



Cercle
d'Optometria

Suplement de

OPTOMETRISTES.CAT

edició Nº 27 / 2021



Moviments oculars en infants derivats amb possibles dèficits de motilitat ocular i problemes d'aprenentatge i/o desenvolupament

Valldeflors Viñuela

Navarro

Optometry and Vision Science Research Group, Optometry School, Aston University, Birmingham, UK

INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

El 80% de l'aprenentatge s'obté a través del sentit de la vista¹ i, en conseqüència, la visió pot considerar-se una aportació sensorial vital per al desenvolupament i aprenentatge. Per tant, qualsevol condició que afecti la visió, inclosos els errors refractius no corregits i les anomalies de la visió binocular, poden reduir el rendiment de la població infantil en entorns d'aprenentatge, recreatius i/o ocupacionals². A més a més, els moviments oculars també són una potencial causa de deteriorament visual, ja que aquests ens permeten mantenir la fixació ocular de manera continuada en un objecte d'interès o en paraules d'un text, canviar la posició de la nostra fixació de manera seqüencial per explorar visualment l'espai circumdant, canviar involuntàriament la fixació i atenció a diferents objectes que apareixen en el nostre camp visual, i fer un seguiment precís d'objectes en moviment que apareixen en l'entorn. Per tant, les dificultats en la motilitat ocular poden tenir també un impacte important en el desenvolupament i l'aprenentatge. Tot i això, actualment es desconeix la prevalença i les característiques dels dèficits de motilitat ocular en infants, així com l'associació entre aquests i les dificultats de lectura, aprenentatge i/o desenvolupament. A conseqüència, els professionals de la salut visual poden tenir dubtes a l'hora d'avaluar i examinar pacients en edat escolar derivats amb possibles dèficits oculomotors relacionats amb rendiment acadèmic baix o problemes de lectura³.

Aquest estudi es va dissenyar amb l'objectiu d'entendre millor la possible relació entre els dèficits de motilitat ocular i els problemes d'aprenentatge i/o desenvolupament en la població escolar.

MÈTODES

PARTICIPANTS

Tots els pacients en edat escolar amb problemes d'aprenentatge i/o desenvolupament que van ser derivats a l'*Special Assessment Clinic* (Universitat de Cardiff) amb possibles dèficits de la motilitat ocular o per a una avaluació exhaustiva dels moviments oculars durant un període de 12 mesos van ser invitats a participar en l'estudi. Les famílies dels pacients que van ser identificats com a possibles participants van rebre una carta d'invitació a l'estudi juntament amb un document informatiu proporcionant tots els detalls i procediments d'aquest. Totes aquelles famílies que van respondre positivament a la invitació de l'estudi van rebre una trucada de l'investigador principal per parlar de l'estudi i acordar un dia i hora de visita per a la seva

participació. Durant la visita, l'investigador va explicar l'estudi als participants i a les seves famílies i va respondre als seus dubtes i preguntes. Abans de començar l'estudi, els participants i els seus pares van completar i signar un document de consentiment informat.

El protocol, els procediments i els documents de l'estudi van ser aprovats pel Comitè d'Ètica de Recerca del National Health Service del Sud-est de Gal·les (Regne Unit) i tots els procediments es van dur a terme d'acord amb les directrius de la Declaració de Hèlsinki.

PROCEDIMENTS

Abans de l'enregistrament i gravació dels moviments oculars, es va realitzar una breu anamnesi juntament amb un examen optomètric de cribratge per assegurar que tots els participants tinguessin una bona agudeses visual (AV), una correcció apropiada de l'error refractiu i l'absència de problemes binoculars. Per a la mesura de l'AV, es van utilitzar dos optotips pediàtrics en format logMAR, el Kay Pictures Crowded (amb dibuixos) i el Keeler logMAR (lletres), i cada participant va escollir quin dels optotips preferia⁴ per aquest procediment. L'AV es va mesurar en monocular, binocular, de lluny i a prop amb la millor correcció òptica. L'error refractiu dels participants es va obtenir mitjançant la retinoscòpia de Mohindra, ja que aquesta permetia un millor control de l'acomodació en comparació amb la retinoscòpia de lluny⁵. De la mateixa manera, la retinoscòpia de Mohindra permetia també l'enregistrament i gravació dels moviments oculars durant la mateixa visita, cosa que la refracció cicloplègica no hagués permès. La presència d'una bona visió binocular va ser avaluada amb la realització del cover test de lluny i de prop i el punt pròxim de convergència (PPC), ambdós utilitzant estímuls acomodatius. A més a més, es va mesurar l'estereoagudeses amb el test de Frisby i la precisió acomodativa amb un mètode de retinoscòpia dinàmica Nott modificat⁶.

L'enregistrament dels moviments oculars sacàdics i de seguiment es va realitzar en condicions binoculars i mitjançant l'*eye-tracker* comercial Tobii TX300 (Tobii Technology, Stockholm, Suècia). Per a aquest procediment, es demanava als participants que s'asseguessin a una distància de 65 cm del monitor de l'ordinador on l'*eye tracker* es trobava integrat. Per assegurar que els participants mantenien la mateixa posició durant el procediment es va utilitzar un eina desenvolupada pel mateix investigador⁷ i descrita i posada a la pràctica en altres estudis de recerca^{8,9}. Abans del calibratge i gravació dels moviments oculars, l'alçada de la cadira del participant i/o l'*eye tracker*/monitor es van ajustar per garantir que els ulls del participants es trobessin posicionats davant del centre geomètric del monitor, i alineats amb el punt central de calibratge de l'*eye tracker*. A continuació, es va procedir a un calibratge estàndard durant el qual es presentava un estímulo visual desplaçant-se aleatòriament a cinc punts diferents del monitor (centre geomètric i els quatre extrems). Un cop es completava el calibratge satisfactòriament en les cinc posicions, es procedia a l'enregistrament dels moviments oculars dels participants mentre aquests realitzaven dues tasques visuals.

En la primera tasca visual, es presentava en el monitor un estímulo animat que es movia horitzontalment (Figura 1) a una velocitat

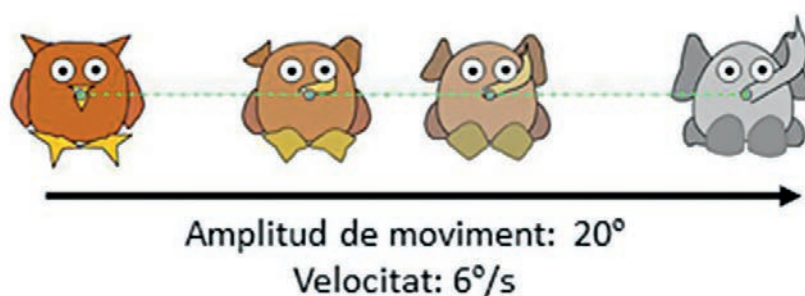


Figura 1. Diagrama que il·lustra la tasca visual per a l'avaluació de moviments oculars de seguiment.

INVESTIGACIÓ ORIGINAL

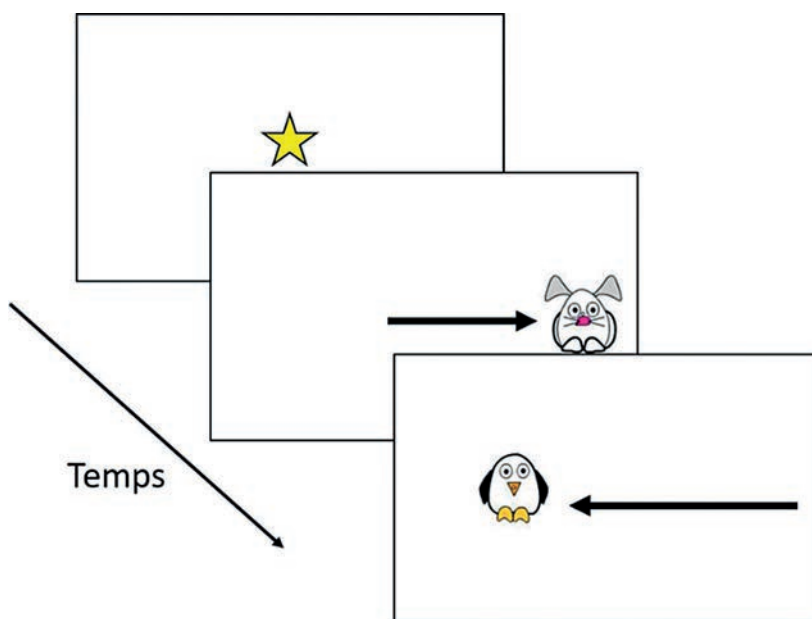


Figura 2. Diagrama que il·lustra la tasca visual per a l'avaluació de moviments oculars sacàdics.

constant de 6°/s de dreta a esquerra i d'esquerra a dreta. L'amplitud del moviment de seguiment generat era de 20° d'angle visual. Aquest procediment permetia avaluar els moviments oculars horitzontals de seguiment.

A continuació, es van enregistrar els moviments oculars mentre els participants realitzaven una tasca sacàdica. Els estímuls utilitzats per aquesta tasca visual consistien en dibuixos d'animals de 2° d'angle visual que apareixien de manera aleatòria en l'eix horitzontal del monitor (**Figura 2**). Aquests generaven moviments oculars sacàdics de diferent amplitud (5°, 10°, 15° i 20°) i en diferents direccions (dreta i esquerra).

La presentació d'estímuls per a aquestes tasques visuals era idèntica a la utilitzada en els estudis anteriors i ha estat descrita amb detall en altres publicacions de la mateixa investigadora^{8,9}.

anteriors i ha estat descrita amb detall en altres publicacions de la mateixa investigadora^{8,9}.

ANÀLISIS DE L'ENREGISTRAMENT DE LA MOTILITAT OCULAR

Les dades de l'enregistrament de la motilitat ocular obtingudes amb l'*eye tracker* que contenen les traces de posició dels ulls es van exportar i l'anàlisi es va realitzar mitjançant la creació d'un programa de Matlab (The Mathworks, Inc., Natick, Massachussets, Estats Units). Aquest calculava la velocitat i acceleració dels ulls durant les tasques visuals i, a continuació, detectava automàticament la presència de moviments oculars sacàdics introduint l'algorisme de detecció descrit per Behrens et al.,¹⁰.

Per a l'anàlisi dels moviments oculars de seguiment de cada participant, es va calcular el nombre total de sacades durant la tasca visual de seguiment (**Figura 3**) i l'amplitud de cadascuna d'aquestes. A més a més, les traces de moviment ocular lliures de sacades (**Figura 3**) es van analitzar per calcular el guany de velocitat dels moviments de seguiment. El guany de la velocitat del moviment de seguiment es defineix com la proporció entre la velocitat dels ulls i la velocitat de l'estímul, i indica la precisió amb què la velocitat dels ulls coincideix amb la velocitat de l'estímul durant el seu moviment¹¹. Guanys inferiors a 1 indiquen que la velocitat dels ulls és inferior a la velocitat de l'estímul, i guanys a superiors a 1 impliquen que la velocitat dels ulls és superior a la velocitat de l'estímul. És a dir, aquests guanys ens indiquen si els ulls van més lents o més ràpids que l'estímul. El nombre de sacades realitzades ens permet també avaluar la precisió dels moviments oculars de seguiment ja que un augment en el nombre de sacades indicaria dificultats en fer coincidir la velocitat i la posició dels ulls amb les de l'estímul¹².

Per a l'anàlisi dels moviments oculars sacàdics de cada participant, es va calcular l'amplitud i la durada de totes les sacades detectades durant la tasca sacàdica. Un cop obtinguts aquests paràmetres es va computar la seqüència principal sacàdica per a cada participant, representant en un

INVESTIGACIÓ ORIGINAL

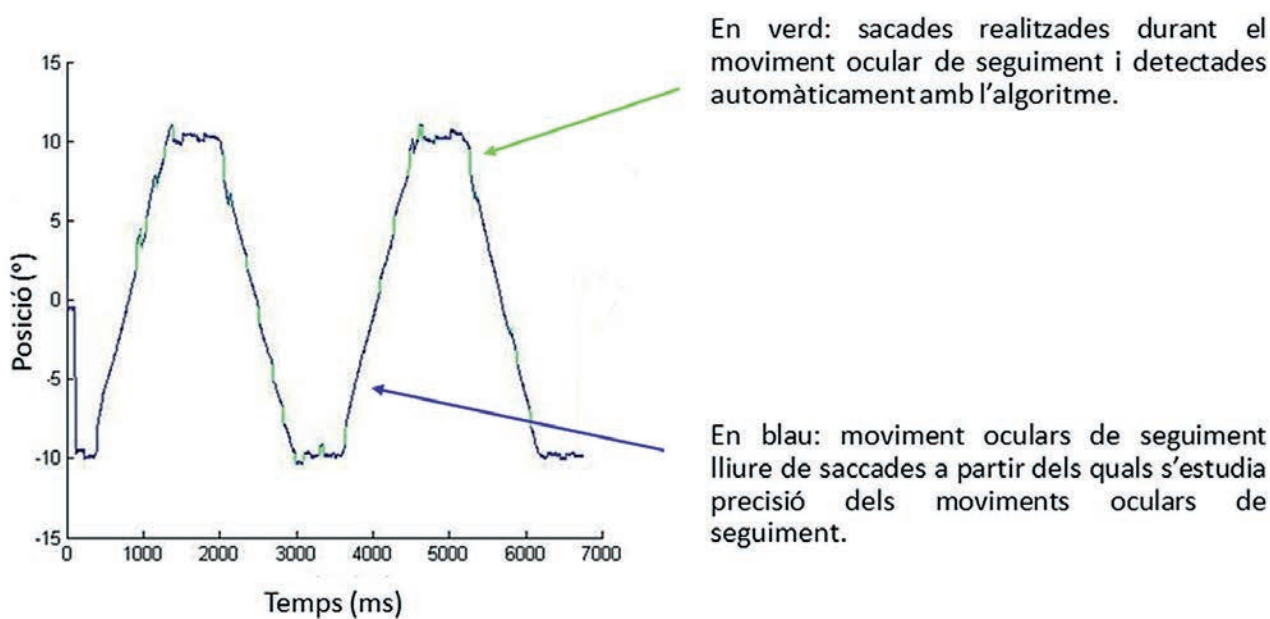


Figura 3. Diagrama que il·lustra l'anàlisi dels moviments oculars de seguiment.

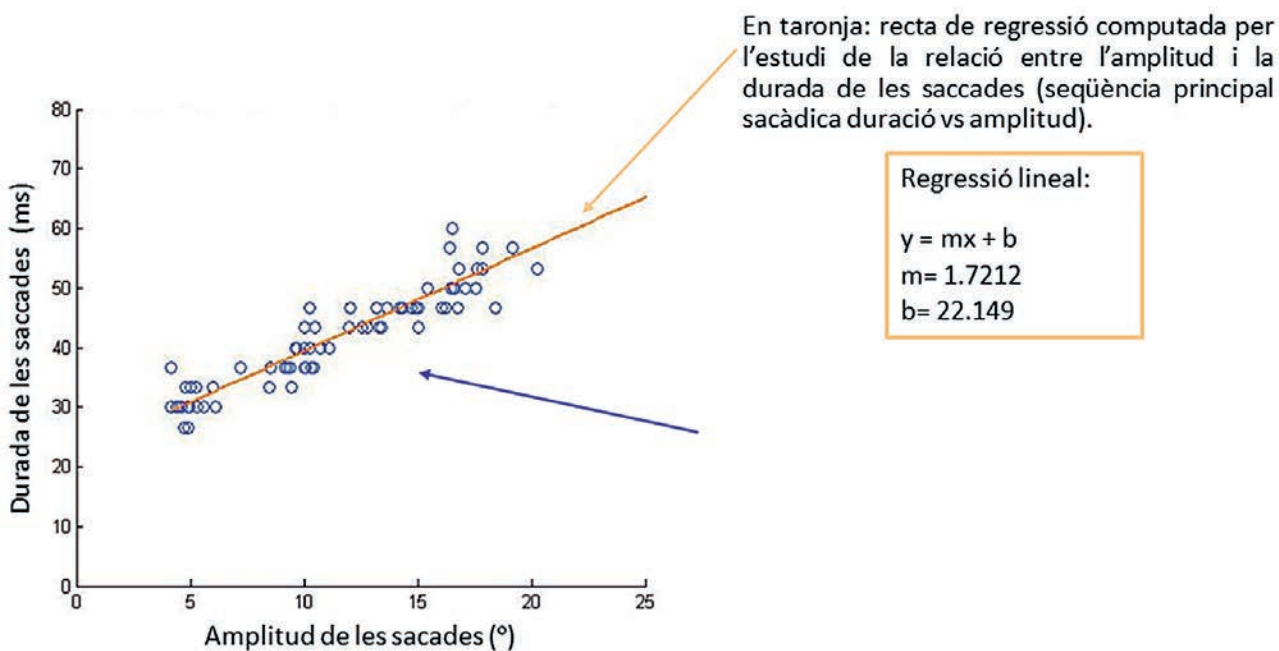


Figura 4. Diagrama que il·lustra l'anàlisi dels moviments oculars sacàdics mitjançant la seqüència principal sacàdica de la velocitat i amplitud de les saccades.

gràfic l'amplitud (°) i la durada (ms) de cada sacada detectada a l'eix X i Y, respectivament (Figura 4). Finalment es va obtenir una regressió lineal i el pendent (m) i la intercepció (b) d'aquesta es van utilitzar per a l'avaluació de la qualitat dels moviments oculars sacàdics (Figura 4). La relació de l'amplitud i la durada de les saccades forma part de les conegudes seqüències principals sacàdiques, que s'han utilitzat per caracteritzar saccades normals i proporcionen informació de valor sobre la dinàmica de les saccades d'un individu¹³.

INVESTIGACIÓ ORIGINAL

RESULTATS

CRIBRATGE OPTOMÈTRIC I ANAMNESI

Els participants amb una AV de logMAR >0,3, estrabisme i/o errors refractius >8D van ser exclosos. Un total d'11 participants (6 nenes i 5 nens) d'entre 5 i 15 anys (mitjana d'edat: 9,54 anys \pm 2,33 de desviació estàndard) van participar en l'estudi.

Pel que fa als resultats de l'examen optomètric de cribratge, l'AV dels 11 participants va ser d'entre logMAR 0,3 i logMAR -0,1, tant en visió llunyana com propera. L'error refractiu esfèric va oscil·lar entre +6,00D i -0,50D i l'error refractiu astigmàtic màxim va ser de -4D. La **Taula 1** presenta les mitjanes aritmètiques dels paràmetres optomètrics obtinguts. En relació a l'avaluació de la visió binocular, tots els participants van demostrar un nivell acceptable d'estereoagudesa (<110"), una convergència i acomodació dins la normalitat (PPC < 5cm; retràs acomodatiu < 0.75D) i fòries de petita magnitud ben compensades.

A més a més, durant l'anamnesi, es va obtenir informació rellevant en relació als problemes d'aprenentatge i desenvolupament dels participants. Aquests es presenten a continuació en la **Taula 2**.

MOTILITAT OCULAR

Els paràmetres de la motilitat ocular obtinguts en els 11 participants van ser comparats als resultats obtinguts en un grup de 120 escolars de dues escoles de Gal·les seguint els mateixos procediments i mètodes. Aquests valors de motilitat ocular han estat publicats anteriorment ^{8,9}.

La **Figura 5** presenta els paràmetres dels moviments oculars de seguiment dels 11 participants (punts grisos: guany de velocitat; punts grocs: nombre de sacades; punts verds: amplitud de les sacades) superposats a l'interval de confiança al 95% obtingut en estudis previs (línies grises: interval de confiança del guany de velocitat; línies grogues: interval de confiança per al nombre de sacades; línies verdes: interval de confiança per a l'amplitud de les sacades)⁹. Es pot observar en ambdós gràfics que molts dels paràmetres obtinguts en referència als moviments oculars de seguiment es troben dins dels intervals de confiança. Això indica que molts d'aquests infants tenen uns moviments oculars de seguiment dins dels valors que es troben en una població infantil de la mateixa edat. De totes maneres també s'observen alguns punts que es troben per fora de les àrees delimitades per les línies dels intervals de confiança. Tal com es mostra a la **Figura 5**, es van obtenir guanys de seguiment inferiors als esperats en tres participants. De la mateixa manera, quatre participants van produir més sacades de les esperades per a l'edat corresponent. Ambdues situacions (guanys reduïts e increment del nombre de sacades) indicarien la presència d'uns seguiments oculars d'un rendiment més baix.

Participant	Dificultats d'aprenentatge i desenvolupament
P01	Dificultats lectores inespecífiques. Baix rendiment acadèmic.
P02	Trastorn específic del llenguatge i dispràxia.
P03	Dislèxia i estrès visual.
P04	Dificultats lectores inespecífiques. Baix rendiment acadèmic.
P05	Dificultats lectores inespecífiques. Baix rendiment acadèmic.
P06	Dislèxia, discalculia i dispràxia.
P07	Trastorn generalitzat del desenvolupament.
P08	Dificultats lectores inespecífiques. Baix rendiment acadèmic.
P09	Dificultats lectores inespecífiques. Baix rendiment acadèmic.
P10	Dificultats lectores inespecífiques. Sospita de Dislèxia.
P11	Trastorn generalitzat del desenvolupament.

Taula 2. Informació obtinguda en relació a els problemes d'aprenentatge i desenvolupament dels participants durant l'anamnesi.

Paràmetre optomètric	Mitjana	Desviació estàndard
AV lluny UD	0,08 logMAR	$\pm 0,17$
AV lluny UE	0,06 logMAR	$\pm 0,14$
AV lluny binocular	0,03 logMAR	$\pm 0,15$
AV a prop UD	0,00 logMAR	$\pm 0,12$
AV a prop UE	0,00 logMAR	$\pm 0,11$
AV a prop binocular	0,00 logMAR	$\pm 0,11$
Error refractiu esfèric UD	+1,55D	$\pm 1,40$
Error refractiu esfèric UE	+1,59D	$\pm 1,77$
Error refractiu astigmàtic UD	1,53D	$\pm 1,33$
Error refractiu astigmàtic UE	1,25D	$\pm 1,28$

Taula 1. Resum dels resultats dels paràmetres obtinguts en el cribratge optomètric realitzat als participants. UD: ull dret; UE: ull esquerre.

La **Figura 6** presenta els paràmetres dels moviments oculars sacàdics dels 11 participants (punts grocs: pendent de la recta de regressió de la relació entre la durada i amplitud de les sacades; punts blaus: pendent de la recta de regressió de la relació entre la durada i amplitud de les sacades) superposats a l'interval de confiança al

95% obtingut en estudis previs (línies grogues: interval de confiança per a la pendent de la recta de regressió; línies blaves: interval de confiança per a la pendent de la recta de regressió)⁸. Novament es pot observar en la **Figura 6** que molts dels paràmetres obtinguts en les sacades es troben dins dels intervals de confiança. Això indica que molts d'aquests infants tenen uns moviments oculars sacàdics dins dels valors que esperem trobar en una població infantil de la mateixa edat. De totes maneres també s'observen alguns punts (corresponents a cinc participants) que es troben fora de les àrees delimitades per les línies dels intervals de confiança que ens indiquen que en alguns d'aquests infants les sacades són més lentes o més ràpides de l'esperat.

A continuació es va realitzar una anàlisi descriptiva addicional per intentar relacionar els dèficits de la motilitat ocular i les dificultats d'aprenentatge/desenvolupament utilitzant la informació proporcionada en l'anamnesi. En general, es va observar que la majoria de participants amb moviments oculars fora de l'interval de confiança corresponien a aquells participants que tenien diagnòstics més específics i/o múltiples (P02, P03, P06, P07, P11 – veure **Taula 2**). En canvi, la motilitat ocular es trobava dins dels valors esperats per l'edat en la majoria de participants que tenien un rendiment acadèmic o rendiment lector baix de manera aïllada (P01, P04, P05 i P09 – veure **Taula 2**), és a dir, sense un diagnòstic específic.

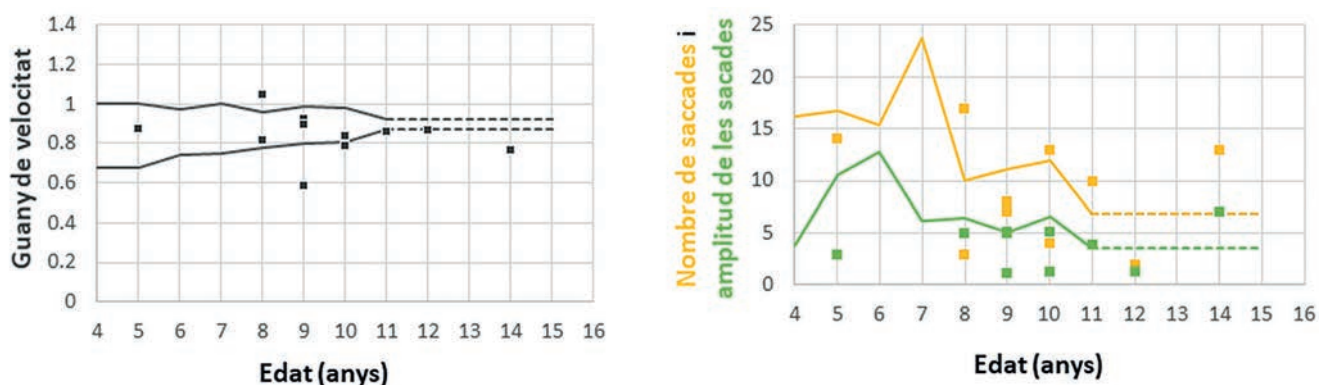


Figura 5. A l'esquerra: guany de velocitat de seguiment: els punts grisos indiquen els guanyats obtinguts dels participants de l'estudi i les línies grises representen l'interval de confiança obtingut en un altre estudi⁹. A la dreta: nombre de sacades i la seva amplitud: els punts indiquen el nombre (groc) i amplitud (verd) de les sacades obtingudes dels participants de l'estudi i les línies representen l'interval de confiança obtingut en un altre estudi⁹.

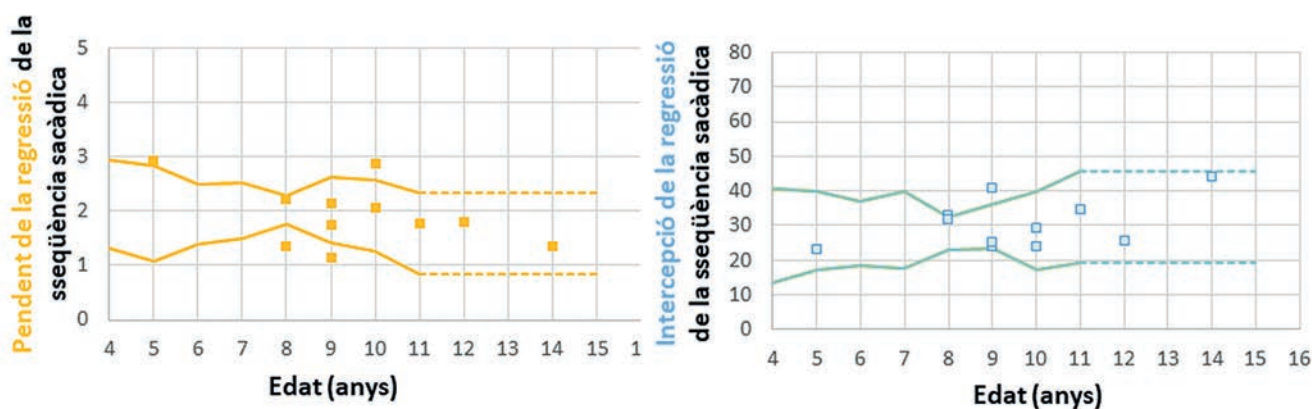


Figura 6. A l'esquerra: pendent de la recta de regressió de la relació entre la durada i amplitud de les sacades: els punts grocs indiquen el pendent obtingut dels participants de l'estudi i les línies representen l'interval de confiança obtingut en un altre estudi⁸. A la dreta: intercepció de la recta de regressió de la relació entre la durada i amplitud de les sacades: els punts blaus indiquen les intercepcions obtingudes dels participants de l'estudi i les línies representen l'interval de confiança obtingut en un altre estudi⁸.

DISCUSSIÓ

Aquest estudi tenia com a objectiu avaluar la motilitat ocular d'una manera totalment objectiva en un grup heterogeni d'infants amb dificultats d'aprenentatge i/o desenvolupament de diferent origen i característiques. Sens dubte, el resultat més rellevant va ser que, en general, es va trobar que la motilitat ocular era reduïda en aquells infants diagnosticats amb dificultats o trastorns més específics, com dislèxia i dispràxia, mentre que en aquells infants amb problemes inespecífics relacionats amb un baix rendiment lector i acadèmic, la motilitat ocular era molt similar a la trobada en un grup poblacional pediàtric de la mateixa edat. Aquests resultats donen suport a la idea que els dèficits de la motilitat ocular poden trobar-se de manera relativament freqüent en infants amb dificultats d'aprenentatge i/o desenvolupament més específiques, complexes i/o globals.

En general, aquests resultats concorden amb altres estudis que suggereixen que els infants amb dificultats específiques d'aprenentatge, com ara la dislèxia^{14,15}, la dispràxia^{16,17}, trastorns del desenvolupament de la coordinació^{16,17}, i trastorns del neurodesenvolupament¹⁸ són més propensos a tenir dèficits de la motilitat ocular. A més, també s'ha trobat que els infants amb retards generals en el desenvolupament, inclosos els nascuts prematurament, presenten dificultats de la motilitat ocular, tant en els seguiments com en les sacades^{17,18}.

Caldria destacar que la mostra poblacional d'aquest estudi és reduïda i no permet una anàlisi estadística. D'aquesta manera, els resultats dels participants es van comparar individualment amb els obtinguts en una població pediàtrica utilitzant la mateixa metodologia i procediment⁷⁻⁹. Tenint això en compte, seria important incrementar la mostra poblacional de l'estudi per integrar anàlisis estadístiques i/o realitzar estudis addicionals en aquest camp per acabar d'entendre millor les característiques de la motilitat ocular en infants amb problemes d'aprenentatge i desenvolupament.

CONCLUSIONS

Aquestes troballes recolzen la idea que infants amb problemes d'aprenentatge i/o desenvolupament derivats a professionals de la salut visual amb possibles dèficits de la motilitat ocular poden presentar dèficits oculomotors, però que en general, aquests dèficits oculomotors són molt més probables en infants amb dificultats d'aprenentatge i/o desenvolupament específics, complexes i/o globals. ■

BIBLIOGRAFIA

1. Garzia RP. The relationship between visual efficiency problems and learning in Scheiman MM, Rouse MW, eds., *Optometric Management of Learning-Related Vision Problems*, 2nd ed. St. Louis: Mosby Elsevier;2006:209-41.
2. Flax N. The relationship between vision and learning: general issues in Scheiman MM, Rouse, M. W., eds., *Optometric Management of Learning-Related Vision Problems*, 2nd ed., St. Louis: Mosby Elsevier;2006:183-209.
3. Barrett BT. A critical evaluation of the evidence supporting the practice of behavioural vision therapy. *Ophthal Physl Opt*. 2009;29(1):4-25.
4. Jones D, Westall C, Averbeck K, Abdolell, M. Visual acuity assessment: a comparison of two tests for measuring children's vision. *Ophthal Physl Opt*. 2003;23(6):541-6.
5. Saunders KJ, Westall CA. Comparison between near retinoscopy and cycloplegic retinoscopy in the refraction of infants and children. *Optom Vis Sci*. 1992;69(8):615-22.
6. McClelland JF, Saunders KJ. Accommodative lag using dynamic retinoscopy: age norms for school-age children. *Optometry Vision Sci*. 2004;81(12), 929-33.
7. Vinuela-Navarro V, Erichsen JT, Williams C, Woodhouse JM. Effect of stimulus type and motion on smooth pursuit in adults and children. *Optom Vis Sci*. 2017;94:760-9.
8. Vinuela-Navarro V, Erichsen JT, Williams C, Woodhouse JM. Saccades and fixations in children with delayed reading skills. *Ophthal Physl Opt*. 2017;37(4):531-41.
9. Vinuela-Navarro V, Williams CEM, Erichsen JT, Woodhouse JM. Quantitative characterisation of smooth pursuit eye movements in school age children using a child-friendly setup. *Transl Vis Sci Technol*. 2019; 8(5):8
10. Behrens F, Mackeben M, Schroder-Preikschat W. An improved algorithm for automatic detection of saccades in eye movement data and for calculating saccade parameters. *Behav Res Methods*. 2010;42:701-8.
11. Barnes GR. Ocular pursuit movements in Liversedge S, Gilchrist I, Everling S eds., *The Oxford Handbook of Eye Movements*, New York: Oxford University Press;2011:115-34.
12. de Brouwer S, Missal M, Barnes G, Lefèvre P. Quantitative Analysis of Catch-Up Saccades During Sustained Pursuit. *J Neurophysiol*. 2002;87(4):1772-80.
13. Bahill A. The main sequence, a tool for studying human eye movements. *Math Biosci*. 1975;24:191-204.
14. Fukushima J, Tanaka S, Williams JD, Fukushima K. Voluntary control of saccadic and smooth-pursuit eye movements in children with learning disorders. *Brain Dev*. 2005;27(8), 579-88.
15. Bucci MP, Nassibi N, Gerard CL, Bui-Quoc E, Seassau M. Immaturity of the oculomotor saccade and vergence interaction in dyslexic children: evidence from a reading and visual search study. *PLoS ONE*. 2012;7(3), e33458.
16. Robert MP, Ingster-Moati I, Albuisson E, Cabrol D, Golse B, Vaivre-Douret L. Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol*. 2014;56(6), 595-600.
17. Langaas T, Mon-Williams M, Wann JP, Pascal E, Thompson C. Eye movements, prematurity and developmental co-ordination disorder. *Vis Res*. 1998;38(12), 1817-26.
18. Sweeney JA, Takarae Y, Macmillan C, Luna B, Minshew NJ. Eye movements in neurodevelopmental disorders. *Curr Opin Neurol*. 2004;17(1), 37-42.



Col·legi Oficial d'Òptics
Optometristes de Catalunya