V	WILK-V
PEL-E	PEL-E	PEL-E	PEL-E
PEL-A	PEL-A	PEL-A	PEL-A
PEL-V	PEL-V	PEL-V	PEL-V

Tabla 8: Variables que se han comparado estadísticamente.



4. RESULTADOS

4.1 FORIAS

Tan solo 8 de los 35 sujetos explorados en este estudio (22%) mostraron anomalías en la evaluación con el Ala de Madox. Tres casos presentaron exoforia, uno foria vertical y dos exoforia horizontal y vertical combinadas. El resto, 27 sujetos, no presentaron ningún tipo de foria. Dada la variabilidad observada en el tipo de forias, se decidió eliminar esta variable del estudio, ya que el tratamiento estadístico de tan pocos casos no es representativo para poder establecer conclusiones fiables.

4.2 ESTUDIO 1: CORRELACIONES ENTRE RESULTADOS EN CONDICIÓN BASAL

Para determinar la posible correlación entre los distintos test y funciones exploradas, se ha evaluado la relación estadística entre las puntuaciones obtenidas en cada variable analizada mediante el test de Pearson. Con este test, se ha determinado la correlación tomando dos variables de un mismo sujeto y utilizando el mayor número de sujetos en los que estas dos variables han sido medidas (típicamente $n=35$; en cuatro $n=34$ porque uno de los niños no acudió a realizarlo). Todas las puntuaciones comparadas en este apartado se han obtenido en Condición Basal, es decir, el sujeto fue evaluado sin ningún tipo de corrección óptica ni montura de pruebas. En la Tabla 9, se muestra la matriz de correlación para todas las variables exploradas, indicando el tipo de correlación que hemos observado entre ellas. Se asume una correlación estadísticamente significativa cuando $p<0.05$. También se indica si la correlación estadísticamente significativa es positiva (P) o negativa (N).

		INFORMACION SENSORIAL Y PROPIOCEPTIVA					PERCECION VISUAL		ATENCIÓN			LECTURA
		PPC	ESTER	DEM-H	DEM-V	DEM-R	TREV-D	TREV-M	TOUL-E	TOUL-R	TOUL-V	WILK
INFORMACION SENSORIAL Y PROPIOCEPTIVA	PPC											
	ESTER	P										
	DEM-H	ns	ns									
	DEM-V	ns	ns	P								
	DEM-R	ns	ns	ns	ns							
PERCECION VISUAL	TREV-D	ns	ns	ns	ns							
	TREV-M	ns	ns	N	N	ns						
ATENCIÓN	TOUL-E	ns	ns	ns	ns	ns	N	N				
	TOUL-R	ns	ns	ns	ns	ns	ns	P	-			
	TOUL-V	ns	ns	N	ns	ns	ns	P	-	-		
LECTURA	WILK-V	ns	ns	N	N	ns	ns	P	ns	P	P	
	PEL-E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	P	ns	P	ns	P
	PEL-A	ns	ns	N	N	ns	ns	P	ns	P	P	P
	PEL-V	ns	ns	ns	N	ns	ns	ns	ns	ns	ns	P

Tabla 9: Matriz de interacción entre las variables evaluadas en Condición Basal: P indica una correlación positiva significativa, la N correlación negativa significativa y el ns indica que no hay correlación significativa entre ambas variables.

A continuación, se describen estas correlaciones, pero sólo en los casos en que fueron estadísticamente significativas.

4.2.1 Punto Próximo de Convergencia (PPC)

Para la variable PPC sólo se ha observado una correlación significativa (n=34, r=0.378, p<0.05) con la agudeza estereoscópica (ESTER, test Titmus). Esta correlación ha sido positiva (Gráfico 1). No hemos observado ningún tipo de correlación con ninguno de los datos obtenidos en los restantes test.

4. RESULTADOS

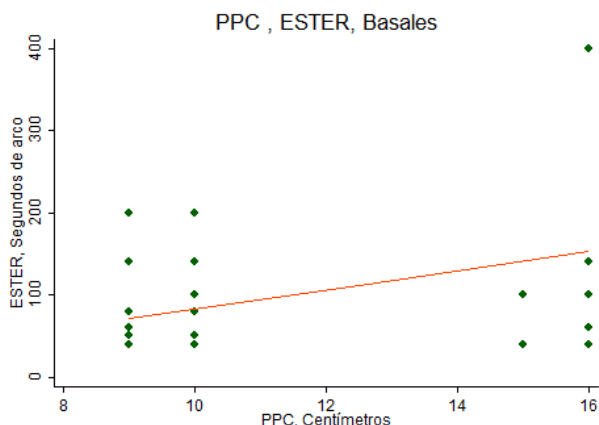


Gráfico 1: Correlación entre las variables PPC y ESTER en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto, pero en algunos casos coincide más de un sujeto por punto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.2 Test Developmental Eye Movement (DEM)

4.2.2.1 Movimientos Sacádicos Horizontales (DEM-H)

Se ha observado una correlación significativa positiva entre las variables movimientos sacádicos horizontales (DEM-H) y movimientos sacádicos verticales (DEM-V) ($n=34$, $r=0.479$, $p<0.01$, Gráfico 2). Por el contrario, la correlación ha sido negativa entre la variable DEM-H y la variable memoria visual del test Reversal (TREV-M, $n=34$, $r=-0.650$, $p<0.01$, Gráfico 3), la velocidad en la atención del test Toulouse-Piéron (TOUL-V, $n=34$, $r=-0.419$, $p<0.05$, Gráfico 4), la velocidad en la lectura del test Wilkins (WILK-V, $n=34$, $r=-0.512$, $p<0.001$, Gráfico 5), y el número de aciertos en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-A, $n=34$, $r=-0.691$, $p<0.05$, Gráfico 6). No hemos observado ningún tipo de correlación significativa con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

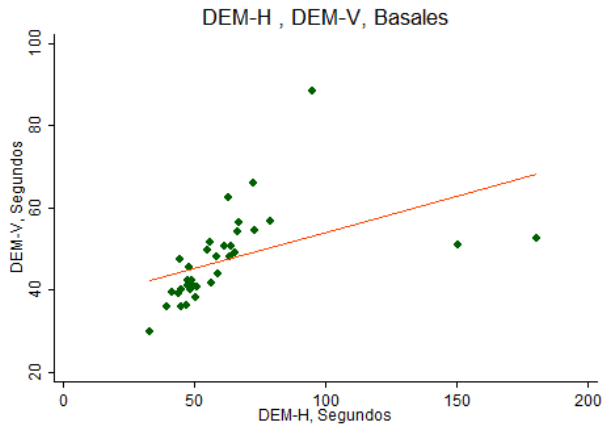


Gráfico 2: Relación entre las variables DEM-H y DEM-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

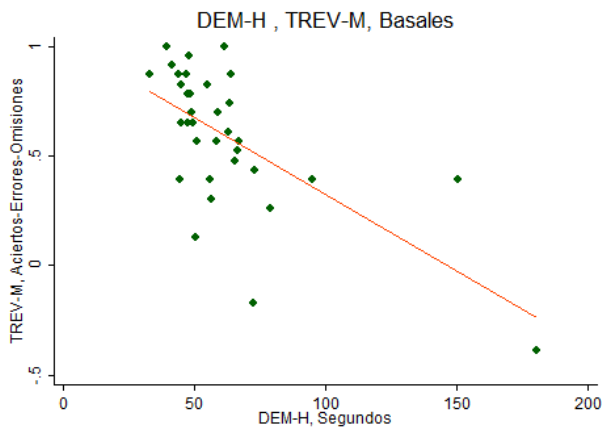


Gráfico 3: Relación entre las variables DEM-H y TREV-M en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4. RESULTADOS

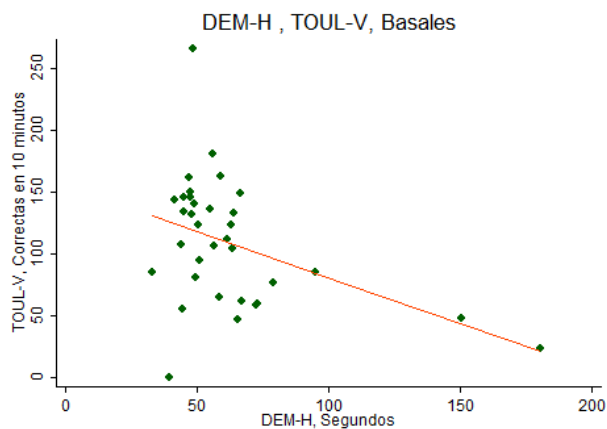


Gráfico 4: Relación entre las variables DEM-H y TOUL-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

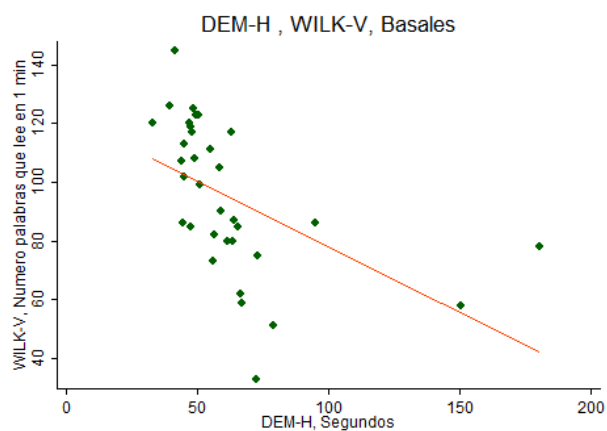


Gráfico 5: Relación entre las variables DEM-H y WILK-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

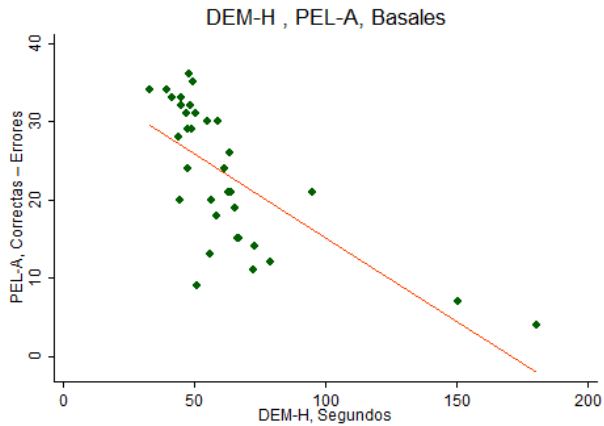


Gráfico 6: Relación entre las variables DEM-H y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.2.2 Movimientos Sacádicos Verticales (DEM-V)

Los resultados de la variable movimientos sacádicos verticales del test DEM (DEM-V) han mostrado una correlación significativa negativa con la variable memoria visual del test Reversal (TREV-M, $n=34$, $r=-0.442$, $p<0.01$, Gráfico 7), la velocidad en la lectura del test Wilkins (WILK-V, $n=35$, $r=-0.579$, $p<0.001$, Gráfico 8), el número de aciertos en la lectura en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-A, $n=34$, $r=-0.542$, $p<0.001$, Gráfico 9), y la velocidad en la lectura en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-V, $n=34$, $r=-0.446$, $p<0.05$, Gráfico 10). No hemos observado ningún tipo de correlación con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

4. RESULTADOS

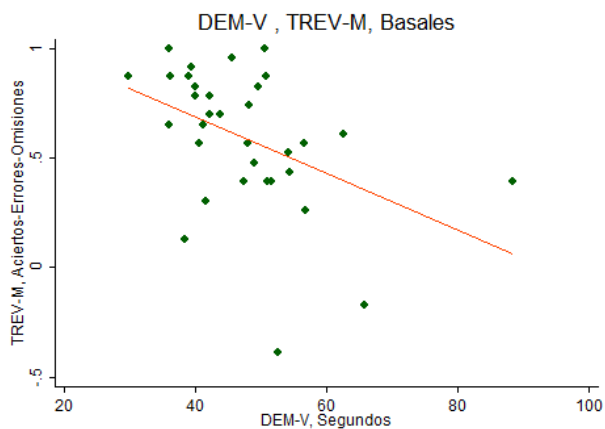


Gráfico 7: Relación entre las variables DEM-V y TREV-M en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

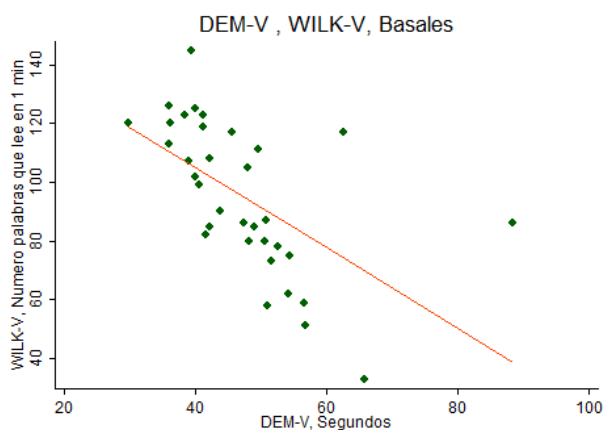


Gráfico 8: Relación entre las variables DEM-V y WILK-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

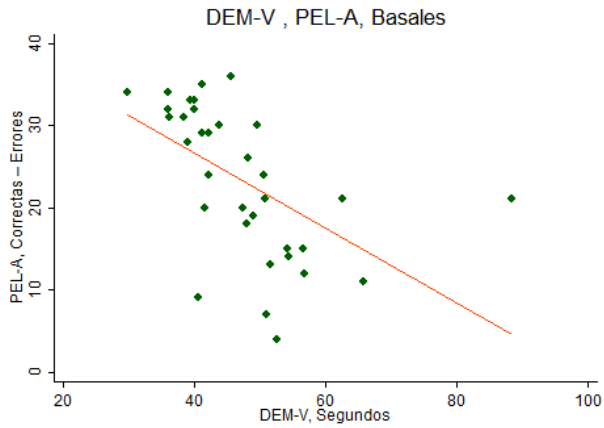


Gráfico 9: Relación entre las variables DEM-V y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

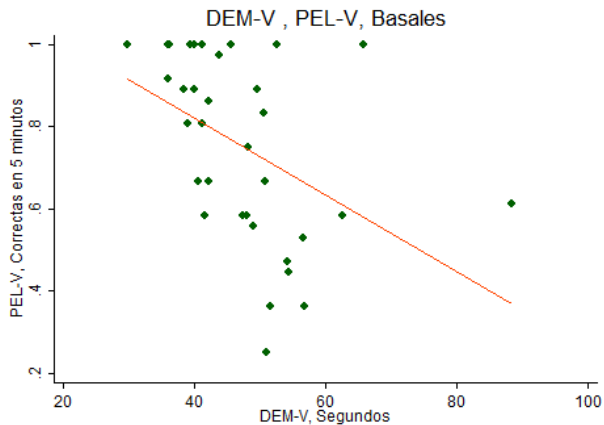


Gráfico 10: Relación entre las variables DEM-V y PEL-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.2.3 Ratio de los Movimientos Sacádicos (DEM-R)

No hemos encontrado ningún tipo de correlación entre la variable ratio de movimientos sacádicos (DEM-R) y el resto de las variables analizadas.

4.2.3 Test Reversal (TREV)

4.2.3.1 Discriminación Visual (TREV-D)

Se ha observado una correlación significativa negativa entre la variable discriminación visual del test Reversal (TREV-D) y la exactitud atencional del test Toulouse-Piéron (TOUL-E, $n=34$, $r=-0.654$, $p<0.01$, Gráfico 11). No hemos observado ningún tipo de correlación significativa con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

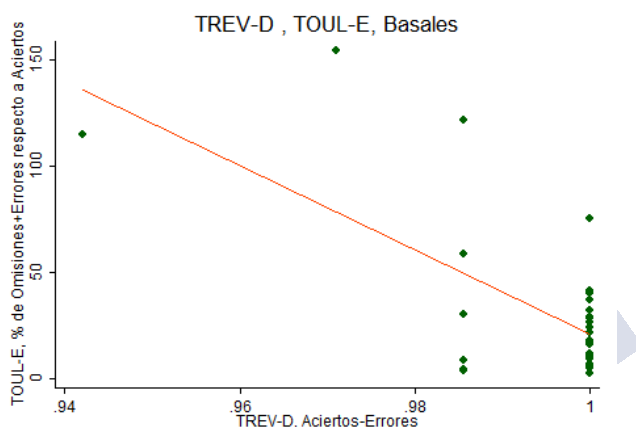


Gráfico 11: Relación entre las variables TREV-D y TOUL-E en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.3.2 Memoria Visual (TREV-M)

La variable memoria visual del test Reversal (TREV-M) ha mostrado una correlación significativa negativa con la variable exactitud atencional del test de Toulouse-Piéron (TOUL-E, $n=34$, $r=-0.456$, $p<0.005$, Gráfico 12). Adicionalmente, la variable TREV-M ha mostrado una correlación significativa positiva con la variable resistencia a la atención test de Toulouse-Piéron (TOUL-R, $n=35$, $r=0.474$, $p<0.01$, Gráfico 13), la variable velocidad en la atención del test de Toulouse-Péron (TOUL-V, $n=35$, $r=0.364$, $p<0.05$, Gráfico 14), la variable velocidad en la lectura del test Wilkins (WILK-V, $n=35$, $r=0.429$, $p<0.05$, Gráfico 15), la variable eficacia en la lectura de la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-E, $n=35$, $r=0.391$, $p<0.001$, Gráfico 16), y con el número de aciertos en la lectura de esta misma prueba (PEL-A, $n=35$, $r=0.659$, $p<0.001$, Gráfico 17).

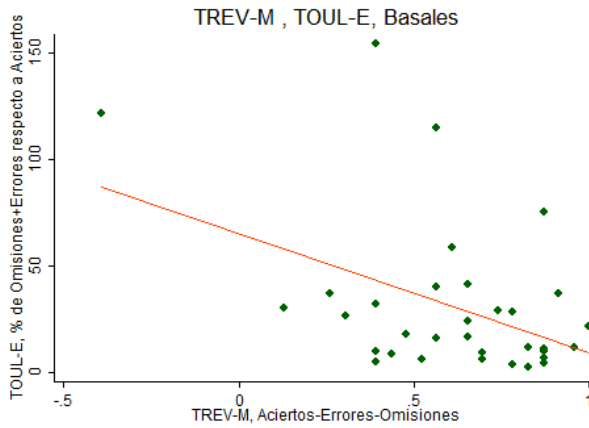


Gráfico 12: Relación entre las variables TREV-M y TOUL-E en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

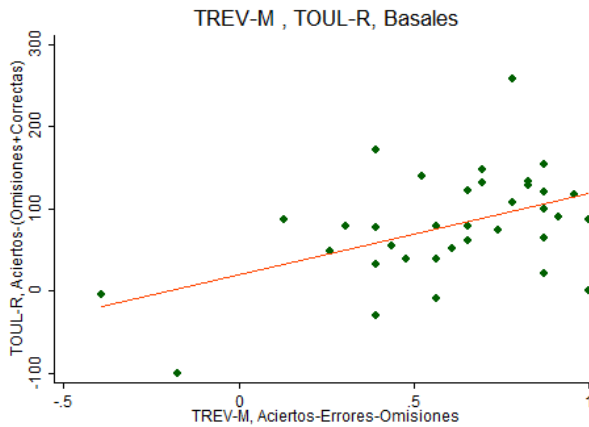


Gráfico 13: Relación entre las variables TREV-M y TOUL-R en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4. RESULTADOS

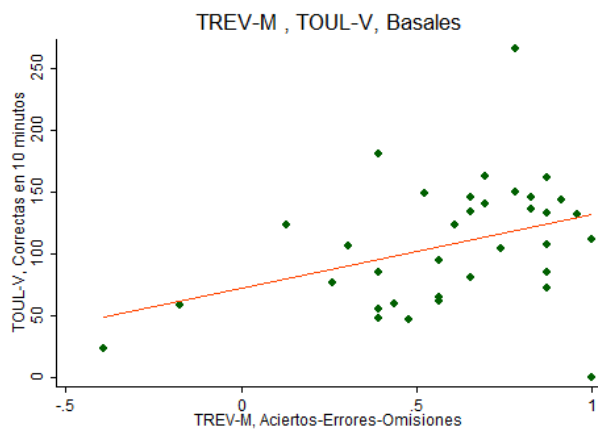


Gráfico 14: Relación entre las variables TREV-M y TOUL-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

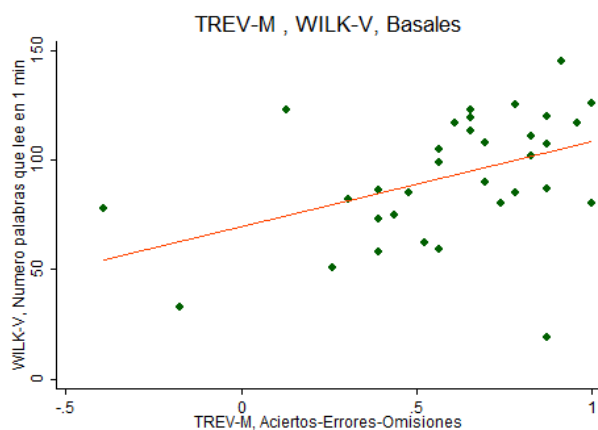


Gráfico 15: Relación entre las variables TREV-M y WILK-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

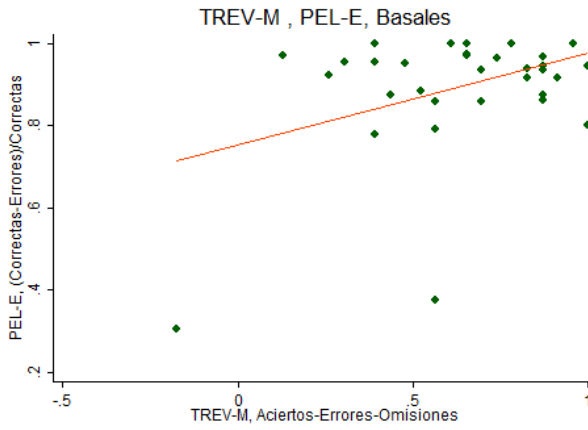


Gráfico 16: Relación entre las variables TREV-M y PEL-E en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

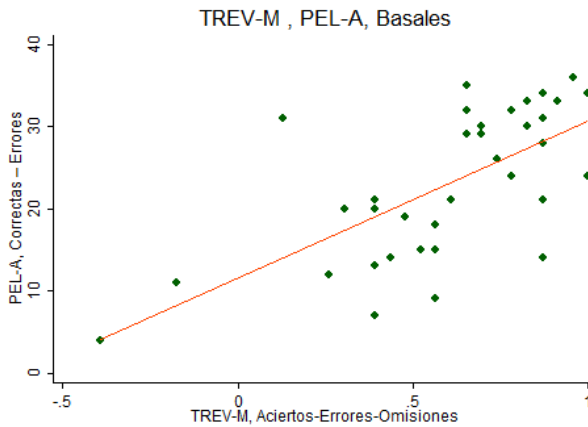


Gráfico 17: Relación entre las variables TREV-M y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.4 Test Toulouse-Piéron

4.2.4.1 Exactitud Atencional (TOUL-E)

La variable TOUL-E (exactitud atencional) no muestra correlación con el resto de variables exploradas, incluidas la velocidad de lectura del test Wilkins (Wilk-V) y las distintas variables de la Prueba de Eficacia Lectora.

4.2.4.2 Resistencia a la Atención (TOUL-R)

La variable resistencia a la atención del test Toulouse-Piéron (TOUL-R) ha mostrado una correlación significativa positiva con la variable velocidad del test Wilkins (WILK-V, $n=35$, $r=0.371$, $p<0.05$, Gráfico 18), la variable eficacia en la lectura de la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-E, $n=34$, $r=0.431$, $p<0.001$, Gráfico 19), y con el número de aciertos en la lectura de este mismo test (PEL-A, $n=35$, $r=0.414$, $p<0.05$, Gráfico 20). No hemos observado ningún tipo de correlación con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

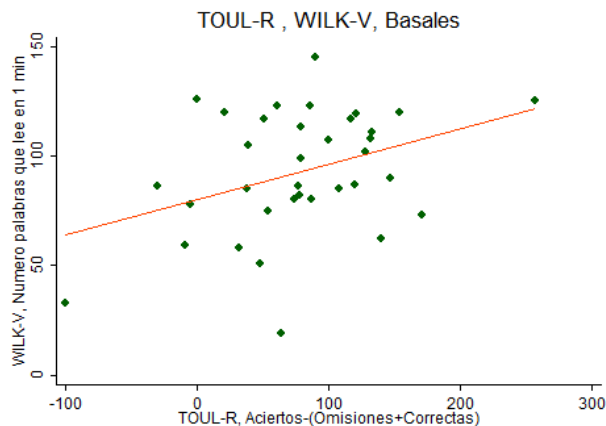


Gráfico 18: Relación entre las variables TOUL-R y WILK-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

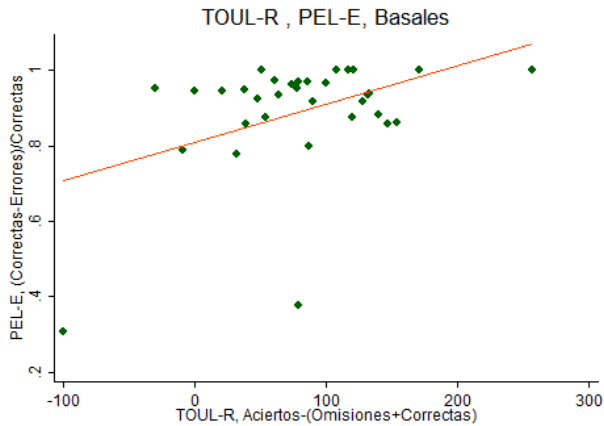


Gráfico 19: Relación entre las variables TOUL-R y PEL-E en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

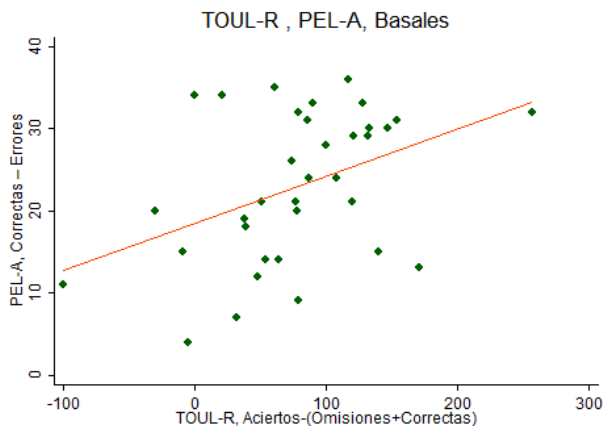


Gráfico 20: Relación entre las variables TOUL-R y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.4.3 Velocidad en la Atención (TOUL-V)

Los resultados de la variable velocidad en la atención del test Toulouse-Piéron (TOUL-V) ha mostrado una correlación significativa positiva con la velocidad en la lectura del test Wilkins (WILK-V, n=35, r=0.353, p<0.001, Gráfico 21), y el número de aciertos en la lectura en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-A, n=35, r=0.435, p<0.01, Gráfico 22).

4. RESULTADOS

No hemos observado ningún tipo de correlación con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

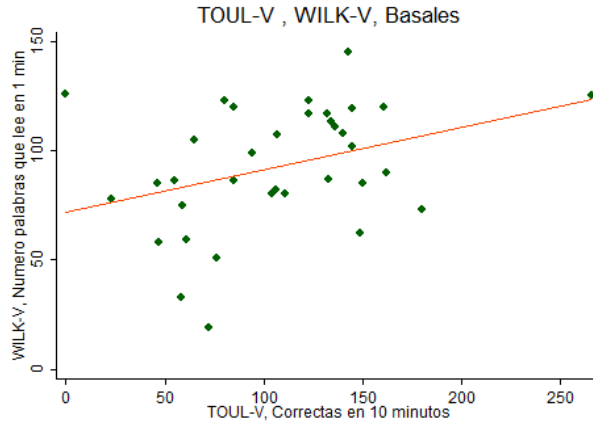


Gráfico 21: Relación entre las variables TOUL-V y WILK-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

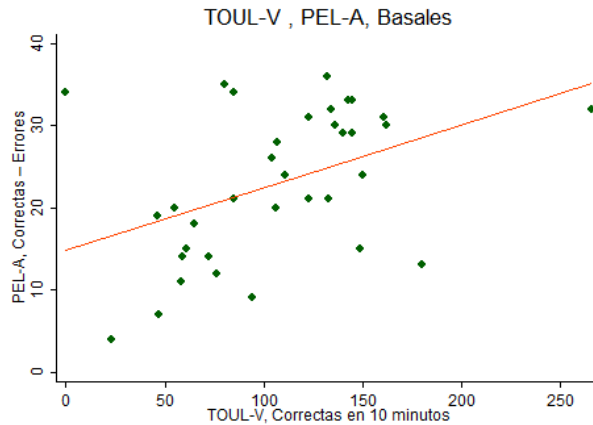


Gráfico 22: Relación entre las variables TOUL-V y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.2.5 Test Wilkins (WILK-V)

La variable velocidad en la lectura del test de Wilkins (WILK-V) presentan una correlación significativa positiva con todas las variables de la Prueba de Eficacia Lectora: eficacia en la lectura (PEL-E, $n=34$, $r=0.380$, $p<0.05$). Gráfico 23), número de aciertos en la lectura (PEL-A, $n=35$, $r=0.772$, $p<0.001$, Gráfico 24), y velocidad en la lectura (PEL-V, $n=35$, $r=0.618$, $p<0.001$, Gráfico 25). No hemos observado ningún tipo de correlación con los datos obtenidos en ninguno de los restantes test.

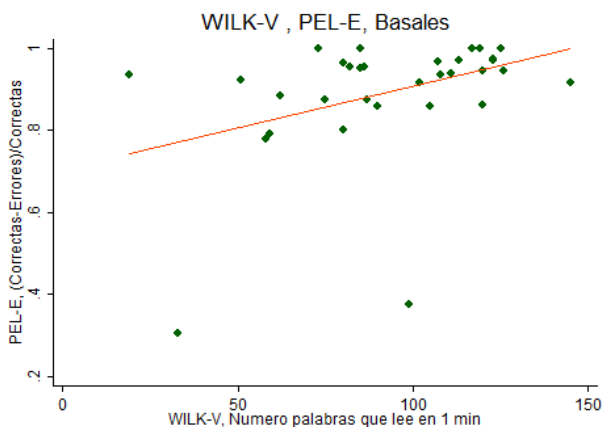


Gráfico 23: Relación entre las variables WILK-V y PEL-E en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

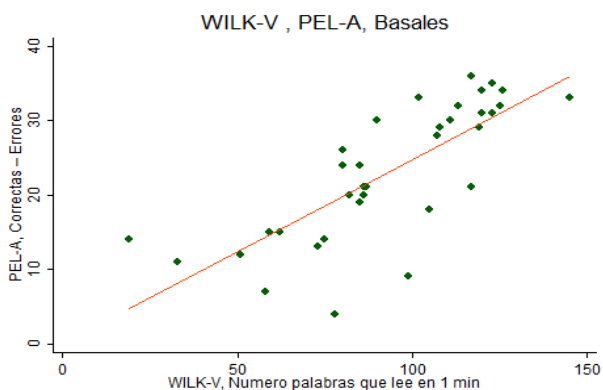


Gráfico 24: Relación entre las variables WILK-V y PEL-A en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

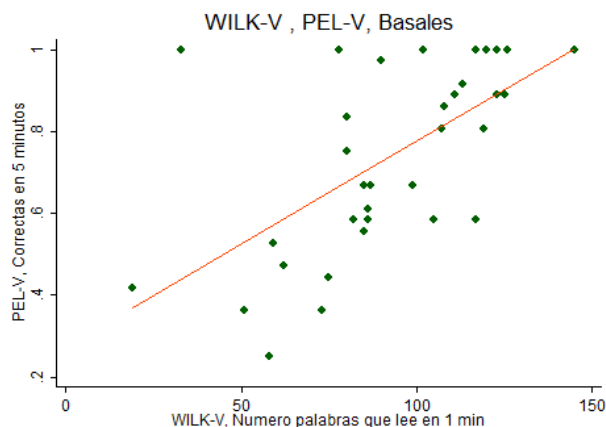


Gráfico 25: Relación entre las variables WILK-V y PEL-V en Condición Basal. Cada punto representa un sujeto. La línea roja representa la recta de regresión.

4.3 ESTUDIO 2: EFECTO DE LAS LENTES PRISMÁTICAS

4.3.1 Análisis Estadístico

Como ya se ha indicado, en este estudio se realizaron comparaciones entre los resultados obtenidos por los mismos sujetos bajo cuatro condiciones experimentales: Condición Basal (sin ningún tipo de ayuda óptica), Condición Placebo (con montura y lentes neutras), Condición Prismas Simétricos (con montura y prismas de 1 dioptría en cada ojo) y Condición Prismas Asimétricos (con montura y un prisma de diferente potencia en cada ojo).

Los datos obtenidos en la Condición Basal se han analizado para comprobar su ajuste a la distribución normal utilizando los test de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks (Martins 2011), que se muestran en la Tabla 10. Se ha considerado que la distribución de datos no se ajustaba a la normalidad cuando ambas pruebas estadísticas tenían un valor de $p < 0.05$. Como puede observarse, la mayor parte de las variables medidas en el Estudio 1 no se ajustaron a una distribución normal.

Test	KOLMOGOROV-SMIRNOV	SHAPIRO-WILKS
	p	p
PPC	0.000	0.000
ESTER	0.000	0.000
DEM-H	0.000	0.000
DEM-V	0.000	0.000
DEM-R	0.000	0.000
TREV-D	0.000	0.000
TREV-M	0.200	0.000
TOUL-E	0.000	0.000
TOUL-R*	0.200	0.480
TOUL-V*	0.200	0.090
WILK-V*	0.900	0.201
PEL-E	0.000	0.126
PEL-A*	0.062	0.444
PEL-V	0.004	0.500

Tabla 10: Test de normalidad aplicados a las variables de este estudio, (n=35). El * indica que la distribución se ajusta a una distribución normal ($p > 0.05$) en ambos test.

Dada la presencia de no normalidad en la mayoría de los casos, hemos optado por utilizar un test estadístico no paramétrico. En este trabajo se ha utilizado el test no Paramétrico de Wilcoxon (Z) (Martins 2011) para comparar la ejecución de cada uno de los sujetos evaluados en las distintas pruebas y condiciones experimentales:

- Basal vs Placebo
- Placebo vs Prismas Simétricos
- Placebo vs Prismas Asimétricos
- Prismas Simétricos vs Prismas Asimétricos

El rechazo de la hipótesis nula ($p < 0.05$) (H_0 : No hay diferencias entre ambas condiciones) es indicativo de que hay diferencias significativas entre las dos variables analizadas.

4.3.2 Comparación entre Condición Basal y Placebo

La Tabla 11 muestra los valores obtenidos tras comparar los resultados en la Condición Basal con los resultados de la Condición Placebo. En esta comparación hemos observado que la puntuación de un gran número de variables se ve alterada en la Condición Placebo. Con la excepción de las variables ESTER, TREV-D y TOUL-V, todas las demás variables presentan una mejoría significativa tras la utilización de lentes neutras con montura (placebo).

4. RESULTADOS

Test	n	CONDICIÓN		Diferencia	
		BASAL Mediana	PLACEBO Mediana	Wilcoxon, p	Variación
PPC	31	10	9	0.009	Mejora
ESTER	31	60	50	ns	Ns
DEM-H	34	55.85	50.86	0.005	Mejora
DEM-V	34	47.26	45.92	0.035	Mejora
DEM-R	34	1.20	1.16	0.035	Mejora
TREV-D	35	0.988	0.990	ns	Ns
TREV-M	35	0.65	0.78	0.041	Mejora
TOUL-E	34	19.51	13.47	0.003	Mejora
TOUL-R	34	79	105	0.037	Mejora
TOUL-V	34	107	112.50	ns	Ns
WILK-V	35	90	102	0.016	Mejora
PEL-E	34	0.94	0.97	0.006	Mejora
PEL-A	34	24	29	0.035	Mejora
PEL-V	34	0.80	0.88	0.035	Mejora

Tabla 11: Resultados de las comparaciones realizadas entre la Condición Basal y la Condición Placebo. En cada test se muestra el número de niños (n) evaluado, el valor de la puntuación Mediana obtenida para las condiciones Basal y Placebo, y el valor p del test de Wilcoxon, comparando la puntuación en las dos condiciones. Sólo se muestran los valores de p cuando las diferencias son significativas.

4.3.3 Comparación entre Condición Placebo y Prismas

La Tabla 12 muestra los valores obtenidos tras comparar los resultados obtenidos bajo las condiciones Placebo y Prismas Simétricos. En este caso hemos observado que no se producen cambios significativos en ninguna de las variables evaluadas, con la excepción de la agudeza estereoscópica (ESTER), que presenta una mejoría significativa al colocar prismas simétricos con respecto a la Condición Placebo.

En la Tabla 13 se presentan los valores obtenidos tras la comparación realizada entre las condiciones Placebo y Prismas Asimétricos. En este caso hemos observado una mejoría significativa en todas las variables evaluadas, con la excepción del ratio de movimientos sacádicos (DEM-R).

Test	n	PLACEBO Mediana	PRISMAS SIMÉTRICOS Mediana	Diferencia Wilcoxon,	
				p	Variación
PPC	31	9	9	ns	Ns
ESTER	31	50	70	0.022	Mejora
DEM-H	34	50.86	51.67	ns	Ns
DEM-V	34	45.92	45.10	ns	Ns
DEM-R	34	1.16	1.13	ns	Ns
TREV-D	35	0.990	0.996	ns	Ns
TREV-M	35	0.78	0.78	ns	Ns
TOUL-E	34	13.47	15.85	ns	Ns
TOUL-R	34	105	94	ns	Ns
TOUL-V	34	112.50	117	ns	Ns
WILK-V	35	102	99	ns	Ns
PEL-E	34	0.97	0.97	ns	Ns
PEL-A	34	29	25	ns	ns
PEL-V	34	0.88	0.78	ns	ns

Tabla 12: Resultados de las comparaciones realizadas entre las condiciones Placebo y Prismas Simétricos. Para cada variable se muestra el número de niños evaluado (n), el valor de la puntuación (Mediana) obtenida en cada condición, y el valor p del test de Wilcoxon. Sólo se muestran los valores de p cuando las diferencias son significativas.

Test	n	PLACEBO Mediana	PRISMAS ASIMÉTRICOS Mediana	Diferencia Wilcoxon,	
				p	Variación
PPC	31	9	--	--	--
ESTER	31	50	--	--	--
DEM-H	34	50.86	47.70	0.001	Mejora
DEM-V	34	45.92	41.35	0.006	Mejora
DEM-R	34	1.16	1.14	Ns	ns
TREV-D	35	0.990	0.999	0.014	Mejora
TREV-M	35	0.78	0.87	0.000	Mejora
TOUL-E	34	13.47	5.76	0.000	Mejora
TOUL-R	34	105	126	0.000	Mejora
TOUL-V	34	112.50	127	0.038	Mejora
WILK-V	35	102	110	0.001	Mejora
PEL-E	34	0.97	1	0.014	Mejora
PEL-A	34	29	30	0.001	Mejora
PEL-V	34	0.88	0.86	0.024	Mejora

Tabla 13: Resultados de las comparaciones realizadas entre las condiciones Placebo y Prismas Asimétricos. Para cada condición, se muestra el número de niños (n) evaluado, la puntuación (Medianas) obtenida en las condiciones comparadas, y el valor p del test de Wilcoxon. Sólo se muestran los valores de p cuando las diferencias son significativas.

4. RESULTADOS

En la Tabla 14 se presentan los valores obtenidos tras la comparación entre las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos. En este caso hemos observado una mejoría significativa en todas las variables evaluadas, con la excepción del ratio de los movimientos sacádicos (DEM-R) y la variable eficacia en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-E).

Test	N	PRISMAS	PRISMAS	Diferencia	
		SIMÉTRICOS	ASIMÉTRICOS	Wilcoxon,	Variación
		Mediana	Mediana	p	
PPC	31	9	--	--	--
ESTER	31	70	--	--	--
DEM-H	34	51.67	47.70	0.000	Mejora
DEM-V	34	45.10	41.35	0.001	Mejora
DEM-R	34	1.13	1.14	ns	Ns
TREV-D	35	0.996	0.999	0.014	Mejora
TREV-M	35	0.78	0.87	0.000	Mejora
TOUL-E	34	15.85	5.76	0.000	Mejora
TOUL-R	34	94	126	0.001	Mejora
TOUL-V	34	117	127	0.036	Mejora
WILK-V	35	99	110	0.000	Mejora
PEL-E	34	0.97	1	ns	Ns
PEL-A	34	25	30	0.000	Mejora
PEL-V	34	0.78	0.86	0.001	Mejora

Tabla 14: Resultados de la comparación realizada entre las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos. Para cada variable, se muestra el número de niños (n) evaluado, el valor de la puntuación (Mediana) obtenida en las dos condiciones, y el valor p del test de Wilcoxon.

A continuación, se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada una de las pruebas.

4.3.3.1 Punto Próximo de Convergencia (PPC)

En la evaluación del efecto de las diferentes condiciones experimentales sobre el Punto Próximo de Convergencia (PPC), no se ha considerado la Condición Prismas Asimétricos por las razones que se han explicado en el apartado de “Métodos”. Sólo se ha evaluado la diferencia entre Condición Basal y Condición Placebo (Tabla 11) y entre Condición Placebo y Condición Prismas Simétricos (Tabla 12). En la primera comparación, el valor PPC disminuye (mejora) de forma significativa con la colocación de lentes neutras (Placebo). En la segunda comparación, no hemos observado diferencias significativas.

4.3.3.2 *Test Titmus (ESTER)*

En la evaluación del efecto de las diferentes condiciones experimentales sobre la estereopsis (ESTER), no se ha considerado la Condición Prismas Asimétricos por las razones que se han explicado en el apartado de “Métodos”. La comparación entre la Condición Basal y la Condición Placebo no mostró diferencias significativas (Tabla 11), mientras que sí se observó mejoría en las puntuaciones obtenidas cuando se comparó la Condición Placebo con la Condición Prismas Simétricos (Tabla 12).

4.3.3.3 *Developmental Eye Movement (DEM)*

Para los tres componentes del test DEM, se han realizado comparaciones entre condiciones Basal y Placebo (Tabla 11), Placebo y las dos condiciones con prismas (Tablas 12 y 13), y entre las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos (Tabla 14). La variable DEM-H presentó un cambio que implica mejoría significativa en la ejecución del test en Condición la Placebo cuando se comparó con la Condición Basal. Este mejoría también se ha observado en la Condición Prismas Asimétricos cuando se comparó con la Condición Placebo. No hemos encontrado cambios significativos al comparar la Condición Placebo con la Condición Prismas Simétricos. Para el componente vertical del test DEM (DEM-V), los resultados fueron similares a los observados en el DEM-H. En el caso del DEM-R, solo hemos observado mejoría en la Condición Basal al compararla con la Condición Placebo. Las variables DEM-H y DEM-V, componentes del test DEM presentaron una mejoría significativa en la Condición Prismas Asimétricos cuando se comparó con la Condición Prismas Simétricos. No hemos encontrado cambios significativos en la variable DEM-R.

4.3.3.4 *Test Reversal (TREV)*

Para las dos variables del test Reversal, se han realizado comparaciones entre la Condición Basal y la Condición Placebo (Tabla 11), entre la Condición Placebo y las otras dos condiciones con Prismas (Tablas 12 y 13), y entre las Condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos (Tabla 14). En el caso de la variable TREV-D solo hemos observado mejoría en la Condición Prismas Asimétricos en comparación con la Condición Placebo. En el caso de la variable TREV-M, hemos encontrado mejoría en la Condición Placebo cuando se compara con la Condición Basal. También hemos observado mejoría en la variable TREV-

4. RESULTADOS

M para la Condición Prismas Asimétricos cuando la hemos comparado con la Condición Placebo. Sin embargo no hemos observado cambios entre la Condición Placebo y Condición Prismas Simétricos. Todas las variables del test Reversal presentaron una mejoría significativa en la Condición Prismas Asimétricos cuando se compararon con las puntuaciones obtenidas en la misma prueba para la Condición Prismas Simétricos.

4.3.3.5 *Test de Toulouse-Piéron (TR-R)*

Se han analizado las tres variables del test de Toulouse-Piéron, exactitud atencional (TOUL-E), resistencia (TOUL-R) y velocidad (TOUL-V) comparando la Condición Basal con la Condición Placebo (Tabla 11), la Condición Placebo con las condiciones Prismas Simétricos y Asimétricos (Tablas 12 y 13), y las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos entre si (Tabla 14). La variable TOUL-E ha mejorado en la Condición Placebo en comparación con la Condición Basal, y también ha mostrado mejoría en la Condición Prismas Asimétricos cuando la comparamos con la Condición Placebo. No hemos encontrado cambios entre la Condición Placebo y Condición Prismas Simétricos. La variable TOUL-R ha mostrado mejoría en la Condición Placebo en comparación con las Condición Basal, y también ha mejorado en la Condición Prismas Asimétricos comparado con la Condición Placebo. No hemos encontrado cambios entre la Condición Placebo y la Condición Prismas Simétricos. La variable TOUL-V sólo ha mostrado mejoría en la Condición Prisma Asimétrico comparado con la Condición Placebo. No hemos encontrado cambios entre las restantes condiciones. Todas las componentes del test TP-R presentaron una mejoría significativa en la Condición Prismas Asimétricos cuando se comparó con la Condición Prismas Simétricos.

4.3.3.6 *Test de Wilkins (WILK-V)*

Para evaluar el efecto de las lentes prismáticas sobre la velocidad de lectura (WILK-V), hemos comparado las puntuaciones obtenidas en las condiciones Basal y placebo (Tabla 11), la Condición Placebo y las otras dos condiciones Prismáticas (Tablas 12 y 13), y entre las condiciones de Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos (Tabla 14). La ejecución de esta prueba es mejor en la Condición Placebo cuando se compara con la Condición Basal, y en la Condición Prismas Asimétricos en comparación con la Condición Placebo. No hubo cambios entre la Condición Placebo y la Condición Prismas Simétricos. La variable velocidad de lectura del test de Wilkins (WILK-V), presentó una mejoría significativa en la Condición

Ana Paula Pinto de Azevedo

Prismas Asimétricos cuando se comparó con la Condición Prismas Simétricos.

4.3.3.7 Prueba de Eficacia Lectora

Con la Prueba de Eficacia Lectora hemos realizado comparaciones entre la Condición Basal y la Condición Placebo (Tabla 11), entre la Condición Placebo y las dos condiciones con prisma (Tablas 12 y 13), y entre las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos (Tabla 14). En lo que se refiere a la eficacia de lectura (PEL-E), hemos observado mejora en la Condición Placebo cuando se compara con la Condición Basal, y también ha habido mejoría en la Condición Prismas Asimétricos cuando la comparamos con la Condición Placebo. No hemos encontrado diferencias entre la Condición Placebo y la Condición Prisma Simétrico. Con las variables PEL-A y PEL-V hemos obtenido resultados similares. No hemos encontrado diferencias entre la Condición Placebo y la Condición Prisma Simétrico y hemos obtenido una mejoría significativa en la Condición Prismas Asimétricos.



5. DISCUSIÓN

En las últimas décadas ha sido posible tener un conocimiento más detallado de los mecanismos neurológicos involucrados en los procesos de aprendizaje, en los que la lectura y la atención juegan un papel importante. No obstante, todavía existen muchas incógnitas en relación con este tema, sobre todo en lo relativo a los aspectos de carácter visuoespacial, que han adquirido relevancia en los últimos años (Quintanar et al. 2006; Krupskaya y Machinskaya 2006; Machinskaya y Semenova 2007; Singh-Curry y Husain 2009).

La información visual es una de las más utilizadas en la vida diaria, sobre todo en el acto de la lectura. Algunos autores sugieren que las alteraciones de la binocularidad y de los movimientos oculares pueden alterar los procesos de lectura y aprendizaje (Skeffintong 1958; Kulp y Schimdt 2002).

Las lentes prismáticas, utilizadas ya desde finales del siglo XIX, permiten desarrollar paradigmas para el estudio del efecto de la percepción visual y propioceptiva sobre diferentes funciones cerebrales (Stratton 1896; Redding et al. 2005). Para profundizar en este tema, en el presente trabajo hemos abordado este problema mediante dos estudios. El primero de ellos (Estudio 1) se ha diseñado para analizar la interrelación entre diferentes aspectos funcionales visuales que tienen lugar durante el proceso de la lectura y que tienen influencia sobre los procesos de atención y aprendizaje. En el segundo estudio (Estudio 2), se ha analizado si las lentes prismáticas pueden influir en estos procesos.

5.1 ESTUDIO 1: CORRELACIONES ENTRE RESULTADOS OBTENIDOS EN CONDICIÓN BASAL

La realización de los test que hemos utilizado en este trabajo requiere tres fases diferenciadas, una primera fase de entrada de información visual, la segunda fase consiste en el procesamiento visual, y la tercera fase es la de la respuesta. Para analizar la primera fase, hemos evaluado la binocularidad mediante los test PPC y Titmus, y la coordinación de la motilidad ocular mediante el test DEM. Para analizar la segunda fase, hemos realizado un test de percepción visual, el test Reversal, que requiere reconocimiento y

memoria visual. Por último, la tercera fase se ha evaluado mediante un test de atención, el test Toulouse-Piéron, y los test de lectura Wilkins y la Prueba de Eficacia Lectora.

El test PPC, permite evaluar la capacidad de convergencia y proporciona información sobre la función de los músculos extrínsecos del ojo, el test Titmus evalúa la visión estereoscópica, y el test DEM evalúa los movimientos oculares. Estas tres particularidades son importantes para el procesamiento de la información que finalmente será integrada con los restantes sistemas sensoriales y cognitivos, algo fundamental para la atención y la lectura.

Los procesos perceptivos y de reconocimiento requieren de la existencia de memoria. Los déficits en la memoria de trabajo provocan deficiencias en la práctica de tareas cognitivas, entre ellas la comprensión de la lectura (Malloy-Diniz et al. 2009). En este trabajo hemos utilizado el test Reversal que es dependiente de la memoria visual, lo que también es importante en la lectura. La lectura requiere el reconocimiento de formas y el uso de la memoria, que interaccionan de forma automática. En la lectura, la ausencia de esta capacidad de automatización con la correspondencia fonema/grafema sobrecarga la memoria de trabajo, reduciendo los recursos cognitivos para acceder al significado de lo que es leído (Guaresi et al. 2017).

En el modelo de adquisición de lectura en niños de Frith (1985), se menciona que los niños pasan por tres fases: la fase logográfica, en la que tratan la palabra como si fuera un dibujo, y luego la fase alfabética, en la que los niños inflan la correspondencia entre grafismos y fonemas, llegando a ser capaces de convertir las letras en sonidos (pero sin comprender el significado de las palabras), y la tercera, que consiste en comprender el significado de la palabra. Cabe señalar que esta capacidad se adquiere sólo después de la automatización del proceso de decodificación y, al ser un proceso complejo, tiende a consumir muchos de los recursos centrales de atención y memoria (Ogusuko et al. 2008). Hay una cuarta fase adicional, la fase de ortografía, en la que el niño lee, reconociendo las unidades morfológicas con acceso a la representación visual de la palabra conectándola directamente al sistema semántico. Dado que en todo este proceso la entrada y el procesamiento de la información visual es crítico, y los test que hemos utilizado en este primer estudio tienen que ver con estos procesos, hemos tratado de analizar la posible

relación entre los resultados que hemos obtenido con cada uno de ellos.

Tal como se expone a continuación, hemos encontrado correlaciones entre los resultados obtenidos con los test que hemos utilizado. Los procesos neurológicos para desarrollar estos test incluyen movimientos oculares, memoria visual, comprensión de la lectura y atención visual, comparten circuitos y estructuras cerebrales. Es posible que las correlaciones que hemos encontrado sean un reflejo de las interacciones que estas estructuras tienen entre sí durante la realización de estas tareas.

5.1.1 Punto próximo de convergencia y estereopsis

Hemos encontrado una correlación significativa positiva entre el PPC y la estereopsis, de tal forma que cuando aumenta la distancia del PPC aumenta el ángulo de la menor disparidad percibida, lo que implica una peor estereopsis. Esto es debido probablemente a que los sujetos con un PPC mayor tienen menor capacidad para converger y por lo tanto para fusionar imágenes a corta distancia, como ocurre con el test que nosotros hemos utilizado para valorar la estereopsis (test Titmus). Sin embargo, este resultado hay que considerarlo con cautela ya que, si observamos el Gráfico 1, la significación estadística de la correlación probablemente se deba a un dato dispar en el que tanto el PPC como la estereopsis tienen valores altos. La estereopsis supone un mayor nivel de interacción binocular que la fusión binocular necesaria para realizar la vergencia requerida para determinar el PPC (Benjamin et al. 2006, Kaufman et al. 2006). El PPC es indicativo de la máxima capacidad que tiene el sistema visual para converger y mantener la fusión sensorial binocular y puede ser un test que permita conocer el estado de la visión binocular (Peñalba 2018). El PPC y la visión estereoscópica parecen ser interdependientes, dado que no hemos encontrado ninguna correlación entre estereopsis y las demás variables que hemos analizado. Similarmente, según nuestros resultados, el PPC no parece influenciar ninguno de los demás test que hemos realizado (Kaufman et al. 2006).

5.1.2 Movimientos oculares horizontales

Los movimientos sacádicos son necesarios en la mayoría de las actividades diarias, incluyendo actividades escolares como copiar de la pizarra o leer un libro. También son determinantes en actividades deportivas y en la coordinación ojo-mano (Salazar y Corzo 2016).

Los movimientos sacádicos son rápidos y conjugados, y tienen como misión conseguir la fijación binocular en un punto determinado. Los movimientos oculares en el sentido horizontal son claves en los procesos de lectura. Durante esta actividad se realizan movimientos sacádicos junto con periodos de fijación visual estable para el reconocimiento de los caracteres y las palabras. Por lo tanto, el análisis de los movimientos oculares es clave para evaluar la función visual durante la lectura. Para su análisis nosotros hemos utilizado el test DEM (Garzia et al. 1990) que fue desarrollado con el fin de diferenciar entre automaticidad y disfunciones sacádicas, basándose en la suposición de que un mal control del movimiento ocular podía causar dificultades en la lectura (Medland et al. 2010). Este test, de baja demanda cognitiva, permite valorar niños de 6 a 14 años, y es un test visuo-verbal, ya que en él no intervienen procesos de decodificación del lenguaje (Richman y Garzia 1987).

Nuestros datos muestran una correlación significativa positiva entre los movimientos oculares horizontales (DEM-H) y verticales (DEM-V) cuando se evalúan mediante el test DEM. Conforme aumenta el tiempo que el sujeto tarda en leer una lámina que requiere movimientos sacádicos verticales, también aumenta el tiempo que tarda en leer la lámina que requiere movimientos sacádicos horizontales. Estos resultados apoyan la hipótesis de que un aumento simultáneo de los parámetros que cuantifican los movimientos horizontales (DEM-H) y verticales (DEM-V) durante la lectura se debe a la dificultad en el reconocimiento visual y a la dificultad para automatizar las habilidades del reconocimiento, y no a un déficit en la motilidad ocular (Garzia et al. 1990). Rouse et al. (2004) utilizaron este test en un grupo de 30 niños y comprobaron que tiene baja repetibilidad en la relación entre ambos tipos de movimientos (DEM-R), sugiriendo que este hecho podría tener implicaciones en el diagnóstico de alteraciones en tareas que requieren movimientos sacádicos. En nuestro estudio, no hemos encontrado ninguna correlación entre los valores de DEM-R y ninguna de las demás variables analizadas.

5. DISCUSIÓN

Sólo hemos encontrado una correlación significativa entre las puntuaciones del test DEM (DEM-H y DEM-V) y la variable memoria visual del test Reversal (TREV-M). Esta correlación fue negativa, es decir, cuanto mayor era el número de caracteres leídos por segundo en sentido horizontal (DEM-H), menor era el número de aciertos en la memoria visual de las letras. Es interesante que hayamos observado la misma correlación entre las variables DEM-H y DEM-V, y la variable de memoria visual del test Reversal. Esto parece indicar que los movimientos oculares verticales son igualmente relevantes para la memoria visual de las palabras. En países como Japón, en donde las personas aprenden a leer tanto en sentido horizontal como vertical, esta correlación podría tener un componente cultural, pero en Europa este componente está ausente. Para alcanzar una buena percepción visual se requiere una memoria visual de partida que refleje la capacidad del niño para ser consciente de los rasgos distintivos de los objetos. La efectividad de los movimientos oculares va a depender de esta capacidad de memoria visual y viceversa, cualquier disfunción de los movimientos oculares puede conducir a trastornos perceptivos (Rayner y Duffy 1986). La lectura rápida de caracteres (DEM-H) puede implicar que no se dedique el tiempo suficiente para reconocer en detalle el elemento visualizado, lo que implicaría una menor capacidad de memorizarlo y por lo tanto una mayor dificultad para realizar el test Reversal, que requiere capacidad de memorización. Rayner y Greene (2011) ha observado que una disfunción sacádica penaliza la decodificación de un módulo perceptivo que se relaciona con el hecho de que, cuando alguien lee, se enfrenta a la necesidad de analizar e identificar las palabras.

En nuestro análisis hemos encontrado una correlación significativa entre los resultados del test DEM (DEM-H) y los del test Toulouse-Piéron en la variable velocidad en la atención (TOUL-V). La correlación fue negativa, es decir, cuanto mayor es el valor de la variable DEM-H, menor es la velocidad en la atención de test Toulouse-Piéron (TOUL-V). Estos resultados están en línea con la literatura, que indican la existencia de algunos factores que pueden influir en la automatización de la respuesta en el DEM, tales como la atención visual sostenida, el reconocimiento de los números y su recuperación (Capdevila et al. 2005; Barkley et al. 2008).

El test DEM se considera uno de los mejores métodos clínicos para evaluar los movimientos oculares sacádicos indirectos ya que

permite tener en cuenta una eventual dificultad en la verbalización rápida, es decir, la capacidad de verbalizar lo que vemos. En este sentido, se cree que este test puede tener un valor predictivo del rendimiento en lectura del individuo, además de distinguir/diferenciar los trastornos oculomotores de los trastornos fonológicos y/o lexicales (Webber et al. 2011). El proceso neurológico que nos permite extraer información de un conjunto de letras presupone inicialmente la intención de leer, de modo que el mensaje llegue a la corteza cerebral. Es posible que después de la localización del punto deseado mediada por el sistema Magnocelular, el sistema Parvocelular intervenga para identificar la letra, repitiendo así este proceso de sílaba en sílaba o de palabra en palabra. Nosotros hemos encontrado una correlación significativa negativa entre el DEM-H y la velocidad de lectura del test Wilkins (WILK-V), es decir, los valores más elevados en la variable DEM-H corresponden a un peor rendimiento en el número de palabras leídas por minuto, lo que implica una menor velocidad de lectura. Esto puede ser indicativo de que el individuo omite y/o intercambia las palabras que ve (Álvarez et al. 2007). Webber et al. (2011) en un estudio de una población infantil en el cual emplearon un instrumento de medida objetiva de movimientos oculares (Visagraph), el test DEM, y también un test de rendimiento de lectura (prueba de progreso de lectura) encontraron una relación significativa entre una baja puntuación del test DEM y una velocidad de lectura lenta determinada con un electrooculógrafo. Por lo tanto, estos autores sugieren que el DEM detecta a los niños que presentan una tasa de lectura lenta. Es posible que el tiempo necesario para procesar la información del texto sea lo que determina la velocidad de lectura, en lugar de ser la velocidad de lectura la que se ve limitada por la mecánica del control sacádico (Sánchez-Breña et al. 2017). Los trabajos publicados que hemos revisado no han sido realizados en las mismas condiciones ni con la misma metodología, y en algunos casos los autores discrepan en sus resultados. Al analizarlos hemos observado que, de entre los que estudiaron la repetibilidad del test DEM, los resultados de Rouse et al. (2004) y Orlansky et al. (2015) son consistentes, sugiriendo que la repetibilidad del test DEM es baja. En contraposición, los resultados de Tassinari y DeLand (2004) mostraron que el test DEM podría ser una prueba confiable ya que encontraron alta repetibilidad en sus resultados. Este último estudio no fue realizado en un entorno escolar como los dos anteriores sino en un

5. DISCUSIÓN

gabinete, y los mismos autores señalan que la diferencia en los resultados puede ser debida a las distintas condiciones en las que se han realizado, concluyendo que el entorno del gabinete sería más apropiado para hacer el test (Rouse et al. 2004; Orlansky et al. 2015).

Los resultados encontrados en nuestro estudio indican la existencia de una correlación significativa negativa entre la variable DEM-H del test DEM y el número de aciertos en la Prueba de Eficacia Lectora (PEL-A). Es decir, valores elevados en DEM-H (indicativos de disfunción sacádica), se corresponden a un menor valor en PEL-A (número de respuestas correctas), es decir peor rendimiento en la lectura y en el número de aciertos durante la lectura. Álvarez et al. (2007) han observado que en el proceso de la lectura actúan los movimientos oculares de seguimiento y sacádicos, los cuales son importantes para una buena comprensión lectora (Álvarez et al. 2007). Los autores sostienen que cuando los movimientos sacádicos son imprecisos la persona suprime, confunde, adivina palabras, repite las palabras leídas, no sigue una frecuencia, pierde la idea de lo que se está leyendo y no es capaz de comprender el texto, por lo que se incrementa considerablemente el tiempo de lectura. Es posible sin embargo, que el tiempo necesario para procesar la información contenida en el texto sea lo que determina la velocidad de lectura, en lugar de ser la velocidad de lectura la que se ve limitada por la mecánica del control sacádico (Sánchez-Breña et al. 2017). Tal como muestran nuestros resultados, una disfunción sacádica, podría ser causa de un pobre rendimiento en la lectura, como hemos observado en la Prueba de Eficacia Lectora. Diferentes estudios comprobaron la fiabilidad del DEM en la lectura comprensiva, como son los de Ayton et al. (2009) y Webber et al. (2011). Aunque ambos concluyeron que el test DEM no evalúa los componentes básicos de control del movimiento ocular, también muestran discrepancias entre ellos, ya que mientras Ayton et al. (2009) encontraron que las puntuaciones del DEM se correlacionan significativamente con una medida de la comprensión lectora, Webber et al. (2011) sugieren que los resultados del DEM no predicen los resultados de la comprensión lectora.

5.1.3 Movimientos oculares verticales

Hemos seleccionado el test Reversal para analizar la percepción de la forma y la orientación de los caracteres escritos. Este test, por un lado, se basa exclusivamente en la memoria visual y, por otro, en la direccionalidad de las letras y la discriminación visual, lo que nos permite evaluar si el niño tiene la madurez necesaria para aprender a leer. La única correlación significativa que hemos encontrado entre el test DEM y el test Reversal ha sido negativa, y ha sido entre las puntuaciones de las variables relativas a los movimientos sacádicos (DEM-H y DEM-V) y la variable memoria visual del test Reversal (TREV-M). Cuanto mayor era el tiempo necesario para leer una lámina del test DEM, menor era el número de aciertos en la memoria visual de las letras del test Reversal. Se ha observado que la disfunción de los movimientos oculares puede penalizar no sólo el reconocimiento visual, sino también la velocidad de la memoria, reduciendo el proceso de automatización en la velocidad de procesamiento (Rayner y Duffy 1986). Los resultados obtenidos en nuestro estudio corroboran esta hipótesis.

No hemos encontrado ninguna correlación significativa entre los tres parámetros del test de Toulouse-Piéron, capacidad de concentración (TOUL-E), la resistencia a la fatiga atencional (TOUL-R) y la velocidad atencional (TOUL-V) con el test DEM-V. Estos resultados no están en sintonía con las observaciones de Richman y Garzia (1987), que sugieren la existencia de algunos factores que pueden influir en la automatización de la respuesta en el DEM, tales como la atención visual sostenida, el reconocimiento de los números y su recuperación. Esto quizás ocurra porque, a diferencia del test Reversal, el test Toulouse-Piéron utiliza signos no lingüísticos, con pausas menos pautadas (las pausas no aportan significado al mensaje). El sujeto puede presentar una mayor familiaridad con la lectura de signos en dirección horizontal o a buscar significado en los patrones de símbolos. De ahí que valores anómalos de DEM-H se asocien a una peor ejecución en el test Toulouse-Piéron. Sin embargo, en la 'lectura vertical' de signos, los movimientos oculares imprecisos interfieren menos con el procesamiento de la información visual.

Los resultados obtenidos en el test DEM-V mostraron correlaciones significativas negativas con los resultados del test Wilkins (WILK-V). Los valores altos para el DEM-V se correlacionan con peores resultados de lectura en términos de velocidad de lectura.

5. DISCUSIÓN

Los estudios de Garzia et al. (1990) muestran que valores anormales en DEM-V se deben a una disfunción en la automaticidad del reconocimiento de los números. Este análisis de correlaciones en nuestro primer estudio sugiere que un valor alto en el DEM-V conduce a una disminución en la velocidad de lectura de las palabras, tal como hemos observado en el test Wilkins (WILK-V).

Los resultados obtenidos en el test DEM-V también mostraron correlaciones significativas negativas con la Prueba de Eficacia Lectora. Los valores altos para el DEM-V se correlacionan con peores resultados de lectura, es decir, menor número de aciertos (PEL-A) y menor velocidad comprensiva de lectura (PEL-V). Esto puede indicar que al tener una velocidad de lectura vertical alta (DEM-V) el tiempo dedicado para los caracteres es menor. Esto tendría implicaciones en el número de aciertos al leer las palabras del test PEL (PEL-A) y en la velocidad de lectura comprensiva (PEL-V), puesto que al ser menor el tiempo dedicado al reconocimiento de los caracteres, dificultaría la obtención de puntuaciones altas en estos test. Las observaciones de Garzia et al. (1990) indican que un aumento del DEM-V puede ser indicativo de una disfunción en la automaticidad, lo que conllevaría a un menor número de aciertos de la lectura de la Prueba de Eficacia Lectora.

Por otra parte, si comparamos el test Reversal, el test Wilkins y la Prueba de Eficacia Lectora, todos utilizan letras o cifras con un significado adquirido (y no símbolos), y correlacionan negativamente sus puntuaciones con la variables DEM-H, DEM-V del test DEM, por lo que los resultados de estas pruebas parecen indicar que, en presencia de estímulos lingüísticos, los movimientos oculares verticales interfieren con la memoria visual de las palabras.

5.1.4 Discriminación y memoria visual. Test Reversal

En el test Reversal la percepción de la forma y la orientación de sus trazados son fundamentales para su correcta realización. Este test es un instrumento que, por un lado, se basa en la memoria visual y, por otro, en la discriminación visual. El resultado de este test es indicativo de la capacidad o madurez que el niño tiene para aprender a leer.

Hemos encontrado una correlación significativa negativa entre la exactitud atencional del test Toulouse-Piéron (TOUL-E), y las variables de memoria visual (TREV-M) y discriminación visual

(TREV-D) del test Reversal. Es decir, cuanto mayor es el número de errores y omisiones en el test Toulouse-Piéron, peores son los componentes de memoria y exactitud del test Reversal. Estos resultados se pueden explicar por una menor capacidad de concentración del niño, lo que haría aumentar el número de errores y omisiones en el test Toulouse-Piéron (mayor TOUL-E) y también reduciría la capacidad de memorizar y discriminar las letras y números del test Reversal. Esto estaría de acuerdo con las observaciones de Gokula et al. (2019) en cuyos trabajos concluyen que los niños con dificultades en la lectura de palabras presentan concurrentemente déficits de memoria y atención visual.

Con respecto al componente de memoria visual del test Reversal (TREV-M), hemos encontrado una correlación significativa negativa con el componente de exactitud atencional del test Toulouse-Piéron (TOU-E), es decir que cuanto mayor es el número de errores del test Reversal, menor es el número de aciertos en la exactitud atencional del test Toulouse-Piéron. Como hemos señalado anteriormente, las observaciones de que los niños con déficits de memoria y atención visual presentan dificultades en la lectura (Gokula et al. 2019) podría explicar nuestros resultados.

También hemos observado que el componente de memoria visual del test Reversal (TREV-M), ha presentado una correlación significativa, positiva con las variables resistencia a la fatiga atencional (TOUL-R) y velocidad atencional (TOUL-V) del test Toulouse-Piéron. Es decir, cuanto mayor es el número de aciertos en el reconocimiento de la forma de las letras del test Reversal, mayor es el número y velocidad en las respuestas correctas del test Toulouse-Piéron. Este resultado es congruente con la idea de que la memoria visual es un factor determinante en el reconocimiento de formas, ya que ambos test requieren reconocer y memorizar los símbolos que se presentan.

Clay (2002), establece que los niños antes de comenzar a leer deben conocer las formas básicas a través de, por ejemplo, dibujos y símbolos. El autor también expresa la importancia de desarrollar otras habilidades relacionadas con el conocimiento de la forma, el significado de letras, palabras y frases, así como el conocimiento de la dirección del movimiento en el que tiene lugar la lectura. Pino y Bravo (2005) promueven la percepción visual como el proceso cognitivo que precede al aprendizaje de la lectura. El autor indica que

5. DISCUSIÓN

es a través de la percepción visual que es posible el procesamiento y la memoria visual de las palabras escritas y otros signos ortográficos. Este proceso consiste principalmente en la discriminación visual, la atención y el almacenamiento en memoria de información gráfica para el reconocimiento de palabras.

Con respecto a la variable memoria visual del test Reversal (TREV-M) hemos encontrado una correlación significativa positiva entre este test y la variable velocidad de lectura del test de Wilkins (WILK-V). Es decir, que cuanto mayor es el número de respuestas correctas en el test Reversal, mayor es el número de palabras leídas por minuto en el test de Wilkins. Esto sugiere que, en los sujetos en los que el reconocimiento de formas es bueno, clave para el test Reversal, la velocidad de lectura (especialmente de signos lingüísticos, como los utilizados en el test Reversal), que requiere el reconocimiento de las letras, será mayor. La cierta evidencia de que aprender a leer promueve cambios significativos en el cerebro y la cognición, permitiendo nuevas formas de procesar información y adquirir conocimiento (Rayner y Greene 2011; Dehaene 2012; Morais et al. 2013). La habilidad específica de lectura es la identificación de palabras escritas, y es específica porque, aunque tiene un gran impacto cognitivo, los circuitos cerebrales que la apoyan se crean durante el aprendizaje de la lectura y sólo se usan para la actividad de lectura (Dehaene 2012; Morais et al. 2013). Otras habilidades relacionadas con el lenguaje, y por tanto con la lectura, incluyen la atención, la memoria de trabajo, el conocimiento léxico (vocabulario) y gramática del lenguaje, el razonamiento, el conocimiento semántico y la capacidad de análisis y síntesis (Morais et al. 2013). Vallés (2005) indica que procesos psicológicos básicos, como los diferentes tipos de atención y memoria, están profundamente involucrados en la lectura y comprensión lectora.

Existe una correlación significativa positiva entre las variables memoria visual del test Reversal (TREV-M) y las variables eficacia de lectura (PEL-E) número de aciertos (PEL-A) de la Prueba de Eficacia Lectora. Esto significa que cuanto mayor es el número de respuestas correctas del test Reversal, mayor es el número de respuestas correctas en la Prueba de Eficacia Lectora. Este resultado es razonable porque ambos test están relacionados con la identificación y reconocimiento de formas, que en ambos casos son letras. Barbosa et al. (2010) demostraron que la importancia de la memoria visual en la lectura no

Ana Paula Pinto de Azevedo

es simplemente memorizar la palabra escrita, sino comprender y dominar las reglas que determinarán la ortografía de la palabra. Es necesario que el niño sea guiado a comprender el desarrollo de las referencias visuales ortográficas. Malloy-Diniz et al. (2009), también afirman que la existencia de déficits en la memoria, causan deficiencias en la comprensión lectora.

5.1.5 Atención visual. Test Toulouse-Piéron

El test de Toulouse-Piéron requiere un alto grado de atención selectiva y memoria visual para reconocer los símbolos que contiene. La atención selectiva permite elegir algo de entre otras cosas similares (James 1890), situación que se presenta en este test.

Nosotros hemos encontrado una correlación significativa, positiva entre las variables resistencia a la fatiga atencional (TOUL-R) y velocidad atencional (TOUL-V) del test de Toulouse-Piéron con la variable velocidad de lectura del test Wilkins (WILK-V). Esto indica que cuanto mayor es el número de aciertos y el número de respuestas correctas del test Toulouse-Piéron, mayor es el número de palabras leídas por minuto del test Wilkins. Como en los anteriores resultados, esta correlación se explica por la capacidad de reconocimiento de formas y de atención selectiva, ya que en ambos test esto determina el resultado final.

En cuanto a la variable TOUL-R que mide la resistencia a la fatiga atencional del test de Toulouse-Piéron, hemos encontrado una correlación positiva entre este parámetro y las variables eficacia en la lectura (PEL-E) y número de aciertos (PEL-A) de la Prueba de Eficacia Lectora. Teniendo en cuenta que la velocidad de lectura aumenta con la edad, era importante entender si también estaba influenciada por el nivel de concentración. Rayner y Greene (2011) confirmaron que cuanto más concentrados están los sujetos, mayor es la velocidad de lectura. Cuando el niño todavía está en los primeros años de lectura, dedica más tiempo a identificar palabras que a comprenderlas. Por lo tanto, la velocidad de lectura es baja hasta aproximadamente los 8 años de edad. Cuando el reconocimiento de palabras se vuelve automático, su atención se centra únicamente en comprender las palabras, aumentando la cantidad de palabras leídas por minuto.

5.1.6 Velocidad de lectura. Test Wilkins

Hemos encontrado una correlación significativa positiva entre los resultados del test Wilkins y las tres variables de la Prueba de Eficacia Lectora (eficacia, aciertos y velocidad en la lectura). Esto indica que cuanto mayor es el número de palabras leídas por minuto en el test de Wilkins, mayor es el número de respuestas correctas y mayor es el número de frases completadas correctamente en la Prueba de Eficacia Lectora. El test de Wilkins permite evaluar la velocidad de lectura con palabras sueltas, comunes y sencillas, conocidas por cualquier sujeto. Debemos señalar que en este test, la lectura no está sujeta a ninguna restricción semántica y sintáctica, sino que se sustenta fundamentalmente, en procesos perceptivos visuales. Sólo requiere el reconocimiento de los caracteres y el automatismo de la lectura. Por el contrario, la Prueba de Eficacia Lectora requiere comprensión de lo que se está leyendo. Sin embargo, para llegar a esta comprensión es necesario, como ocurre con el test de Wilkins, reconocer las palabras. Por lo tanto, era de esperar que las puntuaciones de ambos test correlacionasen significativamente. La comprensión lectora es un concepto que implica la coordinación de una gran cantidad de procesos cognitivos, desde la percepción visual hasta la construcción de una representación semántica del significado del texto (García 2013). En un lector experimentado, el concepto de eficiencia de lectura es extremadamente importante, aquí se agrega a la comprensión de lectura, la variable de tiempo; se trata de extraer tanta información como sea posible en el menor tiempo posible.

5.2 ESTUDIO 2: EFECTO DE LA COLOCACIÓN DE LENTES PRISMÁTICAS

5.2.1 Estudio Comparativo de los Grupos

En nuestro segundo estudio (Estudio 2) hemos colocado lentes prismáticas a los niños participantes, y hemos realizado comparaciones, en primer lugar, entre la Condición Basal (sin montura ni lente, Estudio 1) y la Condición Placebo (montura con lente neutra). A continuación, hemos comparado los resultados obtenidos en la Condición Placebo con las condiciones Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos. Finalmente comparamos las dos condiciones con lentes prismáticas (Prismas Simétricos y Asimétricos) entre si.

Los datos comparados han sido los que hemos obtenido al realizar los mismos test del primer estudio (PPC, DEM, TREV, Toulouse, Wilkins y Prueba de Eficacia Lectora) en las diferentes condiciones señaladas. La finalidad de este segundo estudio consistió en comprobar si la utilización de lentes prismáticas tenía algún efecto sobre los resultados de los test presentados a los sujetos.

Las lentes prismáticas se colocaron con la base en posición superotemporal a 125° en la lente derecha y a 55° en la izquierda. Hemos utilizado valores de 1 o 2 dioptrías. A los prismas de estas potencias se les denomina “Prismas de baja potencia” (Gagey y Weber 2001). Da Cunha y Da Silva (1986) promovieron la utilización de estos prismas de baja potencia como tratamiento de alteraciones en la posición corporal, argumentando la importancia de la propiocepción visual para el equilibrio postural. Los prismas de baja potencia se han venido utilizando con la finalidad de modificar la relación de contracción y relajación que existe en los músculos extraoculares (Gagey y Pierre, 1993). Nosotros hemos colocado la base en una posición tal que actúa fundamentalmente sobre el oblicuo superior, ya que este músculo es clave para la convergencia en infraversión, una posición ocular requerida en todos los test que hemos hecho. Cuando el ojo está en posición primaria, el plano que forma el tendón del oblicuo superior forma un ángulo de 51° con el eje visual, y en aducción extrema, la dirección de este plano se aproxima al eje visual.

5.2.2 Efecto placebo

Como puede verse en la Tabla 10, la comparación entre la Condición Basal y la Condición Placebo muestra una mejora significativa para esta última condición en la mayoría de los test que hemos realizado. Esta mejora de la Condición Placebo puede deberse al hecho de que cuando se colocan los niños en esta segunda condición, la situación ya es conocida para ellos, lo que contribuye a disminuir el nivel de ansiedad y mejora la eficiencia en el desempeño de las tareas asignadas. Otro aspecto que puede justificar este efecto placebo es que el niño, al realizar por segunda vez la prueba, se encontraba más confortable con el examinador y el entorno. El efecto placebo es un fenómeno de gran interés científico, ya que afecta la respuesta a los tratamientos. Puede entenderse como el resultado de una integración central de expectativas positivas, aprendizaje

5. DISCUSIÓN

recompensado y condicionamiento continuo, que induce cambios fisiológicos en el cerebro.

El efecto placebo se puede aceptar como un fenómeno que puede usarse en la práctica clínica. No parece haber un sólo mecanismo neurobiológico involucrado en las respuestas placebo, sino muchos y muy variados dependiendo de la situación del paciente. Las técnicas de neuroimagen molecular con PET y otros marcadores selectivos han resultado esclarecedoras para comprender los sistemas neurobiológicos implicados en el efecto placebo (Girach et al. 2019). Hay estudios que sugieren que, como el placebo está representado por todo el ritual del acto terapéutico, es posible que estos rituales puedan modular las mismas vías neurológicas sobre las que actúan diferentes drogas (Girach et al. 2019). De hecho, el efecto placebo y la relación terapeuta-paciente pueden abordarse utilizando las mismas herramientas bioquímicas, celulares y fisiológicas que la materia médica (Benedetti 2013).

En realidad, no hay un solo efecto, sino muchos efectos placebo, con diferentes mecanismos y en diferentes sistemas, afecciones médicas e intervenciones terapéuticas. Para estudiar el efecto placebo y la interacción doctor-paciente, se ha propuesto utilizar las mismas técnicas bioquímicas, celulares y fisiológicas que se utilizan en las ciencias médicas (Benedetti et al. 2011).

Existen varias estrategias de comportamiento que nos permiten observar este efecto placebo. Por ejemplo, la adición de filtros de color prescritos individualmente puede mejorar el rendimiento de lectura por razones que no pueden atribuirse a factores optométricos convencionales o efectos placebo solamente (Hempenstall 2020). Algo similar ocurre con el síndrome de desatención hacia una parte del cuerpo (normalmente un hemicuerpo). Este es un síndrome incapacitante que a menudo se observa después de daño cerebral en un hemisferio. Se sabe que un corto período de tiempo utilizando prismas mejora los síntomas de desatención hemiespacial (Redding et al. 2005). En estos casos se ha observado que la utilización de prismas puede ser beneficiosa, y esto también puede observarse en las manifestaciones de desatención auditiva, siendo este beneficio específico para la asimetría de detección entre los dos oídos, lo que sugiere que los prismas tienen un efecto específico sobre los procesos lateralizados, y no sobre los procesos globales no lateralizados. Estos efectos de lateralidad de los prismas pueden extenderse a otros

sistemas sensoriales (Redding et al. 2005). Otros autores también han observado que la utilización de prismas puede mejorar la desatención auditiva (Jacquin-Courtois et al. 2010). Estos hallazgos deberían estimular el desarrollo de técnicas terapéuticas diseñadas para eludir la modalidad de procesamiento sensorial afectado, adaptándose a otras modalidades sensoriales (Jacquin-Courtois et al. 2010).

Como ya hemos comentado, no hay un sólo mecanismo neurobiológico involucrado en las respuestas al placebo, tal como se puede comprobar con técnicas de neuroimagen molecular (Girach et al. 2019). En nuestro estudio, el efecto placebo está presente y por lo tanto debemos tomarlo en consideración. Benedetti (2013), argumenta que el placebo, en términos farmacológicos, se define como una sustancia inerte, es decir, una sustancia sin propiedades farmacológicas intrínsecas. Sin embargo, algunos autores consideran que esta definición es demasiado simple (Dias y Sartori 2015), ya que el placebo puede generar efectos terapéuticos que dependen de varios factores, como palabras, rituales, símbolos y significados que acompañan su uso. Por lo tanto, el efecto placebo no se trata sólo de una sustancia, sino que también incluye factores cognitivos, genéticos y mecanismos de aprendizaje implícito y explícito.

Las transformaciones neurobiológicas involucradas en el efecto placebo pueden ser generadas por una variedad de fenómenos mentales tales como la expectativa, recompensa, o reducción de la ansiedad, y pueden ser moduladas por el deseo, la motivación y la memoria (Dias y Sartori 2015). El condicionamiento clásico o pavloviano ha servido como base para explicar la respuesta al placebo en términos de mecanismos de aprendizaje. Se han mostrado respuestas condicionadas al placebo en varias otras situaciones además de las relacionadas con el sistema inmunitario, como en casos de depresión, ansiedad, dolor, déficit de atención e hiperactividad, psoriasis y enfermedad de Parkinson (Sandler y Bodfish 2008; Sandler et al. 2010; Ader et al. 2010; Benedetti 2013; Colloca et al. 2013).

Para evaluar la magnitud de este efecto placebo y diferenciarlo del posible efecto de los prismas, hemos realizado comparaciones entre los resultados obtenidos en las condiciones Placebo, Prismas Simétricos y Prismas Asimétricos. Estos resultados se discuten a continuación.

5.2.3 Efecto de las Lentes Prismáticas Simétricas

En primer lugar, hemos comparado la Condición Placebo y la Condición Prismas Simétricos. De acuerdo con nuestros resultados los Prismas Simétricos sólo inducen mejoría respecto a la Condición Placebo en el caso de la visión estereoscópica. La visión estereoscópica requiere un buen alineamiento ocular. En nuestro caso, es posible que el desplazamiento de la imagen en la retina que origina la colocación de los prismas haya facilitado el alineamiento ocular y la fusión de las imágenes retiniana. Los prismas producen un desplazamiento en la imagen visual sobre la retina pudiendo así modificar la percepción del espacio. En el test de visión estereoscópica que nosotros hemos utilizado (Titmus Test), la convergencia ocular es importante, y cuando se utilizan prismas, en la forma en la que nosotros los hemos utilizado, se induce la convergencia ocular.

Nuestra observación de que las lentes prismáticas simétricas no tienen prácticamente efecto sobre las tareas relacionadas con la lectura y la atención visual debe tenerse en cuenta para los tratamientos que requieran este tipo de lentes. Nuestros resultados son relevantes puesto que, en caso de prescripción de estas lentes, no debíamos esperar efectos negativos sobre los pacientes, al menos en pacientes infantiles.

5.2.4 Efecto de las Lentes Prismáticas Asimétricas

Como ya hemos mencionado, para evaluar el efecto placebo, hemos realizado comparaciones entre esta condición y la Condición Prismas Asimétricos. Teniendo en cuenta nuestros resultados, la mayoría de variables (y funciones visuales) exploradas presentan cambios significativos al utilizar prismas asimétricos.

En este experimento hemos utilizado prismas de 1 o 2 dioptrías. El prisma con mayor potencia se colocaba siempre sobre el ojo que presentaba más precozmente insuficiencia de convergencia en el test de PPC. Este procedimiento es posible que sea la causa de la mejoría que encontramos en prácticamente todos los test que hemos analizado bajo estas condiciones. Al colocar prismas con diferente potencia y primar el ojo con insuficiencia de convergencia con un mayor poder dióptrico, es de esperar que facilitemos una mejor adaptación del paciente a la convergencia ocular requerida para hacer los test (Redding et al. 2005). Con este tipo de ajuste mejoramos la eficiencia, precisión y buen control oculomotor. Es decir, facilitamos la

estabilidad visual en el momento de la fijación, requerimiento clave para una buena ejecución de los test.

5.2.5 Diferencias entre Lentes Prismáticas Simétricas y Asimétricas

En este trabajo, es importante señalar que en la condición de Lentes Prismáticas Asimétricas, el poder dióptrico de las lentes se ajustó a las condiciones oculomotoras del sujeto, determinadas mediante el punto próximo de convergencia. Esto puede tener importancia, porque se favoreció el ojo que tenía mayor dificultad para la convergencia, determinada por el PPC, lo que pudo facilitar el alineamiento ocular y como consecuencia mejorar el rendimiento en los test. Mientras la Condición Prismas Simétricos se aplicó por igual a todos los niños, para la Condición Prismas Asimétricos se siguió un protocolo definido, colocándose los prismas adaptados a la evaluación oculomotora previa del niño. Probablemente a consecuencia de esto, hemos observado que bajo la Condición Prismas Asimétricos los niños obtienen mejores puntuaciones en los test.

A lo largo de la historia de la utilización de lentes prismáticas, no siempre se ha tenido en cuenta su complejidad de adaptación (Held y Hein 1958; Kohler 1951). Este problema ha sido abordado en estudios recientes (Redding y Wallace 1993). Según Redding y Wallace (1993), la adaptación del prisma no es un proceso simple y en este proceso se deben de cumplir algunos estándares metodológicos mínimos antes de utilizarlos para una aplicación específica.

La exposición al prisma activa los procesos motor-perceptivo-adaptativo en toda su complejidad (Redding y Wallace 1993). La adaptación de prismas es sensible a tres tipos de procesos adaptativos: ajustes posturales, control estratégico (especialmente recalibración) y realineamiento espacial. La exposición al desplazamiento prismático activa procesos de rendimiento motor perceptivo-adaptativo, incluidos los ajustes posturales (especialmente la actividad muscular), el control estratégico (especialmente la recalibración de la percepción del espacio) y el realineamiento espacial diferencial de varios marcos sensoriomotores de referencia. La utilización de prismas permitiría mejorar la interfaz entre la coordinación sensoriomotora y la cognición, abriendo nuevas perspectivas para la rehabilitación de los trastornos cognitivos (Rossetti et al. 1998).

5.3 MOVIMIENTOS OCULARES, ATENCIÓN Y PERCEPCIÓN VISUAL Y LENTES PRISMÁTICAS

Para que el niño se pueda desarrollar correctamente tanto en la escuela como en actividades cotidianas (practicar un deporte, caminar por la calle, etc.) necesita una buena percepción espacial que le permita, entre otras cosas, la adaptación de su cuerpo al entorno que lo rodea. En todos estos procesos está involucrado de forma muy activa el sistema visual. La visión nos permite determinar dónde estamos y cómo podemos movernos de un lugar al otro.

El sentido de “espacio” va optimizándose conforme el niño va creciendo de tal forma que, progresivamente, consigue percibir la tridimensionalidad de los objetos, la profundidad, las dimensiones y todo lo que conforma el espacio que le rodea. Sin embargo, hay que tener en cuenta que normalmente no observamos una escena de forma estática. Los ojos se mueven continuamente buscando las partes “interesantes” de una escena para construir nuestro propio mapa de la realidad que nos rodea. Para este proceso los movimientos oculares son esenciales.

El ojo humano hace movimientos oculares rápidos (movimientos sacádicos) que normalmente son automáticos e inconscientes. Se realizan para fijar puntos que inicialmente están proyectados en la retina periférica. Autores como Ferré y Aribau (2002) afirman que “los niños con problemas de atención o hiperactividad suelen tener dificultades de integración entre la visión central y la periférica”, y que los niños con dificultades en habilidades visuales “dispersan fácilmente la atención”. Para Posner y Raichle (1994), estos procesos están relacionados con la Red Atencional de Orientación en lo relativo a la “atención encubierta” que consiste en dirigir la atención hacia un objeto sin realizar un movimiento ocular significativo. La Red de Orientación también parece estar relacionada con la memoria, más concretamente con la exploración de las imágenes recuperadas de la memoria (Posner 1980). Estudios que combinan técnicas de neuroimagen con paradigmas de direccionamiento de la atención (Rueda et al. 2015) han permitido la identificación de redes cerebrales involucradas en la atención selectiva.

El test de atención utilizado en nuestro estudio, el test Toulouse-Pierón, además de los movimientos oculares, también permite analizar la atención selectiva y la memoria. Este test involucra actividades que requieren planificación, lo que en los niños exige una intención en el

acto de ejecución, con el objetivo de seleccionar y procesar la información visual. Se trata por tanto, de un procesamiento tipo “top-down”, que según Posner conforma la denominada Red de Ejecución. La atención selectiva es el mecanismo por el cual un subconjunto de información recibida se procesa de manera preferente. Frecuentemente, esta información es de carácter visual y se basa en una ubicación espacial determinada. Zhang et al. (2018) desarrollaron un paradigma para evaluar las áreas neurológicas involucradas en la atención selectiva mediante resonancia magnética en humanos, que consistía en detectar el cambio en la dirección del movimiento y el color de un estímulo visual. Los resultados indicaron que el área Temporal Media (MT+) estaba involucrada en la detección del movimiento mientras que el área V4 lo estaba en la detección del color. Adicionalmente, el Surco Interparietal, el Giro Fusiforme, la Circunvolución Frontal Media y el área V1 mostraron actividad relacionada con la tarea que los sujetos debían realizar y que exigía centrar la atención en una zona determinada del campo visual.

En el presente trabajo hemos comprobado que la utilización de lentes prismáticas en niños en edad escolar modifica sus respuestas a los test que les hemos presentado, lo que puede explicarse como resultado de cambios en los movimientos oculares, la percepción visual y la atención. Según Redding et al. (2005) el uso de prismas en una tarea visuomotora implica la adaptación del cerebro a los cambios en las coordenadas visualmente percibidas de los objetos en el espacio. Cada vez hay más resultados de estudios que sugieren que el éxito del aprendizaje que implica actividad visuomotora depende de una red frontoparietal, en la que las regiones frontales coordinan las correcciones de los movimientos en tiempo real y las regiones parietales contribuyen a una adaptación más gradual que implica el aprendizaje de las correcciones que se han ido realizando (Mutha et al. 2011; Arrighi et al 2016).

Nuestro resultados muestran una ejecución significativamente superior en distintos test visuales y de lectura cuando se utilizan prismas asimétricos, en comparación con el uso de lentes neutras o prismas simétricos. Este efecto es más notorio en los resultados del test DEM (DEM-H y DEM-V). Los niños mejoraron la rapidez de lectura, la atención y la memoria visual al ponerle prismas asimétricos. La explicación de estos hallazgos podría tener que ver con el hecho de que, dado que los prismas modifican la percepción

5. DISCUSIÓN

espacial, el niño necesita incrementar su nivel de atención para realizar la tarea que se le ha encomendado. Según Posner y Dehaene (1994) los movimientos oculares intervienen en la “Red de Orientación” que ya hemos comentado, y de la cual el CS y los COF parecen formar parte activa. Según estos autores, la “Red de Orientación” activa la “Red de Ejecución” encargada de planificar la actividad para ejecutar el plan predeterminado. En nuestro caso, el niño con prismas asimétricos, debe activar su atención visual lo más posible para poder dar la respuesta que se le demanda, por ejemplo, decir en voz alta los números del test DEM, o indicar la posición correcta de la figura en el test Toulouse-Piéron. Con los prismas simétricos no hemos encontrado mejoría significativa con respecto a la condición placebo, probablemente porque la alteración visual que producen estos prismas es menor que la que producen los prismas asimétricos. Esta menor alteración exigiría una menor atención del niño para realizar los test, influyendo así en los resultados.

Dado que nuestros resultados muestran que la utilización de lentes prismáticas asimétricas puede ser beneficiosa para estimular los procesos de atención visual y lectura, es posible que la introducción de este tipo de corrección como tratamiento en niños con dificultades de este tipo pueda ser beneficioso. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este tipo de corrección debe hacerse de forma que la asimetría en las lentes compense el ojo que muestre mayores dificultades en la convergencia o que presente mayor tendencia a la foria. Sería necesario realizar nuevos estudios para comprobar si los efectos que hemos observado con las lentes prismáticas son estables en el tiempo, o por el contrario se modifican con la edad.



6. CONCLUSIONES

1.-Nuestros datos muestran correlaciones entre la motilidad ocular, memoria visual, velocidad y comprensión de lectura, y atención visual. Esto puede ser indicativo de que todos estos procesos comparten redes y estructuras cerebrales comunes.

2.-Existe un efecto placebo importante en la utilización de dispositivos para evaluar la percepción visual en la población infantil. Este efecto debe tenerse en cuenta en futuros estudios similares al presentado aquí. Este resultado tiene relevancia para la prescripción de lentes prismáticas en esta población.

3.-La utilización de lentes prismáticas simétricas en la población infantil no modifica el rendimiento en la realización de test que requieren movimientos oculares, atención y procesos relacionados con la percepción visual. Esto es importante para los casos en los que sea necesaria la prescripción de este tipo de lentes por algún tipo de alteración visual.

4.-Compensando mediante lentes prismáticas asimétricas el ojo con menor capacidad de convergencia, se mejora el rendimiento en la realización de la mayoría de los test que requieren movimientos oculares, atención y reconocimiento de formas, con lo que también mejora la velocidad y comprensión de la lectura.

5.-Nuestros resultados sugieren que la utilización de lentes prismáticas en niños puede ser útil para niños con dificultades de lectura o de atención visual, siempre que las lentes sean adaptadas a la capacidad de convergencia de cada ojo.

6.-Es posible que la mejoría observada en la ejecución de test de atención y percepción visual cuando se utilizan lentes prismáticas asimétricas, sea debida a que la interferencia de los prismas con la percepción visual y la posición ocular exija un mayor nivel de atención visual por parte de los sujetos que realizan el test.



REFERENCIAS

- Acuña, C., Cudeiro, J., Gonzalez, F., Alonso, J., Perez, R., 1990. Lateral-posterior and pulvinar reaching cells. Comparison with parietal área 5a. A study in Macaca Nemestrina monkeys. *Experimental Brain Research*. 82, 158-166.
- Acuña, C., Gonzalez, F., Dominguez, R., 1983. Sensorimotor unit activity related to intention in the pulvinar of behaving Cebus Apella monkeys. *Experimental Brain Research*. 52, 411-422.
- Ader, R., Mercurio, M., Walton, J., James, D., Davis, M., Ojha, V., Kimball, A., Fiorentino, D., 2010. Conditioned pharmacotherapeutic effects: a preliminary study. *Psychosomatic Medicine*. 72, 192-197.
- Álvarez, L., González-Castro, P., Núñez, J., González-Pienda, J., Álvarez, D., Bernardo, A., 2007. Desarrollo de los procesos atencionales mediante «actividades adaptadas». *Papeles del Psicólogo*. 28, 211-217.
- Amaral, J., 1967. O Teste de Barragem de Toulouse e Piéron na Medição e Diagnóstico da Atenção: Elementos de Aferição para a População Portuguesa. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Arrighi, P., Bonfiglio, L., Minichilli, F., Cantore, N., Carboncini, M. C., Piccotti, E., Rossi, B., Andre, P., 2016. EEG theta dynamics within frontal and parietal cortices for error processing during reaching movements in a prism adaptation study altering visuo-motor predictive planning. *PLoS One*. 11, 150-265.
- Ashton-Jones, G., Cohen, J., 2005. An integrative theory of locus coeruleus - norepinephrine function: adaptative gain and optical performance. *Annual Review of Neuroscience*. 28, 403-450.
- Ayton, L., Abel, L., Fricke, T., McBrien, N., 2009. Developmental eye movement test: what is it really measuring? *Optometry and Vision Science*. 86, 722-730.
- Badami, R., Mahmoudi, S., Baluch, B., 2016. Effects of sport vision exercise on visual perception and reading performance in 7- to 10-year-old developmental dyslexic children. *Journal of Exercise Rehabilitation*. 12, 604-609.
- Bakken, K., Severns, M., 1998. Developmental Eye Movement Test (DEM). Bernell Corporation, Mishawaka.
- Balslev, D., Himmelbach, M., Karnath, H., Borchers, S., Bartholomaeus, O., 2012. Eye proprioception used or visual localization only if conflict with the oculomotor plan. *Journal of Neuroscience*. 32, 8569-8573.
- Barbosa, Fontes, P., Bernardes, Blanco, N., Misorelli, M., Chiappetta, A., 2010. Relação da memória visual com o desempenho ortográfico de crianças de 2ª e 3ª séries do ensino fundamental. *Revista CEFAC*. 12, 598-607.
- Barkley, R., Anastopoulos, A., Robin, A., Lovett, B., Smith, B., Cunningham, C., Shapiro, C., Connor, D., DuPaul, G., Prince, J., Dooling-Litfin, J., Biederman, J., Murphy, K., Rhoads, L., Cunningham, L., Pfiffner, L., Gordon, M., Farley, S., Wilens, T., Spencer, J., Hathway, W., 2008. Transtorno de Déficit de

- Atenção/Hiperatividade: Manual para Diagnostico e Tratamento. Artmed, Porto Alegre.
- Bear, M., Connors, B., Paradiso, M., 2007. Neurociencia: La Exploración del Cerebro. Artmed, Porto Alegre.
- Beauchamp, R., 1989. Dopaminergic mechanisms in vision: neurology and neurobiology. *Optometry and Vision Science*. 66, 712-713.
- Benedetti, F., 2013. Placebo and the new physiology of the doctor-patient relationship. *Physiological Reviews*. 93, 1207-1246.
- Benedetti, F., Carlino, E., Pollo, A., 2011. How placebos change the patient's brain. *Neuropsychopharmacology*. 36, 339-354.
- Benjamim, T., Baddeley, R., Vincent, B., 2006. The long and the short of it: spatial statistics at fixation vary with saccade amplitude and task. *Vision Research*. 46, 1857-1862.
- Botvinick, M., 2001. Conflict monitoring versus selection: from action in anterior cingulate cortex. *Nature Reviews Neuroscience*. 758, 179-181.
- Brickenkamp, R., 2012. D2, Test de Atención. Manual. Tea, Madrid.
- Broadbent, D., 1958. Perception and Communication. Pergamon Press, London.
- Bultitude, J., Farnè, A., Salemmé, R., Ibarrola, D., Urquizar, C., O'Sheal, J., Luauté, J., 2016. Studying the neural bases of prism adaptation using fMRI: a technical and design challenge. *Behavior Research Methods*. 49, 2031-2043.
- Bush, G., Lee, P., Posner, M., 2000. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends in Cognitive Science*. 4, 215-222.
- Callejas, A., Lupiañez, J., Tudela, P., 2004. The three attentional networks: on their independence and interactions. *Brain and Cognition*. 54, 225-227.
- Capdevila, B., Josep, A., Ramirez, A., Rosendo, M., Jordi, R., Jordi, O., 2005. The neuropsychological phenotype of attention deficit hyperactivity disorder: are there differences among subtypes? *Revista de Neurologia*. 40, 17-23.
- Castillo, M., Paternina, M., 2006. Redes atencionales y sistema visual selectivo. *Universitas Psychologica*. 5, 305-325.
- Ciuffreda, K., Kenyon, R., Stark, L., 1983. Saccadic intrusions contributing to reading disability: A case report. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*. 60, 242-249.
- Clarke, S., Crottaz, S., 2016. Modulation of visual attention by prismatic adaptation. *Neuropsychologia*. 92, 31-41.
- Clay, M., 2002. An Observation Survey of Early Literacy Achievement. Heinemann, Auckland.
- Cochran, W., 1997. Sampling Techniques. John Wiley y Sons, New York.
- Colmenero, J., Catena, A., Fuentes, L., 2001. Atención visual: una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. *Anales de psicología*. 17, 45-67.
- Colloca, L., Flaten, M., Meissner, K. (Eds.), 2013. Placebo and Pain: From Bench to Bedside Academic Press.
- Corbetta, M., Patel, G., Sulman, G., 2008. The orienting system of the human brain: from environmental to theory. *Neuron*. 58, 306-324.

REFERENCIAS

- Corbetta, M., Shulman, G., 2002. Control of goal directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*. 3, 201-215.
- Coubard, O., Urbanski, M., Bourlon, C., Gaumet, M., 2014. Educating the blind brain: a panorama of neural bases of vision and of training programs in organic neurovisual deficits. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 8, 89- 90.
- Coull, J., Frith, C., Nobre, A., 2000. Orienting attention in time: behavioural and neuroanatomical distinction between exogenous and endogenous shifts. *Neuropsychologia*. 38, 808-819.
- Crick, F., 1984. Function of the thalamic reticular complex: the searchlight hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 81, 4586-4590.
- Cudeiro, J., Gonzalez, F., Pérez, R., Alonso, J., Acuña, C., 1989. Does the pulvinar-lp complex contribute to motor programming? *Brain Research*. 484, 367-370.
- Da Cunha, H., Da Silva, O., 1986. Postural deficiency syndrome: its importance in ophthalmology. *Journal Français D`Ophthalmologie*. 9, 747-755.
- Dehaene, S., 2012. *Os Neurônios da Leitura: Como a Ciência Explica a Nossa Capacidade de Ler*. Penso, Porto Alegre.
- Desimone, R., Wessinger, M., Thomas, L., Schneider, W., 1990. Attentional control of visual perception: cortical and subcortical mechanisms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 55, 963-971.
- Deutsch, J., Deutsch, D., 1963. Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*. 70, 80-90.
- Dias, E., Sartori, C., 2015. Compreendendo o efeito placebo. *Revista Ciências em Saúde*. 5, 67-68.
- Dove, H., 1841. Die combination der eindrücke beider ohren und beider augen zu einem eindruck. bericht über die zur bekanntmachung geeigneten verhandlungen der königlich preussischen. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 41, 251-252.
- Duhamel, J., Brenem, F., Goldberg, M., 1992. The updating of representation of visual space in parietal cortex by intended eye movements. *Science*. 255, 190-192.
- Evans, B., 2004. The role of the optometrist in dyslexia. Part 1: specific learning difficulties. *Optometry Today*. 1, 29-34.
- Evans, B., Patel, R., Wilkins, A., Lightstone, A., Eperjesi, F., Speedwell, L., Duffy, J., 1999. A review of the management of 323 consecutive patients seen in a specific learning difficulties clinic. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 19, 454-466.
- Fan, J., McCandliss, B., Fossella, J., Flombaum, J., Posner, M., 2005. The activation of attentional networks. *Neuroimage*. 26, 471-479.
- Fan, J., McCandliss, D., Sommer, T., Raz, A., Posner, M., 2002. Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Science*. 14, 340-347.
- Fecteau, J., Muñoz, D., 2006. Saliency, relevance, and firing: a priority map for target selection. *Trends in Cognitive Sciences*. 10, 382-390.

Ana Paula Pinto de Azevedo

- Ferré, J., Aribau, E., 2002. El Desarrollo Neurofuncional del Niño y Sus Trastornos. Leblón, Barcelona.
- Florey, C., 1993. Sample size for beginners. *British Medical Journal*. 306, 1181-1184.
- Fortis, P., Maravita, A., Gallucci, M., Ronchi, R. Grassi, E., Senna, I., Olgiati, E., Perucca, L., Banco, E., Posteraro, L., Tesio, L., Vallar, G., 2010. Rehabilitating patients with left spatial neglect by prism exposure during a visuomotor activity. *Neuropsychology*. 24, 681-697.
- Frith, U., 1985. Beneath the surface of developmental dyslexia, in: K. Patterson, K., Marshall, J., Coltheart, M. (Eds.), *Surface Dyslexia: Neurological and Cognitive Studies of Phonological Reading*. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, pp. 301-330.
- Funahashi, S., 2001. Neuronal mechanism of executive control by the prefrontal cortex. *Neuroscience Research*. 2, 147-165.
- Fuster, J., 2000. Cortical dynamics of memory. *International Journal of Psychophysiology*. 2, 155-164.
- Gagey, P., Pierre, M., 1993. *Huit Leçons de Posturologie*. Association Française de Posturologie, Paris.
- Gagey, P., Weber, B., 2001. *Posturologia. Regulación y Alteraciones de la Bipedestación*. Elsevier, Barcelona.
- García, A., García, M., Rico, M., Barona, M., Peña, C., 2009. Los trastornos de aprendizaje no verbal: evaluación psicopedagógica y organización de la respuesta educativa. *Revista Iberoamericana de Educación*. 40, 1-4.
- García, M., Gómez, J., Óscar, V., 2013. Comprensión lectora y procesos ejecutivos de la memoria operativa. *Psicología Educativa*. 19, 10-11.
- García, T., 2014. La atención y el sacádico: Efectos clínicos en el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH). *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*. 5, 1-21.
- Garzia, R., Richman, J., Nicholson, S., Gaines, C., 1990. A new visuoverbal saccad test: the development eye movement test (DEM). *Journal of the American Optometric Association*. 61, 124-135.
- Gilá, L., 2009. Fisiopatología y técnicas de registro de los movimientos oculares. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*. 32, 9-26.
- Girach, A., Aamir, A., Zis, P., 2019. The neurobiology under the placebo effect. *Drugs Today*. 55, 469-476.
- Gizzi, M., Khattar, V., Eckert, A., 1997. A quantitative study of postural shifts induced by yoked prisms. *Journal Optometric Vision Development*. 28, 200-203.
- Goldberg, M., Wurtz, R., 1972. Activity of superior colliculus in behaving monkeys II. Effect of attention on neuronal responses. *Journal of Neurophysiology*. 35, 566-574.
- Gokula, R., Sharma, M., Cupples, L., Valderrama, J., 2019. Comorbidity of auditory processing, attention, and memory in children with word reading difficulties. *Frontiers in Psychology*. 10, 2383-2384.

REFERENCIAS

- Gough, P., Hillinger, M., 1980. Learning to read: unnatural act. *Bulletin of the Orton Society*. 30, 179-195.
- Grainger, J., Dufau, S., Ziegler, J., 2016. A vision of reading. *Trends in Cognitive Science*. 20, 171-179.
- Green, C., Pouget, A., Bavelier, D., 2010. Improved probabilistic inference as a general mechanism of learning with action video games. *Current Biology*. 20, 1573-1579.
- Grieve, K., Acuña, C., Cudeiro, J., 2000. The primate pulvinar nuclei: vision and action. *Trends Neuroscience*. 23, 35-39.
- Guaresi, R., Silva, D., Oliveira, E., Zamilute, H., 2017. Relação entre fluência e compreensão leitora em estudantes de 4º e 5º ano do ensino fundamental. *Signo*. 43, 43-52.
- Hafed, Z., Chen, C., Tian, X., 2015. Vision, perception and attention through the lens of microsaccades: mechanisms and implications. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 9, 167-168.
- Halata, Y., Rossetti Y., Miaill, R., 2006. Long-lasting aftereffect of a single prism adaptation: shifts in vision and proprioception are independent. *Experimental Brain Research*. 173, 415-424.
- Hedges, J., Adolph, K., Amso D., Bavelier, D., Fiez, J., Krubitzer, L., McAuley, D Newcobe N., Fitzpatrick, S., Ghajar, J., 2013. Play, attention and learning: how do play and timing shape the development of attention and influence classroom learning? *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1292, 1-20.
- Held, R., Hein, A., 1958. Adaptation of disarranged hand-eye coordination contingent upon reafferent stimulation. *Perceptual and Motor Skills*. 8, 87-90.
- Helmholtz, H., 1896. *Physiological optics*. *Vision Research*. 29, 1631-1647.
- Hempenstall, K., 2020. Behavioral optometry and Irlen lenses to resolve reading problems. *Perspectives on Language and Literacy*. 46, 17-20.
- Holst, E., Mittelstaedt, H., 1950. Das reafferenzprinzip (wechselwirkungen zwischen zentralnervensystem und peripherie). *Naturwissenschaften*. 37, 464-476.
- Homman-Ludiye, J., Bourne, J., 2019. The medial pulvinar: function, origin and association with neurodevelopmental disorders. *Journal of Anatomy*. 235, 507-520.
- Horak, F., 2006. *Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?* Oxford University Press. 10, 1093-1094.
- Horn, A., Leigh, R., 2011. The anatomy and physiology of the ocular motor system. *Handboock Clinical Neurology*. 102, 21-69.
- Hubel, D., 1988. *Eye, Brain, and Vision*. Scientific American Library, New York.
- Huerta, M., Harting, J., 1984 Connectional organization of the superior colliculus. *Trends in Neurosciences*. 7, 286-289.
- Jacquin-Courtois, S., Rode, G., Pavani, F., O'Shea, J., Giard, M., Boisson, D., Rossetti, Y., 2010. Effect of prism adaptation on left dichotic listening deficit in neglect patients: glasses to hear better? *Brain*. 133, 895-908.
- James, W., 1890. *Principles of psychology*. Holt, New York.

- Jing, W., Yujun, P., 2013. Eye proprioception may provide real time eye position information. *Neurological Science*. 34, 281-286.
- Kanski, J., 2009. *Oftalmologia Clínica*. Elsevier, Amesterdam.
- Kapoula, Z., Gaertner, C., Matheron, E., 2012. Spherical lenses and prisms lead to postural instability in both dyslexic and non dyslexic adolescents. *Plos One*. 7, 46739-46740.
- Kaufman, L., Vassilades, V., Noble, R., Alexander, R., 2006. Perceptual distance and the moon illusion. *Spatial Vision*. 20, 155-175.
- Kavounoudias, A., Gilhodes, J., Roll, R., Roll, J., 1999. From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? *Experimental Brain Research*. 124, 80-88.
- Kenneth, O., 1950. *Researches in Binocular Vision*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Kleiner, A., Schlittler, D., Sánchez-Arias, M., 2011. The role of visual, vestibular, somatosensory and auditory systems for the postural control. *Revista Neurociências*. 19, 349-357.
- Kohler, I., 1951. Warum sehen wir aufrecht- obwohl die bilder im inneren des auges verkehrt stehen? *Die Pyramide*. 3, 28-31.
- Krupskaya, E., Machinskaya, R., 2006. The influence of regulatory brain structures functional maturity on nonspecific and selective attention in primary school ADHD children. *International Journal of Psychophysiology*. 61, 348-348.
- Kulp, M., Schimdt, P., 2002. A pilot study. Depth perception and near stereoacuity: is it related to academic performance in young children? *Binocular Vision y Strabismus Quarterly*. 17, 129-134.
- Leong, D. Master, C. Messner, L. Pang, Y., Smith, C., Starling, A., 2014. The effect of saccadic training on early reading fluency. *Clinical. Pediatric*. 53, 858-864.
- Lewis, M., 1970. Individual differences in the measurement of early cognitive growth. *Research Bulletin Series*. 2, 70-90.
- Li, J., Guo, B., Cui, L., Huang, H., Meng, M., 2020. Dissociated modulations of multivoxel activation patterns in the ventral and dorsal visual pathways by the temporal dynamics of stimuli. *Brain and Behavior*. 10: 1673-1674.
- Livingstone, M., Hubel, D., 1987. Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth: *The Journal of Neuroscience*. 7, 3416-3468.
- Livingstone, M., Hubel, D., 1988. Segregation of form, colour, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science*. 240, 740-749.
- Lobrot, M., 1983. Lire, avec Épreuves pour Évaluer la Capacité de Lecture (D-OR-LEC). *Contributions de Édith Adnet-Piat*. Les Editions ESF, Paris.
- Machinskaya, R., Semenova, O., 2007. The role of brain regulatory systems in cortex functional organization and information processing development in primary school children. *Psychophysiology*. 44, 100-101.
- Malloy-Diniz, L., Fuentes, D., Mattos, P., Abreu, N., 2009. *Avaliação Neuropsicológica*. Artmed, São Paulo.
- Manning, L., 2005. *A Neuropsicologia Clínica: Uma Abordagem Cognitiva*. Instituto Piaget, Lisboa.

REFERENCIAS

- Martin, R., Vecilla, G., 2011. Manual de Optometría. Panamericana, Madrid.
- Martins, C., 1983. Informação proprioceptiva e visual na síndrome de deficiência postural (S.D.P.). *Acta Reumatológica Portuguesa*. 4, 157-166.
- Martins, C., 2011. Manual de Análise de Dados Quantitativos com Recurso ao IBM.SPSS: Saber Decidir, Fazer, Interpretar e Redigir. Psiquilíbrios Edições, Braga.
- Medland, S., Liu, J., McRae, A., Nyholt, D., Wray, N., Brown, K., 2010. A versatile gene-based test for genome-wide association studies. *American Journal of Human Genetics*. 87, 139-145.
- Michel, C., Gaveau, J., Pozzo, T., Papaxanthis, C., 2013. Prism adaptation by mental practice. *Cortex*. 49, 2249-2259.
- Milivojevic, B., Hamm, J., Corballis, M., 2011. About turn: how object orientation affects categorisation and mental rotation. *Neuropsychologia*. 49, 3758-3767.
- Mochizuki, L., Amadio, A., 2006. As informações sensoriais para o controle postural. *Fisioterapia em Movimento*. 19, 11-18.
- Morais, J., 1997. A Arte de Ler: Psicologia Cognitiva da Leitura. Edições Cosmos, Lisboa.
- Morais, J., Leite, I., Kolinsky, R., 2013. Entre a pré-leitura e a leitura hábil: condições e patamares da aprendizagem, in Maluf, M. R., y Cardoso-Martins, C. (Eds.), *Alfabetização no Século XXI: Como se Aprende a Ler e a Escrever*. Penso Editora, Brasil, pp.17-38.
- Moreno, A., Marín, A., 2006. Redes atencionales y sistema visual selectivo, *Universitas Psychologica*. 5, 305-325.
- Motsch, S., Mühlendyck, H., 2000. Frequency of reading disability caused by ocular problems in 9- and 10-year-old children in a small town. *Strabismus*. 8, 283-285.
- Mutha, K., Sainburg, L., Haaland, Y., 2011. Left parietal regions are critical for adaptive visuomotor control. *Journal of Neuroscience*. 31: 6972-6981.
- Noordzij, M., 2011. Sample size calculation. *Nephron Clinical Practice*. 118, 319-323.
- Norman, D., Shallice, T., 1986. Attention to action: willed and automatic control of behavior, in: Davidson, R. J., Schwartz, G.E., Shapiro D., (Eds.), *Consciousness and Self-Regulation*. Plenum Press New York, pp. 1- 14.
- Ogusuko, M., Lukasova, K., Macedo, E., 2008. Movimentos oculares na leitura de palavras isoladas por jovens e adultos em alfabetização. *Psicologia: Teoria e Prática*. 10, 113-124.
- Oliveira, A., Yonehara, K., 2018. The mouse superior colliculus as a model system for investigating cell type-based mechanisms of visual motor transformation. *Frontiers in Neural Circuits*. 12, 59-64
- Orlansky, G., Wilmer, J., Taub, M., Rutner, D., Ciner, E., Gryczynski, J., 2015. Astigmatism and early academic readiness in preschool children. *Optometry and Vision Science*. 92, 279-285.
- Parasuraman, R., Davies, D., 1984. Varieties of Attention. Academic Press, New York.

Ana Paula Pinto de Azevedo

- Pashler, H., Johnston, J., Ruthruff, E., 2001. Attention and performance. *Annual Review of Psychology*. 52, 629-651.
- Patterson, R., Martin, W., 1992. Human stereopsis. *Human Factors*. 34, 669-692.
- Peñalba, B., 2018. *Procedimientos Clínicos para la Evaluación de la Visión Binocular*. Panamericana, Madrid.
- Perea, J., 2008. *Estrabismos*. Artes Gráficas Toledo, Toledo.
- Pestalozzi, D., 1992. Further observations of dyslexia patients with prism correction. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 200, 614-619.
- Petersen, S., Posner, M., 2012. The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*. 35, 73-89.
- Petersen, S., Robinson, D., Keys, W., 1985. Pulvinar nuclei of the behaving rhesus monkey: visual responses and their modulation. *Journal of Neurophysiology*. 54, 867-886.
- Pino, M. Bravo, L., 2005. La memoria visual como predictor del aprendizaje de la lectura. *Psykhe*. 14, 47-53.
- Pinto, A., Frey, A., 1993. *Dislexia e Dislateralidade: Um Estudo a partir da Relação entre Dislexia e Síndrome de Deficiência Postural*. Gráfica da Faculdade de Medicina, Porto.
- Pisella, L., Berberovic, N., Mattingley, J., 2004. Impaired working memory for location but not for colour or shape in visual neglect: a comparison of parietal and non-parietal lesions. *Cortex Journal*. 40, 379-390.
- Posner, M., 1980. Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 32, 3-25.
- Posner, M., Cohen, Y., Rafal, R., 1982. Neural systems control of spatial orienting. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 298, 187-198.
- Posner, M., Dehaene, S., 1994. Attentional networks. *Trends in Neurosciences*. 17, 75-79.
- Posner, M., Petersen, S., 1990. The attention system of the human brain. *Annual Review of Neurosciences*. 13, 25-42.
- Posner, M., Raichle, I., 1994. *Images of Mind*. Scientific American Library, New York.
- Posner, M., Rothbart, M., 2007. Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*. 58, 1-23.
- Quercia, P., Quercia, M., Feiss, L., Allaert, F., 2015. The distinctive vertical heteroforia of dyslexia. *Clinical Ophthalmology*. 25, 1785-1797.
- Quercia, P., Seigneuric, A., Chariot, S., Bron, A., Creuzot-Garcher, C., Robichon, F., 2007. Étude de l'impact du contrôle postural associé au port de verres prismatiques dans la réduction des troubles cognitifs chez le dyslexique de développement. *Journal Français D'Ophthalmologie*. 30, 380-389.
- Quintanar, R., Solovieva, I., Bonilla, R., 2006. Analysis of visuospatial activity in preschool children with attention deficit disorder. *Fisiologia Cheloveka*. 32, 51-55.

REFERENCIAS

- Rayner, K., Duffy, S., 1986. Lexical complexity and fixation times in reading: effects of word frequency, verb complexity, and lexical ambiguity. *Memory y Cognition*. 14, 191-201.
- Rayner, K., Greene, H., 2011. Eye movements and familiarity effects in visual search. *Vision Research*. 41, 3763-3773.
- Redding, G., Rossetti, Y., Wallace, B., 2005. Applications of prism adaptation: a tutorial in theory and method. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 29, 431-444.
- Redding, G., Wallace, B., 1993. Adaptive coordination and alignment of eye and hand. *Journal Motor Behavior*. 25, 75-88.
- Redolar, D., 2014. *Neurociencia Cognitiva*. Panamericana, Madrid.
- Richman, J., Garzia, R., 1987. *Developmental Eye Movement Test (DEM)*. Bernell.
- Rode, G., Lacour, S., Jacquin-Courtois, S., Pisella, L., Michel, C., Revol, P., Rossetti, Y., 2015. Long-term sensorimotor and therapeutical effects of a mild regime of prism adaptation in spatial neglect. A double-blind RCT essay. *Annual Physiological Rehabilitation Medicine*. 58, 40-53.
- Rodríguez, C., González-Castro, P., Álvarez, L., Álvarez, D., Fernández-Cueli, M., 2012. Neuropsychological analysis of the difficulties in dyslexia through sensory fusion. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 2012. 12, 69-80.
- Roll, J., Albert, F., Ribot-Ciscar, E., Bergenheim, M., 2004. "Proprioceptive signature" of cursive writing in humans: a multi-population coding. *Experimental Brain Research*. 153, 359-368.
- Rossetti, Y., Rode, G., Pisella, L., Farné, A., Boisson, D., 1998. Prism adaptation to a rightward optical deviation rehabilitates left hemispatial neglect. *Nature*. 395, 166-169.
- Rourke, B., 1995. *Syndrome of nonverbal learning disabilities: neuropsychological manifestations*. New York: The Guilford Press.
- Rouse, M., Neston, E., Christopher, P., Paul, D., 2004. A reevaluation of the developmental eye movements test repeatability. *Optometry and Vision Science: Journal of the American Academy of Optometry*. 81, 934-938.
- Rubia, K., Taylor, E., Smith, A., Oksanen, H., Overmeyer, S., Newman, S., 2001. Neuropsychological analyses of impulsiveness in childhood hyperactivity. *British Journal Psychiatry*. 179, 138-143.
- Rueda, M., Prozelos, J., Cómbita, L., 2015. Cognitive neuroscience of attention. From brain mechanism to individual differences in efficiency. *AIMS Neuroscience*. 2, 83-202.
- Saladin, J., 2005. Stereopsis from a performance perspective. *Optometry Vision Science Journal*. 82, 186-205.
- Salazar, M., Corzo, N., 2016. *Movimientos Sacádicos Normales en la Lectura: Análisis de la Literatura*. Trabajo de grado para optar el título de Optómetras. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.
- Sampaio, P., Lamas, F., Silva, J., 2009. Prismatic lenses and developmental dyslexia. *Pediatrics (São Paulo)*. 31, 227-233.

- Sánchez-Bretaño, A., Laurent, V., Sengupta, A., 2017. Melatonin signaling affects the timing in the daily rhythm of phagocytic activity by the retinal pigment epithelium. *Experimental Eye Research*. 165, 90-95.
- Sandler, A., Bodfish, J., 2008. Open-label use of placebos in the treatment of ADHD: a pilot study. *Child Care Health Development*. 34, 104-110.
- Sandler, A., Glesne, C., Bodfish, J., 2010. Conditioned placebo dose reduction: a new treatment in attention-deficit hyperactivity disorder? *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*. 31, 369-375.
- Santos, P., 2000. Neuroimaging in child and adolescent psychiatric disorders. *Archives of Disease in Childhood*. 82, 412-419.
- Scarpina, F., Van der Stigche, S., Nijboer, T., Djikerman, H., 2013. Prims adaptation changes the subjective proprioceptive localization of the hands. *Journal Neuropsychology*. 9, 21-32.
- Schiefer, U., Wilhelm, H., Hart, W., 2007. Clinical neuro-ophthalmology. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 246, 475-476.
- Simões, M., Albuquerque, C., Pinho, M., Pereira, M., Seabra-Santos, M., Alberto, I., Lopes, A., 2016. Bateria de Avaliação Neuropsicológica de Coimbra (BANC). CEGOC-TEA, Lisboa.
- Singh-Curry, V., Husain, M., 2009. The functional role of the inferior parietal lobe in the dorsal and ventral stream dichotomy. *Neuropsychology*. 47, 1434-1448.
- Skeffington, A., 1958. The importance of vision. *Education*. 79, 1-3.
- Sperry, R., 1950. Neural basis of the spontaneous optokinetic response produced by visual inversion. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 43, 482-489.
- Stein, B., Meredith, M., 1993. *Cognitive Neuroscience: The Merging of the Senses*. The MIT Press, Cambridge.
- Stein, J., 2003. Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*. 41, 1785-1793.
- Stratton, G., 1896. Some preliminary experiments on vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*. 3, 611-617.
- Sucena, A., Castro, S., 2010. *Aprender a Ler e Avaliar a Leitura. O TIL: Teste de Idade de Leitura*. Almedina, Coimbra.
- Tassinari, J., DeLand, P., 2004. Developmental eye movement test: reliability and symptomatology. *Optometry*. 76, 387-399.
- Thompson, G., Schall J., 1999. The detection of visual signals by macaque frontal eye field during masking. *Nature Neuroscience*. 2, 283-288.
- Toulouse, E., Piéron, H., 2013. *TP-R Toulouse-Piéron Revisado. Prueba Perceptiva y Atención: Manual (8ª ed., revisada e ampliada)*. Tea, Madrid.
- Treisman, A., 1964. Selective attention in man. *British Medical Bulletin*. 20, 12-14.
- Trenerry, R., Crosson, B., DeBoe, J., Leber, R., 1989. *Stroop Neuropsychological Screening Test*. Psychological Assessment Resources, Odessa, FL.
- Tudela, P., 1992. Atención, in: Fernández Trespalacios, J.L., Tudela, P. (Eds.), *Percepción y Atención*, pp. 119-163. In: Mayor, J., Pinillos, J. L. (Cords.), *Tratado de Psicología General*, Vol. 3, Alhambra, Madrid.

REFERENCIAS

- Valdois, S., Bosse, M., Tainturier, M., 2004. The cognitive deficits responsible for developmental dyslexia: Review of evidence for a selective visual attentional disorder. *Dyslexia*. 10, 339-363.
- Vale, A., Sucena, A., Viana, F., 2011. Prevalência da dislexia entre crianças do 1.º ciclo do ensino básico falantes do português europeu. *Revista Lusófona de Educação*. 18, 45-56.
- Vallés Arándiga, A., 2005. Comprensión lectora y procesos psicológicos. *Liberabit*. 11, 41-48.
- Van, M., Vashbinder, A., Horsley, T., Van Lieshout, E., 2008. The role of two reading strategies in text comprehension. An eye fixation study in primary school children. *Journal of Research in Reading*. 31, 203-223.
- Ventre-Dominey, J., Dominey, P., Sindou, M., 1996. Extraocular proprioception is required for spatial localization in man. *Neuroreport*. 7, 1531-1535.
- Vieira, S., Quercia, P., Michel, C., Pozzo, T., Bonnetblanc, F., 2009. Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: a negative effect that can be compensated. *Neuroscience Letters*. 462: 125-129.
- Vinicius, A., 2010. A contribuição visual para o controle postural. *Neurociencia*. 18, 370-379.
- Von, N., Campos, E., 2002. *Binocular Vision and Ocular Motility*. Mosby, St. Louis.
- Wang, J., Pan, Y., 2012. Eye proprioception may provide real time eye position information. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*. 34, 10072-10084.
- Wang, Q., 2007. Area map of mouse visual cortex. *Journal of Comparative Neurology*. 502, 339-357.
- Webber, A., Wood, J., Gole, G., Brown, B., 2011. Dem test, visagraph eye movement recordings, and reading ability in children. *Optometry and Vision Science*. 88, 295-302.
- Wilke, M., Turchi, J., Smith, K., Mishkin, M., Leopold, D., 2010. Pulvinar inactivation disrupts selection of movement plans. *The Journal of Neuroscience*. 30, 8650-8659.
- Wilkins, A., 2003. *Reading Through Colour. How coloured filters can reduce reading difficulty, eye strain, and headaches*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Wilkins, A., Jeanes, R., Pumfrey, P., Laskier, M., 1996. Rate of reading test: its reliability, and its validity in the assessment of the effects of coloured overlays. *Ophthalmic Physiological Optics*. 16, 491-497.
- Wright, K., Spiegel, P., 1995. *Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. Mosby, Saint Louis.
- Wurtz, R., 2008. Neuronal mechanism of visual stability. *Vision Research*. 48, 2070-2089.
- Zhang, X., Mlynaryk, N., Ahmed, S., Japee, S., Ungerleider, G., 2018. The role of inferior frontal junction in controlling the spatially global effect of feature-based attention in human visual areas. *PLoS Biology*, 16, 200- 237.

Ana Paula Pinto de Azevedo

Zhao, M., 2012. Eye movements and attention: The role of pre-saccadic shifts of attention in perception, memory and the control of saccades. *Vision Research*. 74, 40-60.

Zimmermann, E., Lappe, M., 2011. Eye position effects in oculomotor plasticity and visual localization. *Journal of Neuroscience*. 31, 7341-7348.

Zhou, H., Schafer, J., Desimone, R., 2016. Pulvinar-cortex interactions in vision and attention. *Neuron*. 89, 209-220.



ANEXO I

DECLARACION RESPONSABLE

Ana Paula Duarte Pinto de Azevedo, declara que los permisos obtenidos son suficientes para realizar el presente estudio “Lentes Prismáticas y Cambios en la Atención y Percepción Visual en la Edad Infantil” en Portugal, teniendo los permisos legales y éticos necesarios.

Santiago de Compostela, 24 de Marzo de 2021.

