

Perfiles en la detección y discriminación del movimiento visual en disléxicos

Profiles in visual movement detection and discrimination in dyslexics

Onelia Carballo Reina^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-8547-5694>

Beatriz Barcas Trovajo² <https://orcid.org/0000-0002-6541-834X>

Larisa Zamora Matamoros³ <https://orcid.org/0000-0003-2210-0806>

¹Universidad Abierta Para Adultos. Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

²Hospital Clínico Quirúrgico “Juan Bruno Zayas”. Santiago de Cuba, Cuba.

³Universidad de Oriente, Facultad de Matemática y Computación. Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: oneliacr53@gmail.com

RESUMEN

Introducción: El procesamiento visual en la dislexia puede comprometer el desarrollo lector, esta relación no está debidamente argumentada y aún persisten inconsistencias en su interpretación.

Objetivo: Caracterizar los perfiles de detección y discriminación del movimiento visual en disléxicos desde el punto de vista psicofísico y comportamental.

Métodos: La muestra se definió con dos grupos disléxicos y no disléxicos. Se realizó la evaluación de la detección y discriminación del movimiento para caracterizar la percepción visual de los disléxicos.

Resultados: Se encontró un perfil del déficit en la detección y discriminación del movimiento visual y sus componentes, que se caracterizó por un mayor número de errores con respecto a los aciertos durante la detección y discriminación de la orientación, velocidad y dirección para frecuencias espaciales muy bajas. El éxito

en la tarea dependió de los componentes de horizontalidad y ortogonal en el movimiento. Los perfiles psicofísicos se determinaron en las dificultades en la discriminación de la orientación puede incluir un déficit en la detección de la forma y dificultades en la discriminación de velocidad incluye un déficit en la sensibilidad visual a la detección del movimiento. Ambos perfiles no tuvieron coherencia estadística con las dificultades en la discriminación de la dirección del movimiento.

Conclusiones: La detección y discriminación del movimiento en los disléxicos presenta un perfil que no tiene implicación ni coherencia estadística con las dificultades en la discriminación de la dirección del movimiento. Las dificultades encontradas en los disléxicos indican no solo un déficit fonológico sino también del procesamiento visual del movimiento.

Palabras claves: perfil de detección; y discriminación de movimiento; dislexia; déficit visual magnocelular.

ABSTRACT

Introduction: Visual processing in dyslexia may compromise reading development, this relationship is not adequately argued and inconsistencies in its interpretation still persist.

Objective: To characterize visual movement detection and discrimination profiles in dyslexics from a psychophysical and behavioral point of view.

Methods: The sample was defined as two groups of dyslexics and non-dyslexics. Assessment of motion detection and discrimination was carried out to characterize the visual perception of dyslexics.

Results: A profile of deficit in visual motion detection and discrimination and its components was found, which was characterized by a higher number of errors than successes during the detection and discrimination of orientation, speed and direction for very low spatial frequencies. Success in the task depended on the horizontality and orthogonal components of the movement. Psychophysical profiles were determined in which difficulties in orientation discrimination may include a deficit in shape detection and difficulties in speed discrimination include

a deficit in visual sensitivity to motion detection. Both profiles were statistically inconsistent with difficulties in motion direction discrimination.

Conclusions: Movement detection and discrimination in dyslexics presents a profile that has no statistical implication or coherence with difficulties in movement direction discrimination. The difficulties found in dyslexics indicate not only a phonological deficit but also a deficit in the visual processing of movement.

Keywords: motion detection and discrimination profile; dyslexia; magnocellular visual deficit.

Recibido: 10/07/2020

Aceptado: 04/10/2022

Introducción

Los lectores hábiles son capaces de procesar un texto a una velocidad que sobrepasa lo esperado, mantienen un orden que activa la información relativa a los atributos físicos de la palabra, este procesamiento reúne dos componentes fundamentales: el reconocimiento de palabras (que incluye la decodificación) y la comprensión lectora para integrar el significado de lo que se está leyendo.^(1,2,3)

El modelo doble ruta propuesto para la lectura por *Castle* y *Coltheart* permite identificar y definir los subtipos de dislexias.^(3,4) Se destacan dos rutas principales de procesamiento: una lexical y otra fonológica.^(2,3,4) En la literatura consultada se plantea que este modelo tiene limitaciones para explicar los procesos cognitivos del lector experto, no alcanza a explicar las dificultades visuales, ni las manifestaciones de torpeza motora que aparecen en ellos.

La Asociación Internacional de Dislexia plantea que:⁽⁵⁾ “La dislexia es una dificultad específica de aprendizaje que tiene un origen neurobiológico. Se caracteriza por dificultades en el reconocimiento preciso y fluido de palabras y por unas deficientes habilidades de decodificación y escritura (ortografía) a pesar de haber recibido una enseñanza adecuada del lenguaje escrito. Estas dificultades se deben

a un déficit en el componente fonológico del lenguaje mientras que otras habilidades cognitivas se preservan. Las consecuencias secundarias pueden incluir problemas en la comprensión lectora y una experiencia reducida en la lectura, lo que impide el incremento del vocabulario y de los conocimientos generales”.

A partir del conocimiento de los déficits se han desarrollado las tres principales teorías sobre la dislexia: teoría fonológica, magnocelular (que engloba al déficit visual y auditivo) y cerebelar o motora.^(6,7) En relación con el déficit específico en el sistema magnocelular se refieren problemas en la detección de la velocidad del movimiento y la necesidad de un mayor intervalo interestímulos para percibir como separados dos estímulos cuando estos son de baja frecuencia espacial, de bajo contraste o de baja luminosidad.^(7,8,9,10,11,12,13) El sistema visual está formado por dos sistemas paralelos que tienen diferentes funciones en la percepción visual: el sistema parvocelular y el magnocelular. El primero se centra en el procesamiento visual de colores y forma y el segundo responde a estímulos breves, movimiento y estimulación de bajo contraste y baja frecuencia espacial, como requiere la detección y discriminación del movimiento.^(6,7)

El daño magnocelular/dorsal visual en disléxicos se supone que incluya desde la retina hasta el sistema cortical y a pesar de la gran cantidad de evidencias no significa que existe un consenso sobre este déficit. Las células magnocelulares de la retina muestran dificultades en la detección de movimiento a partir de enrejados sinusoidales con bajos contrastes y disminución de la sensibilidad visual, por lo que es menos eficiente el mecanismo de anulación de los movimientos microsacádicos que no aportan información sobre el objeto. Esto último, se supone que conduce a la visión borrosa del movimiento en el disléxico o temblor alrededor de un estímulo estático.^(7,14,15,16) En el núcleo geniculado lateral (NGL) del tálamo se han encontrado anomalías histológicas que indican poca organización de las capas magnocelulares por irregularidades en la migración (células magno se encuentran entre las capas 2 y 3 en el NGL) de las células.^(7,17,18,19,20)

Los disléxicos^(19,20) ven el parpadeo fundirse para frecuencias espaciales significativas más bajas (por debajo de 3 Hz) y frecuencias temporales altas (por encima de 10 Hz) que los controles. Aumenta su sensibilidad al contraste cuando

aparecen frecuencias temporales altas en patrón estático y frecuencias espaciales altas. En los disléxicos, la actividad de V5/MT en respuesta a estímulos en movimiento esta disminuida notablemente, esta reducción de la actividad cerebral evocada se asocia con la reducción de la sensibilidad al movimiento visual. Se ha observado que los disléxicos necesitan que las frecuencias espaciales aumenten para entonces detectar el movimiento. Este aumento de las frecuencias espaciales es característico del sistema parvocelular/ventral. ^(20,21,22,23,24,25,26,27)

La relación entre la detección y discriminación del movimiento y la dislexia no es inmediatamente obvia, los procesos cognitivos y perceptivos que dependen del procesamiento del sistema magnocelular/dorsal son críticos en la eficiencia del reconocimiento de las palabras, específicamente, durante la codificación de la posición de las letras, la estabilidad perceptiva binocular y el control oculomotor durante la fijación. ^(6,16,28,29)

La discriminación de la velocidad supone un proceso de interpretación de señales locales interna, pero faltan evidencias más robustas de las dificultades que presentan los disléxicos, en cuanto a su discriminación. *Derrington* y *Badcock* encontraron que la detección del movimiento y la velocidad mejora cuando el movimiento está combinado con componentes ortogonales o perpendiculares, esto los hizo concebir la idea de que el sistema visual está equipado con mecanismos de seguimiento de rasgos para ayudar a mejorar su detección. ^(30,31,32,33) El procesamiento de la velocidad en los disléxicos parece desarrollar juicios prejuiciosos del movimiento en diferentes colocaciones espaciales (ortogonal/paralelo) que afectan la integración de las señales del movimiento. ^(34,35,36,37,38)

El objetivo del estudio fue caracterizar los perfiles de detección y discriminación del movimiento visual en disléxicos desde el punto de vista psicofísico y comportamental.

Métodos

La muestra quedó conformada por 21 disléxicos y 56 no disléxicos de acuerdo con su edad cronológica (10 - 12 años), criterios del Manual Diagnóstico y Estadístico

de los Trastornos Mentales (DSM-5)⁽³⁹⁾ y de acuerdo con los objetivos y contenidos del currículo ordinario de la enseñanza primaria en Cuba, con examen oftalmológico y neurológico sin alteraciones. Se aplicó el test de exploración de la percepción visual del movimiento para evaluar el déficit en la detección y discriminación del movimiento.⁽⁴⁰⁾ La investigación se realizó con el consentimiento de los padres a que los niños participen en el estudio y con la voluntariedad del niño a realizar las pruebas. La información fue tratada confidencialmente en correspondencia con los principios señalados en la Declaración de Helsinki⁽⁴¹⁾ para las investigaciones con humanos.

Se empleó el término dislexia para definir el trastorno específico del aprendizaje con dificultades en la lectura, tal como se describe y se reconoce en el DSM-5.⁽³⁹⁾ El experimento se realizó de forma individual con una duración de 30 min. La aplicación se ejecutó en lugares con adecuadas condiciones de iluminación además, se utilizó laptop TOSHIBA, monitor LG Philips 17.3" LCD de forma rectangular y con sistema operativo Windows Seven (x 64 bits), resolución de pantalla 1600 x 900 pixeles, tasa de actualización 60 Hz.

Test de exploración visual de la percepción del movimiento⁽⁴⁰⁾

El test es un software que posee cinco tareas psicofísicas para evaluar sensibilidad a la detección del movimiento, discriminación de la orientación y la velocidad, detección de la forma y discriminación de la dirección. El tiempo de presentación del estímulo fue de 500-600 ms, el tiempo interestímulo superó 1 s.

Se realizaron 40 ensayos en cada tarea por sujeto. Las respuestas del sujeto se registraron en la base de datos por tarea. Se efectuaron cinco ensayos de entrenamiento, las tareas se aplicaron de forma binocular:

1. Detección de movimiento: enrejado sinusoidal de patrón estático y dinámico del enrejado sinusoidal de forma aleatoria. El sujeto señaló, con la barra espaciadora, si ocurría o no movimiento.

2. Discriminación de la orientación: enrejado sinusoidal con dos estímulos para discriminar cuál de estos era inclinado o no. El sujeto marcó con los botones de dirección el lado inclinado. Si estaban iguales no era necesario marcar.
3. Discriminación de la velocidad: enrejado sinusoidal con dos estímulos en movimiento aparente para determinar si uno transcurre a mayor o menor velocidad. En ese caso debió marcar en los botones de dirección de qué lado el enrejado se movió más rápido.
4. Discriminación de la dirección del movimiento: enrejado sinusoidal con parche de Gabor. Se presentaron dos estímulos, uno interior y otro exterior en movimiento; debió determinar la dirección del estímulo exterior. Fueron cuatro alternativas: arriba, abajo, derecha e izquierda, el sujeto marcó con los botones de dirección.
5. Detección de formas: entramado de líneas con arreglos que forman figuras geométricas básicas como triángulo, círculo, cuadrado y rectángulo. El sujeto debió decir el lado donde está la figura, con el objetivo de explorar premisas de reconocimientos de objetos.
6. Inteligencia: la capacidad intelectual fue evaluada con el test de matrices progresivas coloreadas Raven.⁽⁴²⁾

Procedimiento de clasificación

Los niños se dividieron en dos grupos: disléxicos y no disléxicos. El grupo de los disléxicos se conformó con los sujetos que tenían capacidad intelectual en un rango normal-superior según los resultados “del Raven” y con pobre desempeño en el test de exploración de la percepción visual del movimiento, con pobre desempeño en el Test de exploración de la percepción visual del movimiento, mientras el grupo de los no disléxicos mostró una capacidad intelectual en un rango superior y adecuado desempeño en el Test de exploración de la percepción visual del movimiento.

Resultados

Los resultados mostraron que el rango de frecuencias espaciales para los errores estuvo entre 0,26 Hz y 5,6 Hz para disléxicos, con un IC del 95 %; mientras el rango de frecuencias espaciales para los aciertos en los no disléxicos estuvo entre 0,26 Hz y 2,34 Hz. Para frecuencias espaciales muy bajas se incrementó el rango de errores en los disléxicos. Las dificultades en la detección y discriminación del movimiento estuvieron vinculadas con los rasgos de verticalidad y oblicuos del movimiento, así como cuando los estímulos presentaron paralelismo (tabla). Se observó que los no disléxicos ejecutaron adecuadamente la tarea sin mostrar una preferencia hacia una dirección de movimiento en particular, todas las direcciones fueron debidamente detectadas y discriminadas con un menor número de errores que en los disléxicos. Las diferencias fueron significativas estadísticamente a partir de un análisis de proporción de aciertos con un intervalo de confianza (IC) del 95 %.

Tabla - Caracterización de la detección y discriminación de la percepción del movimiento en ambos grupos

Grupo	Frecuencia espacial	Detección del movimiento	Discriminación de orientación	Dirección de movimiento	Número de errores	Número de aciertos
Disléxicos	Bajas (0,26-5,6 Hz)	Patrón dinámico	Vertical/ Oblicuo	Paralelismo	Mayor	Menor
No disléxicos	Bajas (0,26-2,34 Hz)	Patrón dinámico y estático	Todas orientaciones	Todas direcciones	Menor	Mayor

Fuente: test de exploración visual de la percepción del movimiento.

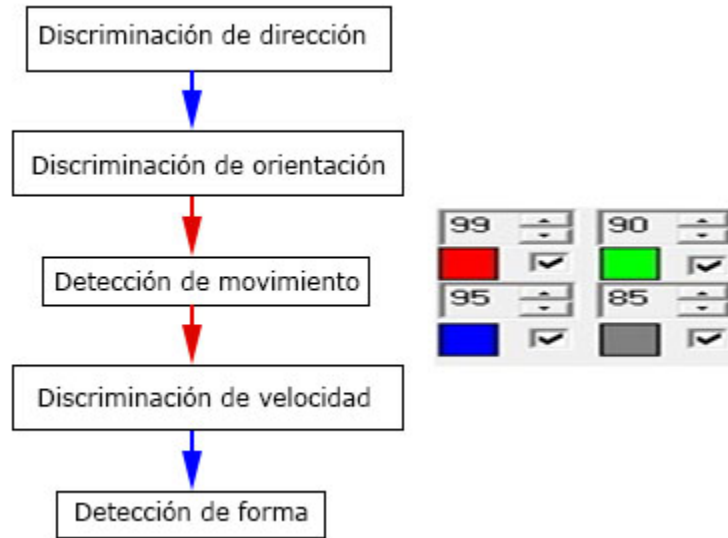
Hubo diferencias entre los grupos en cuanto a la detección de la forma con IC del 95 % y la significación fue de 0,017 para los errores y de 0,047 para los aciertos. Se comprobó que los disléxicos mostraron mejor desempeño en la detección de forma que en las tareas de percepción del movimiento, con diferencias significativas en cuanto a la ejecución de esta entre los dos grupos. Se confirmó con la prueba de proporción de aciertos (95 % de confiabilidad) las diferencias significativas entre los grupos. Con respecto a los aciertos, los disléxicos acertaron

en el 74,5 % (626) de las respuestas, mientras el grupo no disléxicos acertó en el 93,1 % (1938) de las respuestas, con una significación de 0,008, lo cual indicó que los disléxicos tuvieron un déficit en la detección del movimiento y discriminación del movimiento.

No disléxicos

Con el análisis estadístico implicativo se determinó que la velocidad, la dirección del movimiento y la orientación en un rango del 91,1 % y el 79,2 % dependió de la contribución de la relación entre la sensibilidad visual a la detección del movimiento (detección de movimiento) y la detección de la forma, que el rango fue del 55,3 al 85,1 %. El riesgo estuvo en un rango de 0,000435 a 0,0674 para la clasificación de los niveles. Con relación a jerarquía, la detección de la forma indica interrelación entre el sistema parvocelular y magnocelular en el sistema visual.

La figura 1 muestra la coherencia funcional de la detección y discriminación del movimiento y la forma en el grupo no disléxicos, esta coherencia se determina a través de la siguiente descripción: la ejecución correcta de la discriminación de la orientación, implica la detección correcta del movimiento y la forma con una alta cohesión. La ejecución correcta de la detección del movimiento, en una alta cohesión, implica una ejecución correcta de la discriminación de velocidad. Ambas reglas siempre se cumplen, pero su orden de continuidad depende de la correcta detección del movimiento como condición inicial. La ejecución correcta de la detección de forma recibe contribución de una correcta detección y discriminación del movimiento.

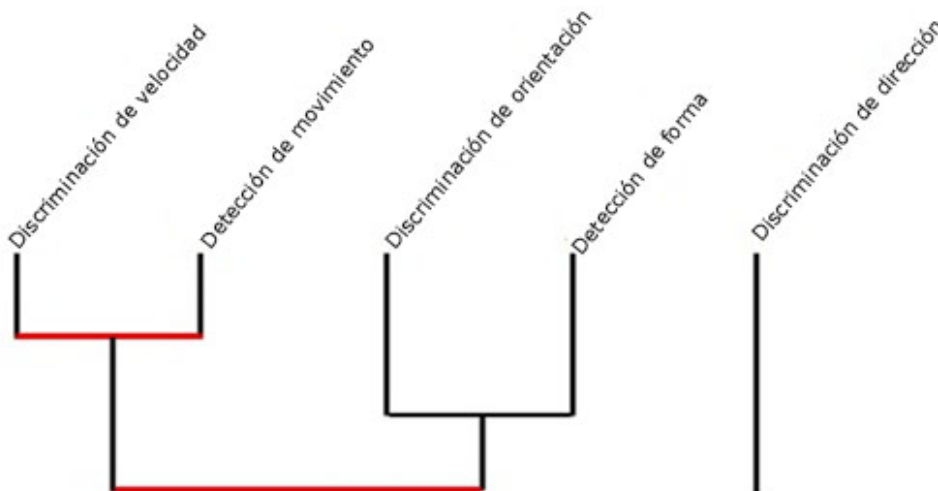


Fuente: CHIC (Clasificación Jerárquica, Implicativa y Cohesiva).

Fig. 1 - Perfil de implicación en la detección y discriminación del movimiento y la forma para grupo no disléxicos.

Disléxicos

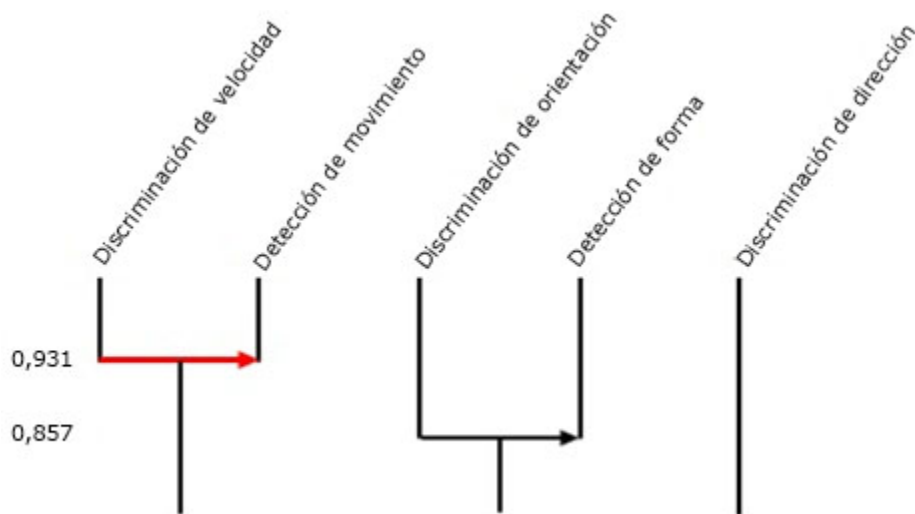
El grupo disléxico mostró poca similaridad, implicación y cohesión en los resultados de detección y discriminación del movimiento y la forma (fig. 2). Los índices de similaridad estuvieron entre 0,97 y 0,73.



Fuente: CHIC (Clasificación Jerárquica, Implicativa y Cohesiva).

Fig. 2 - Perfil de similaridad en la detección y discriminación del movimiento y forma en disléxicos.

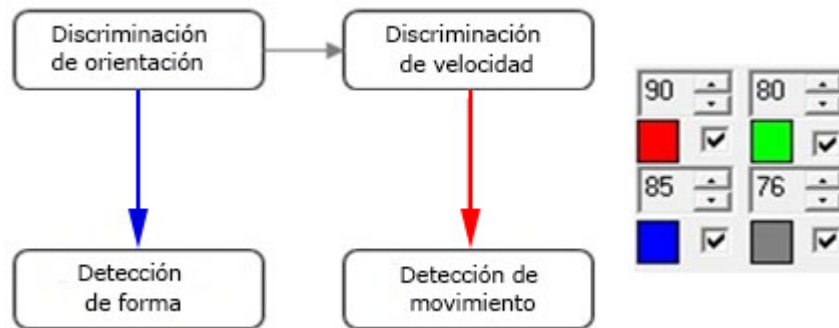
Los índices de cohesión advirtieron alta cohesión entre el rendimiento en la discriminación de la velocidad y la sensibilidad a la detección del movimiento; entre el rendimiento en la discriminación de la orientación y la detección de la forma. Se destacaron dos niveles de significación y se mantuvo la discontinuidad funcional en la figura, con respecto a la discriminación de la dirección. Esta discontinuidad indica dificultades en la organización perceptiva de las pistas visuales del movimiento (fig. 3).



Fuente: CHIC (Clasificación Jerárquica, Implicativa y Cohesitiva).

Fig. 3 - Perfil de cohesión en la detección y discriminación del movimiento en disléxicos.

Los índices de implicación confirmaron la discontinuidad funcional del rendimiento en la detección y discriminación del movimiento. Se observó la falta de continuidad funcional y cohesión de la discriminación de la dirección con el resto de componentes del movimiento, con una confiabilidad de 76 a 90 % (fig. 4).



Fuente: CHIC (Clasificación Jerárquica, Implicativa y Cohesiva).

Fig. 4 - Perfil de implicación en la detección y discriminación del movimiento y forma en disléxicos.

El perfil del déficit de la detección y discriminación del movimiento y forma sugiere la relación de jerarquía que se refieren a: Las dificultades en la discriminación de la orientación pueden implicar un déficit en la detección de la forma. Las dificultades en la discriminación de velocidad implican un déficit en la sensibilidad visual a la detección del movimiento (detección del movimiento). Ambos patrones no tienen mucha implicación entre sí. Las dificultades en la discriminación de la dirección no tienen implicación con el resto de los resultados.

Discusión

Los Pleonasmo muestran que las características del perfil de procesamiento visual del movimiento en los disléxicos se manifiestan en la falta de continuidad funcional entre la discriminación de la dirección con el resto de componentes del movimiento. Se observa que las manifestaciones del perfil del procesamiento visual expresan diferencias entre los grupos no solo en el procesamiento visual del movimiento sino también en el procesamiento de la forma, lo cual promueve nuevas líneas de investigación en este sentido. (7,41,42,43,44,45,46)

El perfil de los disléxicos mostró mejor desempeño en estímulos que tenían una orientación horizontal y componentes ortogonales cuando se combinan el movimiento hacia la izquierda y hacia abajo en un estímulo, y hacia derecha y

hacia arriba en el otro. El grupo no disléxico acertó en todas las alternativas de la tarea parche de Gabor, con contraste de 0,99. Los errores, por otro lado, se relacionaron con componentes de verticalidad, paralelismo y oblicuidad del movimiento aparente para frecuencias espaciales muy bajas, a pesar de un contraste de 0,99. (42,43,44,45,46)

El déficit en la detección y discriminación del movimiento descrito anteriormente apunta a problemas en la regulación de la preponderancia de los rasgos globales del movimiento. (7,41,42,43,44,45,46) Esto sustenta que el déficit visual de los disléxicos se vincula con determinados rasgos de la información visual, y, por ende, con células de campo receptivos específicos del sistema magnocelular/dorsal visual. (47,48,49)

A partir de estos resultados se puede inferir que la integración de la información visual no garantiza conformar los patrones completos y bien ordenados de las variaciones espaciotemporales que se modela a través del estímulo, ya que hay células con propiedades vinculadas a pistas como la verticalidad, oblicuidad, paralelismo que no procesan esta información adecuadamente. A pesar de que una gran cantidad de estudios describen resultados similares, no hay referencias de estudios que detallen el perfil de procesamiento visual para los componentes del movimiento aparente como velocidad, dirección, sensibilidad a la detección del movimiento y orientación. (46,47,48,49,50,51,52,53)

Las evidencias relacionadas con las bases neurales que subyacen a la estabilidad binocular y las propiedades de las fijaciones visuales, hacen suponer que los disléxicos pudieran padecer de menos precisión y focalización visual por unidad de tiempo y, por consiguiente, ser menos capaces de estabilizar ambos ojos durante la fijación, especialmente cuando convergen a 30 cm, como en la lectura. Por ende, cabría la hipótesis de que la línea de visión en ellos se entrecruza y provoca que una línea atravesara a la otra. Esto incluso pudiera explicar el hecho de que los disléxicos refieren que las letras también se cruzan. Es probable que desde la estabilidad binocular y la eficiencia de la fijación que posean los disléxicos haya un efecto sobre la aparición del déficit en la detección y discriminación del movimiento y la forma.

Las relaciones de implicación estadística observadas en los disléxicos exhiben el patrón de discontinuidad del déficit en la detección y discriminación del movimiento y la forma descrito en los párrafos anteriores y se pudo establecer que el patrón de procesamiento en la detección y discriminación del movimiento coherente es diferente entre los ambos grupos y se caracteriza por discontinuidad funcional, falta de implicación de los resultados en la detección y discriminación del movimiento y forma.^(46,47,48,49,50,51,52,53) Por otro lado, aunque se observó una mejor ejecución en la proporción aciertos de los disléxicos en la detección de la forma, se evidenció que el desempeño es diferente al grupo no disléxicos.

Conclusiones

Se confirmó un déficit en la detección y discriminación del movimiento y sus componentes en los disléxicos. Este déficit presenta un perfil que se caracteriza por una mayor proporción de errores que aciertos durante la detección del movimiento y la discriminación de la orientación, velocidad y dirección del mismo para frecuencias espaciales muy bajas. Los aciertos dependieron de orientación horizontal y componentes ortogonales en el movimiento aparente. Mientras los errores dependieron de componentes de horizontalidad, paralelismo y oblicuidad en el movimiento aparente. Estos resultados revelan la presencia de dificultades en la regulación de la integración de los rasgos del movimiento y sus componentes en el espacio en etapas tardías del procesamiento del movimiento con particularidades funcionales específicas. El perfil muestra un mejor desempeño en el procesamiento de la forma que en el movimiento, pero diferente al grupo de los no disléxicos.

Por último, estos resultados argumentan la idea de que las dificultades de los disléxicos subsisten no solo en el dominio del lenguaje sino también en el dominio visual, con predominio del déficit en el procesamiento magnocelular/dorsal y un mejor funcionamiento del sistema parvocelular/ventral.

Referencias bibliográficas

1. Vieiro P. Acquisition and learning of reading-writing: bases and main alterations. In: Development and acquisition manual. Barcelona: Masson; 2003.
2. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders of the American Psychiatric Association. DSM- 5. Washington, DC: American Psychiatric Pub; 2014.
3. Coltheart M, Rastle K, Perry C, Langdon R, Ziegler J. DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. Psychol Rev. 2001 [acceso 03/02/2018];108(1):204-56. Disponible en: <http://psycnet.apa.org/record/2001-16162-009>
4. Castles A, Coltheart M. Varieties of developmental dyslexia. Cognition 1993 [acceso 02/04/2018];47:149-80. Disponible en: <http://gondabrain.ls.biu.ac.il/Neuroling/courses/522/papers/CastlesColtheart1993.pdf>
5. International Dyslexia Association. Dyslexia Basics. 2016 [acceso 14/02/2018]. Disponible en: <http://www.interdys.org/FactSheets.htm>
6. Stein J. The Magnocellular Theory of Developmental Dyslexia. Dyslexia 2001 [acceso 09/04/2018];7:12-36. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/e1d5/47937fb2053d0ea999395c9bb7cd0761c54b.pdf>
7. Stein J. What is Developmental Dyslexia? Brain Sci Rev 2018 [acceso 06/03/2019];8(26):4-43. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/278430.pdf>
8. Galaburda AM, Livingstone M. Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. Ann N Y Acad Sci. 1993 [acceso 10/03/2017];682:70-82. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8323161>
9. Ramos Tresguerres AE. Parametric analysis of cognitive perceptual variables in normolectors and evolutionary dyslexics. [PhD thesis in Psychology]. Asturias, University of Oviedo; 2015 [acceso 12/03/2017]. Disponible en: http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/38519/6/TD_AlfredoEnriqueRamos.pdf

10. Gabay Y, Dundas E, Plaut D, Behrmann M. Atypical perceptual processing of faces in developmental dyslexia. *Brain Lang.* 2017 [acceso 18/03/2019];173:41-51. Disponible en: [Atypical perceptual processing of faces in developmental dyslexia](#)
11. Kranich S, Lupfer G. Evaluating the Magnocellular Deficit Theory of Dyslexia Using the Flash-Lag Effect. *J Artic Supp Null Hypoth.* 2014 [acceso 10/04/2018];10(2). Disponible en: <http://www.jasnh.com>
12. Gabay Y, Thiessen ED, Holt LL. Impaired Statistical Learning in Developmental Dyslexia. *J Speech Lang Hear Res;* 2015 [acceso 11/03/2018];58(3):934-45. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4490081/>
13. Yamamoto H, Kita Y, Kobayashi T. Deficits in Magnocellular Pathway in Developmental Dyslexia: A Functional Magnetic Resonance Imaging-Electroencephalography Study. *J Behav and Brain Sci;* 2013 [acceso 11/04/2018];3:168-78. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/jbbs>
14. Wässle H, Boycott BB. Functional architecture of the mammalian retina. *Physiol Rev.* 1991 [acceso 22/01/2008];71:447-480. Disponible en: <http://www.physiology.org/doi/pdf/10.1152/physrev.1991.71.2.447>
15. Wandell BA, Le RK. Diagnosing the Neural Circuitry of Reading. *Neuron.* 2017 [acceso 16/03/2018];9(2):298-311. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627317306980>
16. Danelli L, Berlingeri M, Bottini G. Neural intersections of the phonological, visual magnocellular and motor/cerebellar systems in normal readers: implications for imaging studies on dyslexia. *Hum Brain Mapp.* 2013 [acceso 22/02/2018];34:2669-87. Disponible en: http://www.academia.edu/download/45799359/Neural_intersections_of_the_phonological20160520-10049-1wz1tta.pdf
17. Galaburda AM, Duchaine BC. Developmental disorders of vision. *Neurol. Clin.* 2003 [acceso 10/03/2013];21(3):687-707. Disponible en: <http://discovery.ucl.ac.uk/4502/1/4502.pdf>
18. Galletti C, Fattori P. The dorsal visual stream revisited: Stable circuits or dynamic pathways? *Cortex;* 2018 [acceso 19/02/2019];98:203-17. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945217300151?via%3Dihub>

19. Krafnick AJ, Flowers DL, Luetje MM, Napoliello EM, Eden GF. An Investigation into the Origin of Anatomical Differences in Dyslexia. *J Neurosci*. 2014 [acceso 12/01/2017];34(3):901-8. Disponible en:

<http://www.jneurosci.org/content/34/3/901>

20. Giraldo-Chica M, Hegarty JP, Schneider KA. Morphological differences in the lateral geniculate nucleus associated with dyslexia. *Neurol Clin*. 2015 [acceso 11/01/2017];7:830-36. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4459050/>

21. Hannagan T, Amedi A, Cohen L, Dehaene-Lambertz G, Dehaene S. Origins of the specialization for letters and numbers in ventral occipitotemporal cortex. *Trends Cogn Sci*. 2015 [acceso 07/03/2016];19(7):374-82. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661315001187>

22. Paulesu E, Danelli L, Berlinger M. Reading the dyslexic brain: multiple dysfunctional routes revealed by a new meta-analysis of PET and fMRI activation studies. *Front Hum Neurosci*; 2014 [acceso 11/03/2016];8:830. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4227573/>

23. Waldie KE, Wilson AJ, Roberts R, Moreau D. Reading network in dyslexia: Similar, yet different. *Brain Lang*; 2017 [acceso 19/06/2018];174:29-41. Disponible en: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/154851.pdf>

24. Davis MH. The Neurobiology of Lexical Access. En: *Neurobiology of Language*. California, USA. Academic Press; 2016. p. 541-55.

25. Kronbichler L, Kronbichler M. The Importance of the Left Occipitotemporal Cortex in Developmental Dyslexia. *Curr Develop Disord Reports*. 2018 [acceso 10/05/2018];5(1):1-8. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40474-018-0135-4>

26. Haak KV, Beckman CF. Objective analysis of the topological organization of the human cortical visual connectome suggests three visual pathways. *Cortex*. 2018 [acceso 11/02/2018];98:73-83. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5780302/>

27. Liu LD, Pack CC. The Contribution of Area MT to Visual Motion Perception Depends on Training. *Neuron*. 2017 [acceso 13/12/2018];95:443-6. Disponible en: [https://www.cell.com/neuron/pdf/S0896-6273\(17\)30548-2.pdf](https://www.cell.com/neuron/pdf/S0896-6273(17)30548-2.pdf)
28. Bayram A, Karahan E, Bilgiç B, Ademoglu A, Demiralp T. Achromatic temporal-frequency responses of human lateral geniculate nucleus and primary visual cortex. *Vision Res*. 2016 [acceso 19/06/2017]; 127:177-85. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004269891630102X>
29. Johnston R, Pitchford NJ, Roach NW, Ledgeway T. Why is the processing of global motion impaired in adults with developmental dyslexia? *Brain and Cog*. 2016 [acceso 15/04/2017];108:20-31. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5029198/pdf/main.pdf>
30. Johnston R, Pitchford NJ, Roach NW, Ledgeway T. New insights into the role of motion and form vision in neurodevelopmental disorders. *Neurosci Biobehav Rev*. 2017 [acceso 10/04/2018];83:32-45. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763417302129?via%3Dihub>
31. Johnston R, Pitchford NJ, Roach NW, Ledgeway T. Encoding of rapid time-varying information is impaired in poor reader. *J Vis*. 2017 [acceso 10/04/2018];17:1-13. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5412969/>
32. Cajar A, Engbert R, Laubrock J. Spatial frequency processing in the central and peripheral visual field during scene viewing. *Vision Res*. 2016 [acceso 11/03/2017];186-97. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698916300827>
33. Derrington AM, Badcock DR. Two-stage analysis of the motion of 2-dimensional patterns: What is the first stage? *Vision Res*. 1992 [acceso 16/03/2016];32(4):691-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004269899290185L>
34. Li H, Liu X, Li X, Lu Y, Spillman L, Andolina IM, *et al*. Asymmetries of Dark and Bright Negative Afterimages Are Paralleled by Subcortical ON and OFF Post-Stimulus Responses. *J Neurosci*. 2017 [acceso 13/09/2017];2021:1-23. Disponible

en:

<http://www.jneurosci.org/content/jneuro/early/2017/01/11/JNEUROSCI.2021-16.2017.full.pdf>

35. Carballo Reina O. Evaluation of the perception of movement in dyslexic children. MEDISAN. 2012 [acceso 10/02/2014];16(1):1029-3019. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192012000100002

36. Poder E. Combining local and global limitations of visual search. J Vision. 2017 [acceso 06/03/2018];17(4):10. Disponible en: <http://jov.arvojournals.org/issues.aspx?issueid=936164&journalid=178#issueid=936164>

37. Ferro Sánchez CA, Ortigoza Micolta DR. Estudio para determinar las diferencias anatómicas del núcleo geniculado lateral en pacientes con dislexia a través de las imágenes de resonancia magnética. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente; 2017 [acceso 23/01/2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10614/9888>

38. Persike M, Meinhardt G. Contour integration with corners. Vision Res. 2016 [acceso 27/04/2017];127:132-40. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004269891630089X>

39. APA. Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5). Arlington, VA: Editorial Medica Panamericana; 2014.

40. Carballo Reina O, Barcas Trovajo B. Validation and consistency of the Visual Exploration Test of Motion Perception. MEDISAN. 2015 [acceso 10/03/2016];19(8):935. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1029-30192015000800002&script=sci_arttext&tlng=pt

41. Raven J. Raven matrices progresivas. Madrid: TEA; 1995.

42. Cao F, Yan X, Spray GJ, Liu Y, Deng Y. Brain Mechanisms Underlying Visuo-Orthographic Deficits in Children With Developmental Dyslexia. Front. Hum. Neurosci. 2018 [acceso 11/05/2019];12:490. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2018.00490/full>

43. Lu H, Tjan BS, Liu Z. Human efficiency in detecting and discriminating biological motion. *J Vision*. 2017 [acceso 08/01/2018];17(6):1-14. Disponible en: <http://jov.arvojournals.org/pdfaccess.ashx?url=/data/journals/jov/936277/>
44. Gori S, Seitz-Luca AR, Franceschini S, Facoetti A. Multiple Causal Links Between Magnocellular-Dorsal Pathway Deficit and Developmental Dyslexia. *Cerebral Cortex*. 2016 [acceso 16/06/2017];26(11):4356-69. Disponible en: <https://academic.oup.com/cercor/article/26/11/4356/2374060>
45. Norton ES, Beach SD, Gabrieli JDE. Neurobiology of dyslexia. *Curr Opin Neurobiol*. 2015 [acceso 23/04/2016];30:73-8. Disponible en: <http://europepmc.org/article/MED/25290881#free-full-text>
46. Zhao J, Yan Bi H, Coltheart M. Different relationship of magnocellular-dorsal function and reading-related skills between Chinese developing and skilled readers. *J Plos One*. 2017 [acceso 18/03/2018];13. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0179712&type=printable>
47. Zaric G, Correia JM, Fraga González G. Altered patterns of directed connectivity within the reading network of dyslexic children and their relation to reading dysfluency. *Develop Cogn Neurosci*. 2017 [acceso 18/01/2018];23:1-13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27919003/>
48. Meier K, Sum B, Giashi D. Global motion perception in children with amblyopia as a function of spatial and temporal stimulus parameters 2016. *Vision Res*. 2016 [acceso 02/05/2018];127:18-27. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698916300724>
49. Burton EA, Wattam-Bell J, Rubin GS. The effect of blur on cortical responses to global form and motion. *J Vision*. 2015 [acceso 13/06/2017];15(12):1-14. Disponible en: <http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2472922>
50. Grainger J, Dufau S, Ziegler JC. A Vision of Reading. *Trends Cogn Sci*. 2016 [acceso 22/02/2017];20(3):171-9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364661315003137>
51. Nicola RJ, Neil NJ, Roach NW, Ledgeway T. Why is the processing of global motion impaired in adults with developmental dyslexia? *Brain Cogn*. 2016 [acceso

31/05/2017];108:20-31.

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393216302627>

52. van Polanen V, Davare M. Interactions between dorsal and ventral streams for controlling skilled grasp. *Neuropsychologia*. 2015 [acceso 10/01/2017];79:186-91.

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4678292/>

53. Wilson HR, Wilkinson F. From orientations to objects: Configural processing in the ventral stream. *J Vision*. 2015 [acceso 19/06/2016];15(7):1-10. Disponible en:

<http://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2389024>.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Onelia Carballo Reina.

Curación de datos: Beatriz Barcas Trovajo.

Análisis formal: Larisa Zamora Matamoros.

Adquisición de fondos: Onelia Carballo Reina.

Investigación: Onelia Carballo Reina.

Metodología: Onelia Carballo Reina.

Administración de proyecto: Onelia Carballo Reina.

Recursos: Beatriz Barcas Trovajo.

Software: Larisa Zamora Matamoros.

Supervisión: Onelia Carballo Reina.

Validación: Onelia Carballo Reina.

Visualización: Beatriz Barcas Trovajo.

Redacción - borrador original: Beatriz Barcas Trovajo.

Redacción - revisión y edición: Onelia Carballo Reina.