

Influencia de la Percepción Global del Movimiento en la Lectura

Influence of Global Motion Perception on Reading

María Pilar Morte Palacios, MSc^{1,2*}, Sara Perchés Barrena, PhD¹, Jorge Ares García, Prof¹

1: Universidad de Zaragoza. Departamento de Física Aplicada. España.

2: Centro de Optometría y Terapia Visual D-Visual, Zaragoza, España.

* pilarmorte@desarrollovisual.es

Enviado: 13 de junio del 2022

Aceptado: 30 de agosto del 2022

Financiación: Ninguno de los autores declaran tener financiaciones.

Declaración de Conflictos de Intereses: Ninguno de los autores declaran tener conflictos de intereses.

Propósito: Conocer la asociación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura en niños sanos con edades comprendidas entre 7 y 9 años.

Material y Métodos: Se incluyeron un total de 26 participantes, de los cuales el 57,7% eran mujeres. Se incluyeron sujetos con visión binocular normal y una agudeza visual decimal superior a 0,90 en visión próxima. Los participantes con diagnóstico de dislexia fueron descartados. El estudio se llevó a cabo por el mismo profesional, en el mismo colegio dónde se encontraban los pacientes, de forma individualizada y con una duración aproximada de 30 minutos por paciente.

Resultados: Los resultados mostraron que la percepción global del movimiento estaba correlacionada con la velocidad de lectura, principalmente, cuando la sensibilidad del movimiento se medía con un número de puntos coherentes elevado (40%). No obstante, la velocidad lectora también estaba asociada con la discriminación visual deficiente y la eficiencia de los movimientos sacádicos necesarios para lectura. A su vez, a mayor coherencia de puntos, mayor correlación se encontraba con la discriminación visual y con la deficiencia de movimientos sacádicos.

Conclusiones: Nuestros hallazgos apoyan la hipótesis de que la percepción global de movimiento, aunque en menor medida que la discriminación visual, está asociada a la velocidad lectora.

Palabras clave: Sistema Magnocelular, Aprendizaje, Visión Infantil, Movimientos Oculares.

Purpose: To determine the association between global motion perception and reading speed in healthy children aged 7 to 9 years.

Methods: A total of 26 participants were included, of whom 57.7% were female. Subjects with normal binocular vision and a decimal visual acuity greater than 0.90 for near vision were included. Participants with a diagnosis of dyslexia were excluded. The study was conducted by the same professional, in the same school where the patients were located, on an individualized basis, with an approximate duration of 30 minutes per patient.

Results: The results showed that global motion perception was correlated with reading speed, mainly when motion sensitivity was measured with a high number of coherent points (40%). However, reading speed was also associated with poor visual discrimination and the efficiency of saccadic movements necessary for reading. Additionally, the greater the coherence of points, the greater the correlation with visual discrimination and the deficiency of saccadic movements.

Conclusions: Our findings support the hypothesis that global motion perception, although to a lesser extent than visual discrimination, is associated with reading speed.

Keywords: Magnocellular System, Learning, Child Vision, Eye Movements

INTRODUCCIÓN

En el aprendizaje, el sistema visual es uno de los sistemas más importantes, aunque la población todavía no se encuentra sensibilizada con dicha importancia (1). A lo largo del día, nuestro cerebro recibe mucha cantidad de información que debe procesar y el 80% de esa información proviene del sistema visual, por lo que un mal funcionamiento de nuestro sistema visual puede acarrear diversas dificultades y/o sintomatología que disminuyen nuestro rendimiento, ya sea académico, laboral o deportivo (2). Centrándonos en el aprendizaje, el número de fracasos escolares en España supera la media europea (3). El fracaso escolar es la incapacidad de alcanzar el rendimiento establecido por los centros educativos autorizados. Se sabe que aproximadamente el 30% de estos fracasos no están relacionados con sus capacidades o su inteligencia (3). En el caso del aprendizaje, la visión es muy importante sobre todo para la lectura y la escritura. Si hablamos de la lectura, se necesita captar lo que son las correspondencias que existen entre los sonidos del lenguaje (los fonemas) y los símbolos visuales que usamos para representarlos (los grafemas). Se requiere esta habilidad especialmente durante el período del aprendizaje de la lectura, pero también más tarde, cuando el lector adulto debe leer palabras desconocidas o pseudopalabras. Ya se han visto en distintos estudios que las dificultades de aprendizaje de la lectura no son únicamente causadas por una Agudeza Visual (AV) deficiente o un problema refractivo sin corregir, sino que se deben considerar otras habilidades visuales que pueden ocasionar sintomatología como visión doble, cefalea, visión borrosa, inestabilidad de las letras, pérdidas de lugar al leer, entre otros (4). Algunas de estas habilidades visuales más conocidas y valoradas son: los movimientos oculares (fijaciones, seguimientos y sacádicos), la acomodación, la estereopsis, la visión del color, la sensibilidad al contraste y diferentes habilidades de la percepción visual, como por ejemplo la discriminación visual, la memoria visual, figura-fondo, entre otras. Lo que no es tan común valorar dentro de las habilidades de percepción visual es la percepción global del movimiento. Cuando hay una dificultad para el aprendizaje de la lectura, una de las cosas que se intenta descartar es la dislexia. Hay muchos estudios sobre la dislexia y todos ellos llegan a la conclusión de que no es un problema puramente fonológico, como ya se ha mencionado anteriormente, sino que el sistema visual como primer sistema de entrada en la lectura también tiene implicaciones y disfunciones que interfieren (5-7). Entre las alteraciones encontradas en dichos estudios podemos encontrar dificultades para la percepción visual, el contraste, la percepción global de movimiento, los movimientos oculares y la organización visoespacial.

También han visto una diferencia anatómica entre las dos rutas del sistema visual, el parvocelular y el magnocelular (6, 8).

Con este trabajo se ha querido profundizar en la percepción global del movimiento; qué dificultades y/o alteraciones visuales conlleva para el aprendizaje de la lectura. No únicamente las personas con dislexia pueden tener esta habilidad mermada y que le esté interfiriendo en el aprendizaje de la lectura. Lo mismo ocurre con la dificultad en los movimientos oculares y/o en la percepción visual, habilidades que, una vez se trabajan, se normalizan y desaparecen las dificultades para la lectura.

Vías visuales parvocelular y magnocelular

El sistema visual tiene 2 rutas, la primera y principal es la llamada ruta retino-genículo-cortical. Esta ruta la sigue la mayor parte de los axones procedentes de la retina y van hasta el córtex visual. La segunda ruta la sigue únicamente aproximadamente un 10% de los axones de la retina y salen proyectados a diferentes áreas del encéfalo; algunas de estas áreas son los núcleos pre-tectales, el colículo superior, los núcleos pulvinares y el núcleo supraquiasmático del hipotálamo (9, 10).

La primera parte de la vía visual es común para todos los axones de la retina y es la parte denominada vía pre-geniculada cuyo recorrido comienza en la retina y va al nervio óptico pasando después por el quiasma óptico (donde se produce un cruce de las fibras nasales de ambos ojos mientras que las temporales continúan sin cruzarse) hasta llegar finalmente a las cintillas ópticas. Estas últimas llevarán las fibras hasta el cuerpo geniculado lateral o hacia el resto de las áreas comentadas anteriormente (11).

Como ya se ha dicho, a partir de aquí habrá diferentes rutas visuales. Una de ellas será la vía genículo-cortical que va del Cuerpo Geniculado Lateral (CGL) al córtex visual primario mientras que la otra ruta será la extrageniculada, en la cual los axones abandonan la ruta común antes de llegar al CGL para dirigirse a otras áreas del encéfalo. Entre las áreas de la ruta extrageniculada las siguientes se consideran de mayor relevancia para este trabajo:

- **Colículos superiores:** Estos reciben información de diferentes procedencias: retina, corteza visual, médula espinal y núcleos del tronco de encéfalo. Con toda esta información está encargada de ajustar nuestra posición de cabeza y de ojos con la información que recibe de manera que se maximice la entrada de información (10, 12).

- **Núcleos motores del tronco encéfalo:** entre los núcleos motores que se sitúan en el tronco encéfalo se encuentran el núcleo del nervio oculomotor (III par), del nervio 5 troclear o patético (IV par) y del nervio motor ocular

lateral (VI par) que inervan a los músculos extraoculares encargados de controlar los movimientos oculares (9, 10).

Respecto a la vía genículo-cortical, presenta una división marcada entre los axones de la ruta dorsal o magnocelular y la ruta ventral o parvocelular (8, 13).

El cuerpo geniculado lateral es el primer centro donde vienen a parar los axones de la retina de la vía genículo-cortical y hacen sinapsis con las neuronas de segundo orden cuyos axones se extienden hasta la corteza visual primaria para el ulterior procesamiento de la información retiniana. Se conoce que en el CGL existe una clara separación anatómica de los axones que pertenecen a la vía magnocelular o a la vía parvocelular y siguen una ruta diferente a partir de la corteza visual primaria (8, 13).

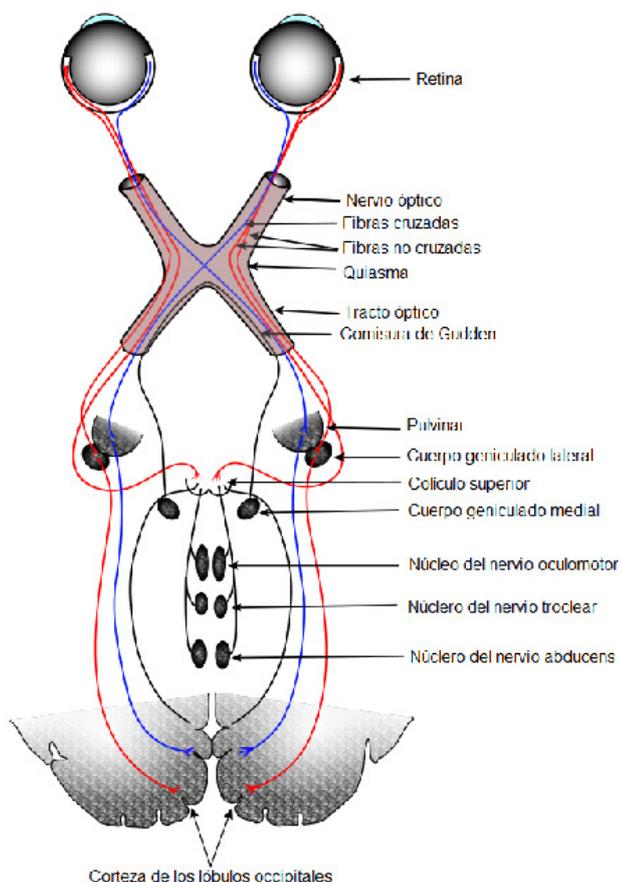


Figura 1: ruta visual

La ruta visual principal llega hasta la corteza occipital y en ella diferentes áreas corticales visuales que son V1, V2, V3, V3A, V4, V5 y V6 y realizan un procesamiento secuencial y de paralelo entre ellas (10, 13, 14). El procesamiento paralelo se da a través de las vías parvocelular y magnocelular:

- **La vía parvocelular** (parvo) o de procesamiento lento, se extiende hacia el lóbulo temporal, también llamada ruta ventral; procesa la información relativa al detalle (8,

15).

- **La vía magnocelular** (magno) o de procesamiento rápido, se extiende hacia el lóbulo parietal, también llamada ruta dorsal, encargada del procesamiento de la información relativa al movimiento, la localización y la organización espacial (8, 15).

De las áreas visuales mencionadas, las áreas V3A, V6 y V5 son de especial interés para la percepción y procesamiento del movimiento (16).

El área V5 responde selectivamente a distintos tipos de movimientos. Mientras que las áreas V3A y V6 son sensibles a ciertos análisis del movimiento como parecen ser la dirección y velocidad, tanto del entorno como de la misma persona.

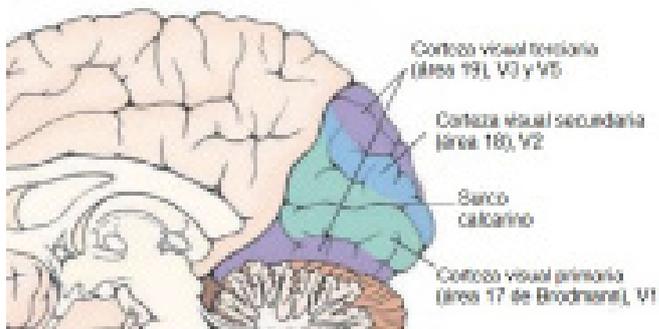


Figura 2: áreas visuales en corteza occipital

Según estudios que hablan sobre la vía magnocelular, un defecto en el área V5 puede bloquear a una persona ante una situación o lugar con mucha aglomeración y demasiados estímulos visuales ya que su cerebro no puede procesar la escena visual cambiante e inestable con la suficiente rapidez y se colapsa, a este problema se denomina akinetopsia (17).

Movimientos oculares y la lectura

Los movimientos oculares llevan una ruta visual diferente y coordinada a las explicadas anteriormente. Respecto a los movimientos oculares existe una jerarquía de control neuronal dentro de cada una de las categorías funcionales de los movimientos oculares que planifica, coordina y ejecuta la actividad motora (18).

El nivel superior de esta jerarquía son los núcleos premotores del tronco-encéfalo, estos coordinan las acciones de varios músculos para ejecutar las rotaciones oculares. Estos centros de mirada dirigen la dirección, amplitud, velocidad y duración de los movimientos oculares. Para poder realizar esto, las neuronas premotoras reciben información de diferentes regiones cerebrales y se transforman los estímulos visuales sensoriales que estas zonas le aportan en órdenes motoras (18).

El segundo nivel en esta jerarquía son los núcleos motores de los nervios craneales III, IV, VI par. Las neuro-

nas motoras de estos núcleos constituyen la última vía común para todas las clases de movimientos del ojo, siendo las proyecciones de axones de estas neuronas las que transmiten información a los músculos extraoculares para ejecutar tanto los movimientos oculares lentos como los rápidos. En esta última vía común se unen con las interneuronas de los núcleos premotores (18).

El último nivel dentro de esta jerarquía son los tres pares de músculos extraoculares que se encargan de girar cada ojo alrededor de su centro de rotación con la información transmitida por los dos niveles anteriormente explicados (18).

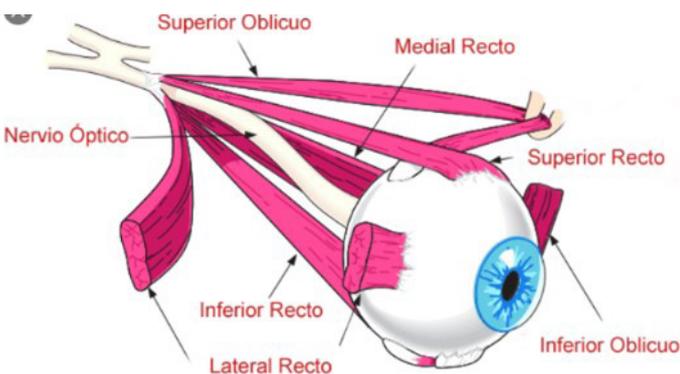


Figura 3: músculos extraoculares

Hay diferentes tipos de movimientos oculares que realizan estos músculos extraoculares y cada uno de ellos tiene una función para poder ayudarnos a fijar la imagen visual, mantenerla en nuestra fóvea o conseguir desplazar el ojo para poner la imagen de interés en ella que son la fijación visual, el movimiento sacádico y los seguimientos visuales.

Durante el acto de lectura, intervienen los tres tipos de movimientos oculares y son necesarios unos movimientos oculares rápidos, coordinados y precisos.

Las alteraciones del procesamiento visual de la ruta magnocelular, o de procesamiento rápido, pueden afectar a la lectura. Esto va a implicar dificultad para una atención visual estable, dificultades para las fijaciones en las palabras y de los movimientos oculares por las líneas del texto (19).

Percepción de movimiento global y la lectura

Hay estudios que describen una posible relación entre la percepción del movimiento y la lectura. La percepción del movimiento madura antes y de una manera independientemente del idioma nativo (20). El procesamiento de la información de movimiento consta de dos pasos de procesamiento: procesamiento local, donde las señales de movimiento son captadas por células que tienen campos receptivos que abarcan menos de un grado y procesamiento global, en el que se combina información de varias unidades locales de procesamiento

de movimiento (21). El sistema visual debe atribuir movimientos o propiedades derivadas de los movimientos a los objetos, incluido el orden de profundidad y las relaciones con la trayectoria del perceptor. Por lo tanto, el sistema visual debe calcular los movimientos globales asociados con objetos y superficies, no solo los movimientos locales asociados con las ubicaciones de los objetos en el campo visual.

El rendimiento de la percepción de movimiento global se puede probar, por ejemplo, con una visualización de puntos aleatoria donde algunos puntos están en movimiento coherente, pero otros se mueven al azar (22). El desarrollo de mecanismos de movimiento para el cálculo de la velocidad aún se desconoce, pero los estudios en bebés indican que la sensibilidad a velocidades más lentas se desarrolla más tarde que la sensibilidad a velocidades más rápidas (23). Los procesos básicos del rendimiento de lectura y los relacionados con la percepción del movimiento se realizan en diferentes campos del cerebro. Solo la transferencia de la mirada es esencial para el proceso de lectura, así como para la percepción del movimiento. Por lo tanto, los trastornos relacionados con la transferencia de la mirada pueden conducir a problemas de percepción, incluida la lectura.

Uno de los modelos que intenta explicar la relación entre la lectura y la percepción del movimiento es la hipótesis visual magnocelular. Las funciones de la corriente dorsal son más susceptibles a las deficiencias derivadas de las alteraciones del desarrollo, porque generalmente son más plásticas que las funciones de la corriente ventral (24).

Prueba de percepción de movimiento de puntos coherentes

La prueba de percepción de Movimiento de Puntos Coherentes (CDM) es una prueba para la evaluación de la percepción global del movimiento y se ha observado que activa las áreas V3A y V5 correspondientes a la vía dorsal, responsables del análisis del movimiento (16). Mediante esta prueba se consigue cuantificar la calidad de la percepción global del movimiento de una persona y mide la capacidad de discriminar el movimiento coherente dentro de un patrón de ruido con movimiento aleatorio (16).

Esta prueba consta de un porcentaje de puntos que se mueven de manera conjunta en la misma dirección y a la misma velocidad mientras que, el resto lo hacen con velocidades y direcciones aleatorias e independientes. Esta relación de puntos que se mueven de forma conjunta y puntos con movimiento aleatorio se denomina en la prueba grado de coherencia del patrón. La prueba se puede realizar con diferentes grados de coherencia,

dentro de los cuales, a menor grado de coherencia, mayor dificultad para poder percibir la dirección de los puntos que se mueven de forma conjunta. Las posibles direcciones de los puntos son: arriba, abajo, derecha, izquierda.

PROPÓSITO

En pacientes diagnosticados con dislexia se ha observado que la alteración de la percepción global del movimiento está asociada a una vía magnocelular más desorganizada y cuerpos celulares más pequeños (6) que puede influir en la velocidad y eficacia lectora.

Sin embargo, existe una carencia de estudios que analicen en personas que no padezcan dislexia, la relación entre dificultades para la lectura y su relación con problemas con el procesamiento rápido requerido para estas tareas.

En este trabajo se va a valorar la asociación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura en población infantil sin diagnóstico de dislexia, para obtener una idea de los posibles mecanismos visuales asociados a habilidades de lectura deficientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Descripción de la muestra:

Se incluyeron un total de 26 participantes con una edad media de $7,4 \pm 0,4$ años, de los cuales el 57,7% eran mujeres.

Todos los sujetos incluidos en el estudio eran emétopes ($\pm 0,50$ D esféricas; $\pm 0,50$ D cilíndricas) o corregidos con lentes de contacto o gafa, con visión binocular y una AV decimal superior a 0,90 en Visión Próxima (VP).

Tras analizar los resultados, 3 de los participantes fueron excluidos porque no cumplían los criterios de inclusión a continuación mencionados (2 de ellos presentaban estrabismo y otro una insuficiencia de convergencia descompensada).

Las medidas para el estudio se realizaron en una sala del colegio dónde se llevó a cabo el estudio, en las mismas condiciones y por el mismo examinador. La duración máxima de las medidas para cada sujeto fue de aproximadamente 30 minutos para evitar el cansancio o la fatiga y de forma individualizada.

Todos los sujetos fueron informados previamente de las pruebas a realizar y firmaron un consentimiento informado.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron niños emétopes ($\pm 0,50$ D esféricas; $\pm 0,50$ D cilíndricas) o corregidos con lentes de contacto o gafa, con visión binocular y una AV decimal

superior a 0,90 en VP.

Los criterios de exclusión fueron:

- Criterio de edad: El rango de edad escogido fue de 7 a 9 años. Es el rango de edades escogido en la mayor parte de los estudios sobre las dificultades lectoras.
- Personas con una AV decimal en VP inferior a 0,9 con la mejor corrección.
- Ambliopía/ estrabismo/ alteración binocular en cerca
- Patologías oculares y/o sistémicas conocidas
- Cirugía refractiva previa
- Diagnóstico de dislexia

Con el objetivo de descartar pacientes con posible dislexia sin diagnosticar se evaluaron las habilidades visuales de discriminación visual y orientación espacial que, según muestran los estudios sobre la dislexia, se encuentran afectadas además de los movimientos oculares y la percepción global del movimiento.

Diseño del estudio

El protocolo de medidas seguido con cada paciente fue:

- Anamnesis. Esta nos servirá para descartar pacientes con diagnósticos de dislexia, enfermedades oculares y/o sistémicas.
- AV en VP valorada con Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision)
- Medida de la estereopsis valorado con Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision)
- Medida de la discriminación visual medido con Test de Habilidades Visuales Perceptivas (TVPS)
- Medida de la constancia de forma medido con TVPS.
- Medida de los movimientos oculares con Developmental Eye Movement test (DEM)
- Medida de la percepción global del movimiento con la prueba CDM: prueba integrada en el equipo de evaluación Optotab Screening (office) Polar (Smarthings4vision)

RESULTADOS

Relación entre movimientos oculares, variables lectoras y percepción de movimiento

Se realizaron análisis de correlación para ver la relación entre las variables de motilidad ocular, velocidad lectora y percepción del movimiento de puntos coherentes.

Los recuadros con contorno azul agrupan a las variables por pruebas, mientras que los rectángulos en amarillo indican las correlaciones entre la velocidad lectura y la prueba DEM, y los rectángulos en morado, las correlaciones entre la velocidad lectora y la prueba de puntos coherentes y los recuadros verdes, la correlación entre los distintos grados de coherencia con el tiempo nece-

sario para completar la parte horizontal de la prueba DEM.

Esta figura muestra la fuerza de la correlación entre las variables adquiridas en este estudio. Se observó que las distintas variables calculadas en el DEM correlacionaban entre sí. Asimismo, en la prueba de puntos coherentes, los resultados con distintos grados de coherencia correlacionaban principalmente con los resultados de las pruebas con la proporción de puntos coherentes más próximos a su valor, pero se observó una relación débil entre el resultado con 10 % de puntos coherentes frente a 30 % y 40 % de puntos coherentes ($r = 0,00$ y $r = 0,16$, respectivamente). Curiosamente, a mayor grado de coherencia mayor era la correlación con el tiempo para completar la parte horizontal y vertical del DEM.

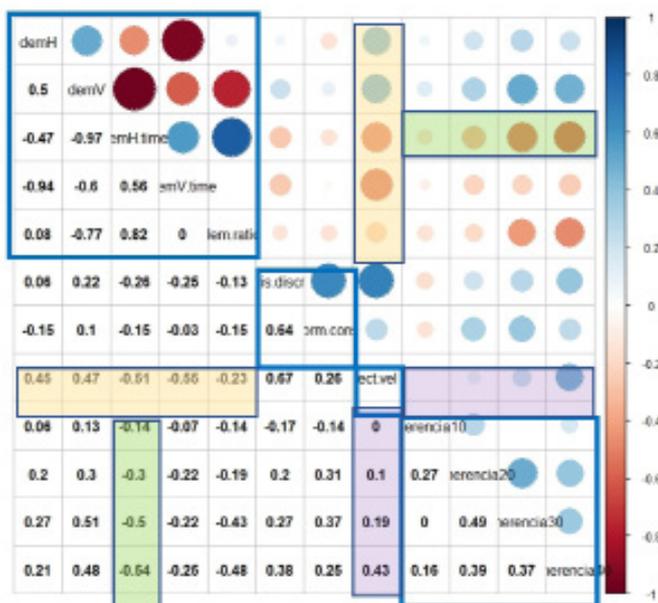


Figura 4: correlación entre variables

La velocidad de lectura presentó la correlación más alta con el parámetro "coherencia 40" ($r = 0,43$) dentro de la prueba de puntos coherentes. Asimismo, se observó una correlación negativa de la velocidad lectora con el tiempo necesario para completar la parte horizontal ($r = -0,51$) y vertical ($r = -0,55$) de la prueba DEM. Por último, cabe destacar la asociación entre la velocidad de lectura y la discriminación visual, cuyo valor del coeficiente de correlación fue de 0,67.

Parámetros asociados a la velocidad lectora

Posteriormente, se hizo un análisis de regresión lineal univariante para observar qué factores podrían estar asociados a la velocidad lectora y, en concreto, si el rendimiento en la percepción del movimiento coherente podría estarlo de forma significativa.

De aquí, concluimos que la percepción del movimiento de puntos coherentes estaba asociado a la velocidad lectora, pero únicamente los resultados de la prueba con 40 % de puntos coherentes ($p = 0,039$), y esta sola-

mente explicaba el 15 % de la variabilidad observada en la velocidad lectora (R^2 ajustada = 0,15).

Asimismo, la discriminación visual estaba asociada significativamente a la velocidad lectora ($p < 0,001$) y un punto de diferencia en la escala de discriminación visual supone una diferencia de velocidad de lectura de 7,5 palabras por minuto. Este modelo explicaba el 42,3 % de la variabilidad en la velocidad lectora (R^2 ajustada = 0,423). La constancia de forma no estaba asociada a la velocidad lectora.

Al analizar la asociación entre la velocidad lectora y el tiempo para completar la parte horizontal de la prueba DEM y concluimos que cada segundo de más para completar la parte horizontal del DEM suponía leer 0,58 letras menos por minuto y esta asociación era significativa ($p = 0,013$), explicando el 22 % de la variabilidad en la velocidad lectora.

Para finalizar, se creó un modelo de regresión multivariante incluyendo como variables independientes la coherencia 40, discriminación visual y tiempo DEM horizontal y como variable dependiente la velocidad lectora. El modelo resultó ser significativo ($p < 0,001$, R^2 ajustada = 0,50). Los resultados se indican en la Tabla 1.

Según estos resultados, la percepción de movimiento con 40 % de puntos coherentes no estaba asociado a la velocidad lectora tras controlar por el efecto de la discriminación visual y los movimientos oculares horizontales para la lectura. No obstante, aunque los diagnósticos del modelo fueron aceptables, cabe destacar que la muestra es pequeña para sacar resultados concluyentes.

DISCUSIÓN

En este trabajo hemos contrastado la hipótesis de que la percepción global del movimiento está asociada a la velocidad de lectura en sujetos sin dislexia, concluyendo que existe cierta relación entre ambas. Encontramos que los sujetos con baja percepción global del movimiento, a pesar de tener habilidades de lectura reducidas, también mostraban una discriminación visual deficiente y movimiento sacádicos necesarios para lectura deficientes. En conjunto, estos hallazgos respaldan la opinión de que la percepción global del movimiento y las habilidades lectoras podrían estar indirectamente relacionadas a través de otro mecanismo común, o que el mal procesamiento del movimiento es solamente uno de los muchos factores que contribuyen a las dificultades de lectura. Asimismo, observamos que la relación entre la percepción global del movimiento y la velocidad de lectura estaban relacionadas cuando la sensibilidad del movimiento se medía con un número de puntos coherentes elevado (40 %) y que, a su vez, a mayor coherencia de puntos, mayor correlación se en-

contraba con la discriminación visual y con la deficiencia de movimientos sacádicos.

La lectura es más compleja que el habla a causa de que se trata de un conjunto arbitrario de símbolos visuales que debe ser rápidamente identificado, ordenado y traducido a los sonidos que representan. Los estudios que se han encontrado parecen estar de acuerdo en admitir que la sensibilidad visual al movimiento está correlacionada con las habilidades de lectura, lo que según un estudio puede ser un indicador de predisposición a tener dificultades para el aprendizaje de la lectura. (25) Parece que los mecanismos de lectura y percepción del movimiento coherente se están desarrollando de forma progresiva y de una manera similar. Sin embargo, hay pocas pruebas de que todos los pacientes con velocidad lectora disminuida tengan una mala percepción del movimiento. (26) Además, se ha observado que sujetos con baja velocidad lectora que tienen asociada una disminución de la percepción del movimiento, pueden alcanzar igualmente una mejora muy significativa en el rendimiento lector a través de un programa de intervención de lectura, a pesar de que no mejores la percepción del movimiento (25).

Esto pone en duda la relación causal directa entre la percepción del movimiento y las capacidades lectoras. No obstante, y en línea que nuestros resultados, se ha observado que la percepción global del movimiento se correlaciona con las habilidades de lectura. Aunque la explicación para este hecho no está del todo esclarecida, presumimos que tanto los déficits de la percepción del movimiento como las discapacidades de lectura surgen de otros mecanismos comunes, o que los déficits de procesamiento del movimiento se encuentran entre una colección de factores de riesgo correlacionados para las dificultades de lectura. Por ejemplo, la percepción del movimiento se ha medido utilizando un paradigma de toma de decisiones perceptivas, durante el cual el

sistema visual acumula evidencia de juicios perceptuales. Es posible que la integración de la información de movimiento, en lugar de la detección de movimiento, es lo que está afectado en sujetos con bajas habilidades lectoras. Esto concordaría la alta asociación entre la discriminación visual y habilidades lectoras que encontramos.

Una de las principales limitaciones del presente trabajo es el tamaño muestral. Se estima que los análisis de regresión requieren, por norma general, diez sujetos por cada variable independiente que se introduce en el modelo. Por ello, el modelo multivariante que se propone en este trabajo necesitaría al menos 30 sujetos para que los resultados fueran robustos. Asimismo, para comprobar de forma fehaciente que la percepción global de movimiento influye en la velocidad lectora, los futuros estudios podrían centrarse en un estudio de intervención, donde a través de un programa de terapia visual se entrenase la percepción del movimiento y se observaría si la velocidad lectora y las habilidades visuales mejoran a causa de esta intervención. A pesar de estas limitaciones, este trabajo aporta información novedosa, ya que hasta la fecha no se ha publicado ningún estudio que determine la relación entre la percepción global de movimiento y la velocidad lectora en niños con AV y sistema binocular normal y sin dislexia.

CONCLUSIONES

Nuestros hallazgos apoyan la hipótesis de que la percepción global de movimiento, aunque en menor medida que la discriminación visual, está asociada a la velocidad lectora.

Modelo univariante				
	β	Error estándar	t-valor	p
Coherencia 40	42,79	19,4	2,20	0,040
Discriminación visual	7,53	1,82	4,14	<0,001
DEM horizontal (s)	-0,58	0,22	-2,70	0,013
Modelo multivariante				
	β	Error estándar	t-valor	p
Intercepto	33,8	31,1	1,086	0,213
Coherencia 40	2,77	18,6	0,149	0,883
Discriminación visual	6,40	1,83	3,49	0,002
DEM horizontal (s)	-0,39	0,21	-1,9	0,071

Tabla 1: Coeficientes derivados de la regresión lineal univariante y multivariante

REFERENCIAS

1. Goldstand S, Koslowe KC, Parush S. Vision, Visual-Information Processing, and Academic Performance Among Seventh-Grade Schoolchildren: ¿A More Significant Relationship Than We Thought? *Am J Occup Ther*. 2005;59(4):377-89.
2. Díaz Álvarez S, Gómez García A, Jiménez Garófano C, Martínez Jiménez MP. Bases optométricas para una lectura eficaz. Madrid, Trabajo de Fin de Master del COI, 2004.
3. Sánchez Delgado, P. PISA 2012. Programa para la evaluación internacional de los alumnos. Informe español. Resultados y contexto. Reseña. *Revista de Educacion* 365 244 246.
4. Hussaindeen JR, Shah P, Ramani KK, Ramanujanc L. Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *J Optom*. 2018 Jan-Mar; 11(1): 40-48. doi: 10.1016/j.optom.2017.02.002.
5. Cestnick L, Coltheart M. The relationship between language and visual processing in developmental dyslexics. *Cognition* 1999; 71: 231-55.
6. Galaburda A, Livingstone M. Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Ann NY Acad Sci* 1993; 682: 70-82.
7. Galaburda AM, Cestnick L. Dislexia del desarrollo. *S9REV NEUROL* 2003; 36 (Supl 1):S3-S9.
8. Ratey, JJ. El cerebro: manual de instrucciones. Grupo Editorial Random House.
9. Soriano Mas, C. Fundamentos de neurociencia. Barcelona: editorial UOC; 2007.
10. Guyton, AC. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. Neurociencia básica. 2ª edición. Madrid: editorial medica panamericana; 1997.
11. Santiesteban Freixas, R. Oftalmología pediátrica. La Habana: editorial Ciencias Médicas; 2010.
12. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Vollm, Wesker K. Prometheus. Texto y atlas de anatomía. Tomo 3. Cabeza y Neuroanatomía 2ª mejorada y ampliada. ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
13. Carpenter, MB. Neuroanatomía: Fundamentos. 4ª edición. Madrid: Editorial medica panamericana; 1994.
14. Livingstone MS, Hubel D. Segregation of form, colour, movement and depth: anatomy and perception. *Science*. 1988;240:740-749.
15. Gori S, Seitz AR, Ronconi L, Franceschini S, Facoetti A. Multiple Causal Links Between Magnocellular-Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia. *Cereb Cortex*. 2016;26(11):4356-4369.
16. Braddick O, O'Brien J, Wattam-Bell J, Atkinson J, Hartley T, Turner, R. Brain Areas Sensitive to Coherent Visual Motion. *Perception*. 2001;30:61-72.
17. Heutink J, de Haan G, Marsman JB, van Dijk M, Cordes C. The effect of target speed on perception of visual motion direction in a patient with akinetopsia. *Cortex* 2019;119:511-518.
18. Skalicky, SE. Neural Control of Eye Movements. *Ocular and Visual Physiology* 2016;251-270.
19. Stein, J. Visual motion sensitivity and reading. *Neuropsychologia*. 2003;41(13):1785-93.
20. Hayward J, Truong G, Partanen M, Giaschi D. Effects of speed, age, and amblyopia on the perception of motion-defined form. *Vision Research* 2011;51:2216-2234.
21. Badcock DR, Clifford CWG, Khuu SK. Interactions between luminance and contrast signals in global form detection. *Vision Research* 2005;45, 881-889.
22. Braddick O, Qian N. The organization of global motion and transparency. *Motion vision—computational, neural and ecological constraints*. 2001:86-106. Berlin: Springer.
23. Ellemberg D, Lewis TL, Dirks M, Maurer D, Ledgeway T, Guillemot JP et al. Putting order into the development of sensitivity to global motion. *Vision Research*, 2004;44, 2403-2411.
24. Braddick O, Atkinson J, Wattam-Bell J. Normal and anomalous development of visual motion processing: motion coherence and 'dorsal stream vulnerability'. *Neuropsychologia* 2003;41(13), 1769-1784.
25. Joo SJ, Donnelly PM, Yeatman JD. The causal relationship between dyslexia and motion perception reconsidered. *Sci Rep*. 2017;7:4185.
26. Kassaliete E, Lácis L, Fomins S. Reading and coherent motion perception in school age. *Ann Dyslexia* 2015 Jul;65(2):69-83.

ABREVIATURAS

- CGL: Cuerpo Geniculado Lateral
- CDM: Movimiento de Puntos Coherentes
- AV: Agudeza Visual
- VP: Visión Próxima
- TVPS: Test de Habilidades Visuales Perceptivas
- DEM: Developmental Eye Movement Test