

POSICIONAMIENTO SOBRE PSEUDOTERAPIAS

EN REHABILITACIÓN Y TERAPIA VISUAL

LA TERAPIA VISUAL ES UNA DISCIPLINA CON BASE CIENTÍFICA QUE NO DEBE CONFUNDIRSE CON TRATAMIENTOS SIN BASE CIENTÍFICA ERRÓNEAMENTE DENOMINADOS COMO TERAPIA VISUAL

Introducción

Se define como terapia visual al conjunto de ejercicios y procedimientos de entrenamiento destinados a la mejora de ciertas capacidades visuales, incluyendo la convergencia, la coordinación de los movimientos oculares y la acomodación, las cuales pueden hallarse alteradas en diferentes condiciones, generando sintomatología de diversa índole. Estos procedimientos de entrenamiento, para los cuales está capacitado legalmente el óptico-optometrista, están encaminados a reconducir o recuperar el mecanismo de control neurofisiológico del sistema de vergencias, acomodación y movimientos oculares, el cual viene definido y caracterizado por el modelo de Hung. Por otro lado, en el campo del ojo vago o ambliopía, el entrenamiento suma un rol adicional, la reactivación de las áreas corticales inhibidas en dicha condición, así como eliminar la supresión interocular asociada que promueve dicha afectación. Por tanto, la finalidad de los ejercicios de terapia visual está claramente definida, con un rol claro de actuación sobre distintos sistemas de control de diferentes capacidades visuales, no tratándose de ejercicios aleatorios, repetitivos, sin finalidad alguna o sólo encaminados a realizar esfuerzo sin saber a dónde se pretende llegar. Por tanto, la terapia visual posee una base neurofisiológica y una finalidad, no tratándose de ninguna actividad trivial, arbitraria o de dudosa efectividad, ya que además de tener base neurofisiológica, posee base científica.

Una de las mayores críticas provenientes principalmente del ámbito médico se basa en la supuesta ausencia de evidencia científica que soporte la terapia visual, algo

completamente FALSO, ya que las pruebas son tangibles, existiendo centenares de artículos científicos que aportan diferentes niveles de evidencia científica en función de la condición rehabilitada. Sin embargo, esta crítica no está ausente de motivo ya que son diversos los procedimientos y las pseudoterapias que han surgido en los últimos años, que incorrectamente han sido denominadas como terapia visual, pero no comparten los principios de la terapia visual efectiva: existencia de base neurofisiológica que explique el mecanismo y efecto de la terapia y evidencia científica que la avale. Sin embargo, es incorrecto asociar a dichos procedimientos y pseudoterapias la designación de terapia visual, no debiendo muchos de ellos ser empleados sin que exista una mínima evidencia que avale su efecto o al menos un mecanismo fisiológico lógico que explique el por qué deben emplearse y por qué generan teóricamente un efecto positivo. Entre los ejemplos de estos procedimientos sin aval científico se encuentra la fototerapia Syntonic (incorrectamente acompañada del término optométrica en algunos reclamos publicitarios, webs y blogs) y muchos de los esquemas empleados en una corriente denominada optometría comportamental, los cuales ya evidenció Barrett años atrás que carecían de fundamento científico. Asimismo, algunos de dichos esquemas comportamentales se basan en procedimientos del ámbito de la psicomotricidad y la psicología, hallándose fuera de las propias competencias del óptico-optometrista, y que no se tratan por lo tanto de terapia visual. Por ello, las críticas a la terapia visual en base a su “supuesta” ausencia de base científica están injustificadas y son inaceptables, no debiendo emplearse para descalificar esta disciplina los términos empleados desde algunos sectores y menos en base a una polémica interdisciplinar vana. A continuación, se resume toda la evidencia científica existente del uso de la terapia visual para la resolución de diversas condiciones visuales.

Terapia visual aplicada a las disfunciones vergenciales

La condición para la cuál existe mayor evidencia científica de la aplicabilidad y efectividad de la terapia visual es la insuficiencia de convergencia (IC), la cual es una anomalía del sistema binocular que se caracteriza por una capacidad reducida de los ojos para girar en la misma dirección uno hacia al otro o mantener la convergencia. Existen

muchos estudios que evalúan los resultados de la terapia visual en IC, entre los que incluyen varios ensayos clínicos aleatorizados y un metaanálisis. Toda esta producción científica es consistente con el nivel máximo de evidencia científica de acuerdo con las directrices de la US Agency for Health Research and Quality, correspondiéndose con un nivel de evidencia Ia, no pudiéndose poner en duda la efectividad de la terapia visual en este caso. De acuerdo con todos estos estudios, se pueden establecer las siguientes pautas generales:

1.- El procedimiento de acercamiento-alejamiento de un lápiz (pencil push-up), manteniendo la mirada en el mismo, no es un tratamiento en sí mismo de la IC, a pesar de ser pautado todavía incorrectamente en gran medida. Se puede considerar como un ejercicio adicional dentro de un programa de terapia visual, pero nunca como terapia completa por sí sola (presenta los mismos resultados, en cuanto a reducción de síntomas que la terapia placebo).

2.- La terapia vergencial y acomodativa realizada en consulta (TVVAC) combinada con ejercicios de apoyo en casa es la mejor opción para el tratamiento de la IC en niños.

3.- La terapia visual en consulta combinada con ejercicios de apoyo en casa es también la mejor opción para el tratamiento de la IC en adultos de 19 a 30 años de edad. En este tipo de pacientes, la mejora con ejercicios placebo se logró en un 31% de los pacientes. Esto confirma la necesidad de incluir procedimientos de control con placebo en estudios que evalúan la eficacia de la terapia visual en IC en adultos.

4.- El efecto de la terapia visual en niños con IC y tratados con TVVAC se mantiene un año después de finalizar el tratamiento, pero utilizando algunos ejercicios de mantenimiento una vez por semana durante los primeros 6 meses post-tratamiento.

5.- La mejora con TVVAC en niños con IC es más rápida en los signos (punto próximo de convergencia y vergencia fusional positiva en cerca) que en los síntomas. A las 4 semanas de entrenamiento con TVVAC, la mejoría en los signos es significativamente mejor en comparación con otras opciones de tratamiento, mientras que la mejoría en los síntomas es significativamente mejor a las 8 semanas.

6.- Un resultado exitoso de la terapia visual en niños con IC sintomática se relaciona con una reducción en la frecuencia de eventos académicos negativos.

Diversos procedimientos de terapia visual en consulta han sido empleados y validados para el tratamiento de la IC sintomática en diferentes ensayos clínicos controlados y aleatorizados que se han llevado a cabo, incluyendo el entrenamiento de la flexibilidad acomodativa con lentes flippers, entrenamiento de la flexibilidad acomodativa con tablas de letras, flexibilidad acomodativa binocular, cordón de Brock, vectogramas, carta de barriles, programas de ordenador específicos, regla de apertura, círculos excéntricos, flexibilidad vergencial con flippers prismáticos y cartas salvavidas.

En cuanto a los mecanismos de acción de estos ejercicios en IC, se han realizado algunos estudios que confirman que mejoran los componentes de vergencia rápidos y lentos, lo que lleva a una adaptación de vergencia optimizada y una reducción del exceso de acomodación de convergencia que suele estar presente en la IC. Asimismo, Álvarez y su equipo demostraron que la terapia visual en IC induce un aumento de la actividad funcional en las áreas frontales, el cerebelo y el tronco encefálico, que se mantiene 12 meses después de finalizar el entrenamiento mediante terapia visual.

Además de la IC, existen estudios sobre la efectividad de la terapia visual en otras condiciones como exceso de convergencia o insuficiencia de divergencia, siendo la mayoría de ellos series de casos, lo que supone una evidencia científica más débil, siendo aún necesario la realización de ensayos clínicos controlados y aleatorizados en este ámbito. En lo que respecta a los problemas de enfoque en cerca, es decir, problemas del sistema acomodativo, son diversos los estudios de series de casos que evalúan la efectividad de la terapia en este ámbito, existiendo además un ensayo clínico controlado y aleatorizado que demuestra la efectividad de la terapia visual en casos de insuficiencia e inflexibilidad acomodativa combinado con IC comparando con un grupo placebo.

Más controvertido es el tema de los estrabismos, que son desviaciones manifiestas de uno de los ojos de una misma persona, impidiendo la posibilidad del desarrollo de una visión binocular. Es en este ámbito donde han aparecido ejercicios o terapias milagro que adolecen de fundamento y desde luego evidencia científica que los sustente. La evidencia científica publicada sobre el uso de la terapia visual en estrabismos manifiestos (no incluyendo las exotropías intermitentes en lejos) se limita a casos clínicos, en los que se

combinan varias opciones terapéuticas (terapia visual, prismas, cirugía). De hecho, **en una gran mayoría de los casos clínicos reportados se muestra el efecto beneficioso de la combinación de la cirugía de estrabismo con la terapia visual, mostrándose la sinergia del efecto de alineamiento quirúrgico y la posterior rehabilitación del sistema de vergencias y acomodativo.** Por tanto, no existe evidencia científica que soporte la idea de que la terapia visual sustituye un procedimiento quirúrgico en estrabismo, tal y como se asevera desde algunas corrientes comportamentales. Al contrario, la escasa evidencia existente más bien corrobora la necesaria interacción entre el cirujano oftalmológico y el óptico-optometrista con experiencia clínica en el manejo del estrabismo para una recuperación integral del mismo.

Terapia visual aplicada a la ambliopía

En el campo del ojo vago o ambliopía, resulta rotundamente FALSO que la terapia visual no posea evidencia científica o ésta sea de pobre calidad, tal y como es aseverado desde algunos ámbitos. Sin embargo, también es FALSO que la terapia visual sustituya a la terapia con parche convencional, tal y como se afirma desde los enfoques comportamentales, puesto que hasta la fecha no existen ensayos clínicos controlados y aleatorizados que comparen parche versus terapia visual. La evidencia científica existente hasta la fecha se basa desde el manejo de entrenamiento vergencial-acomodativo clásico hasta la estimulación visual empleando entornos de aprendizaje perceptual o manejos dicópticos con estímulos con características específicas, sin que sea válido cualquier tipo de videojuego para entrenamiento. Estas dos últimas tipologías de entrenamiento se enmarcan en los avances acontecidos en los últimos años conforme al mejor conocimiento del mecanismo neural de la ambliopía. El deterioro visual en la ambliopía ahora puede explicarse parcialmente por un complemento reducido de células corticales excitadas por las proyecciones ambliópicas. Asimismo, se ha demostrado que los déficits en el procesamiento visual no ocurren necesariamente en el área cortical V1, sino que también pueden estar presente en las áreas V2 y V3, con mecanismos de supresión comunes en todos los tipos de ambliopía en la etapa temprana de la vía visual (p. ej., corteza estriada)

y con contribuciones adicionales extra-estriadas que afectan a las corrientes dorsal y ventral diferencialmente.

El tratamiento de referencia en los sujetos con ambliopía es la corrección del defecto refractivo y posterior oclusión/o penalización del ojo director. Sin embargo, entre el 15-50% no consiguen normalizar su agudeza visual y solamente un 25% de los sujetos ambliopes mejoran su estereoagudeza significativamente. Es por ello que autores como Eileen Birch proponen la terapia binocular (estimulación dicóptica) como una buena opción de tratamiento. La evidencia científica reciente ha demostrado que el uso de ciertos tipos de estímulos visuales (por ejemplo, las redes sinusoidales de Gabor) puede ser útil para reducir la inhibición cortical en la ambliopía, lo que permitiría superar la supresión interocular que comúnmente está presente en esta condición, pero **NO VALE** cualquier tipo de estímulo. Un enfoque, basado en modelos psicofísicos de la visión binocular y respaldado por estudios clínicos iniciales en adultos y niños, implica la presentación de imágenes de alto contraste al ojo ambliope e imágenes de contraste más bajas (imágenes separadas para cada ojo) para el otro ojo. Este tipo de entrenamiento conocido como dicóptico se puede combinar con el concepto de aprendizaje perceptual. El proceso de aprendizaje perceptual está relacionado con el desarrollo del entrenamiento combinado con el trabajo de propiedades tales como la atención, el manejo de las dificultades y la manipulación de paradigmas de elección, así como entrenamiento realizando dos tareas simultáneas en una secuencia de presentación de estímulos (estímulos fijos frente a estímulos móviles). Este enfoque se usa en la ambliopía para el entrenamiento de los fenómenos de enmascaramiento y crowding, que están siempre presentes en esta condición y por ello considerándose en cualquier programa de entrenamiento de aprendizaje perceptual **VÁLIDO** para ambliopía. Recientemente, ciertos estudios piloto han mostrado que el uso de la realidad virtual también puede ser útil para el manejo de la ambliopía, con el potencial de inducir una mejora estereoscópica en los ojos ambliopes anisométricos. Sin embargo, son necesarios aún más estudios que avalen esta nueva opción de manejo de la ambliopía, así como permitan decidir los protocolos específicos de actuación. Por tanto, el entrenamiento basado en aprendizaje perceptual y enfoque dicóptico tienen **BASE CIENTÍFICA Y EVIDENCIA QUE LAS AVALA**, con la existencia de diversas series de casos, estudios comparativos y varios

ensayos clínicos controlados y aleatorizados. Estos enfoques de terapia no deben confundirse nunca con enfoques comportamentales y de otra índole sin base neurofisiológica que los justifique y evidencia científica que los avale. Con ello, queremos remarcar la ausencia de evidencia científica que avale el uso de la fototerapia Syntonic, el mindfulness visual, el yoga ocular y otras terapias similares para el manejo de la ambliopía. Además, insistimos que, conforme a la evidencia científica, **la terapia visual es una opción más de manejo de la ambliopía que junto con el uso del parche puede dar lugar a una recuperación visual más rápida y a un mayor potencial de recuperación de la funcionalidad visual del paciente.** Por tanto, mientras no existan ensayos clínicos comparativos parche vs. terapia visual, no se puede promocionar la terapia como opción única de tratamiento que evita las demás, incluyendo todo tipo de penalizaciones. De hecho, este tipo de reclamos publicitarios genera conflicto interprofesional y supone objeto de descalificación al uso de la terapia visual en ambliopía. De todos modos, también hay que remarcar que el uso de la terapia visual es una opción terapéutica que no debería obviarse en la ambliopía, puesto que su beneficio está demostrado, especialmente cuando se combina con parche.

Terapia visual aplicada a los problemas de aprendizaje

Por último, y no menos controvertido, resultan los reclamos, principalmente desde el ámbito de la optometría comportamental, de la “supuesta” eficacia de la terapia visual para el tratamiento de los problemas de aprendizaje. El diagnóstico de los problemas de aprendizaje es un proceso complejo que requiere en muchos casos el apoyo multidisciplinar, incluyendo el papel del óptico-optometrista. Pero esto no debe confundirse con que el óptico-optometrista puede diagnosticar y tratar problemas de aprendizaje, puesto que dicha función no entra dentro de sus competencias conforme a la legalidad actual. **El óptico-optometrista puede caracterizar y manejar las anomalías visuales asociadas a los problemas de aprendizaje, las cuales no son desde luego la etiología o causa del problema de aprendizaje, sino que son un problema añadido en la recuperación del paciente.** Existen diversos estudios científicos que caracterizan los problemas visuales existentes en pacientes con problemas de aprendizaje. En lo que

respecta a la dislexia, los siguientes problemas visuales han sido descritos: deficiencia oculomotora sacádicos horizontales, reservas fusionales reducidas, punto próximo de convergencia (PPC) alejado, amplitudes reducidas de los sacádicos, inestabilidad de la fijación, patrón de sacádico alterado y escasa coordinación de los sacádicos en binocular. Existen evidencias científicas, incluyendo estudios comparativos randomizados y series de casos, que avalan las mejoras de los problemas oculomotores con el entrenamiento (normalmente guiado por ordenador). Dicho entrenamiento tiene un efecto positivo en la escritura y algunas habilidades cognitivas, pero **NO RESUELVEN BAJO NINGÚN CONCEPTO EL PROBLEMA DE APRENDIZAJE**. En 3-8 semanas se puede lograr con entrenamiento visual un control voluntario de los movimientos sacádicos en dislexia, mejorando el estado visual del paciente, sin que exista evidencia de que ello mejore la dislexia, al no ser esta un problema visual. A su vez, se han descrito las siguientes alteraciones en:

- Cuadro de déficit atención/hiperactividad: sintomatología, déficit de movimientos de vergencia, reducción vergencia fusional en cerca, alejamiento PPC e IC
- Cuadro de dispraxia: sintomatología, errores de fijación, alteraciones reservas fusionales, alteraciones acomodativas, alteración seguimientos y sacádicos, y velocidad de lectura reducida

Existen aún limitados estudios en estos dos cuadros que avalen el uso de la terapia visual para la mejora de esas alteraciones visuales, los cuales muestran su potencial beneficio, siendo aún necesarios ensayos clínicos controlados que corroboren estos hallazgos. Finalmente, en lo que respecta a los desórdenes del espectro autista, se han descrito: patrón anómalo de sacádicos, mayor frecuencia de sacádicos e inhibición del sacádico reducida. No existen apenas estudios específicos del uso de la terapia visual en autismo hasta la fecha.

Por otro lado, existen diversas series de casos, estudios comparativos y ensayos clínicos controlados y aleatorizados que también avala la recuperación de la función visual y oculomotora en diferentes condiciones de daño cerebral, tales como el daño traumático cerebral leve, siendo en ese caso el uso de la terapia visual exclusiva para paliar cierta sintomatología visual asociada a estos cuadros de daño cerebral por presencia de alteraciones en convergencia, oculomotricidad y acomodación. Sin embargo, **JAMÁS**

SE PODRÁ ASEVERAR QUE LA TERAPIA VISUAL TRATA EL DAÑO CEREBRAL, algo comentado en algunos foros y que es completamente incorrecto, falso y con falta de ética. La terapia visual podrá ser útil para aliviar la sintomatología visual y no en todos los casos, ya que a veces cursan con parálisis en los músculos extraoculares que requieren abordajes quirúrgicos.

Conclusión

En conclusión, la terapia visual es una disciplina que cuenta con base neurofisiológica y evidencia científica que avala su uso en una variedad de condiciones, siendo necesaria aún más evidencia en otros ámbitos, algo que actualmente está en desarrollo. No debe confundirse la terapia visual con otros conceptos como terapias comportamentales, yoga visual, reiki visual, mindfulness visual e incluso el uso de filtros y prismas en algunos tratamientos poco convencionales con criterios dudosos. Este tipo de procedimientos son enseñados en cursos y algunos másteres de formación NO REGLADA, sin control de la calidad de contenidos y profesores por organismos educativos acreditadores. Esta formación no cuenta ni con el apoyo de la institución colegial de los ópticos-optometristas ni con el apoyo de NINGUNA UNIVERSIDAD DE PRIMER NIVEL ESPAÑOLA. Siempre se recomienda la formación reglada o no reglada pero acreditada por los organismos competentes. Por otro lado, hay que remarcar el uso manipulado de información científica con el fin de avalar protocolos de actuación que carecen de base científica, empleándose en redes y foros en ocasiones artículos científicos publicados, pero los cuales no aseveran lo que intentan dar a entender. JAMÁS DEBE PONERSE EN DUDA LA TERAPIA VISUAL SINO EL MAL USO DE LA MISMA QUE PUEDA REALIZAR CUALQUIER PROFESIONAL, ASÍ COMO LA INCORRECTA DENOMINACIÓN DE TERAPIA PARA CUALQUIER TIPO DE ENTRENAMIENTO SIN BASE CIENTÍFICA. El óptico-optometrista posee la formación universitaria requerida y la competencia legal para el desarrollo de este tipo de opción de manejo de problemas visuales, no debiendo ponerse en duda su profesionalidad, ética y respeto por el paciente al respecto.

Referencias

- Alvarez TL. A pilot study of disparity vergence and near dissociated phoria in convergence insufficiency patients before vs. after vergence therapy. *Front Hum Neurosci* 2015; 9: 419.
- Alvarez TL, Vicci VR, Alkan Y, Kim EH, Gohel S, Barrett AM, Chiaravalloti N, Biswal BB. Vision therapy in adults with convergence insufficiency: clinical and functional magnetic resonance imaging measures. *Optom Vis Sci* 2010; 87: E985-1002.
- Barollo M, Contemori G, Battaglini L, Pavan A, Casco C. Perceptual learning improves contrast sensitivity, visual acuity, and foveal crowding in amblyopia. *Restor Neurol Neurosci*. 2017 Aug 11. doi: 10.3233/RNN-170731. [Epub ahead of print]
- Barrett BT. A critical evaluation of the evidence supporting the practice of behavioural vision therapy. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009; 29: 4-25.
- Bau V, Rose K, Pollack K, Spoerl E, Pillunat LE. [Effectivity of an occlusion-supporting PC-based visual training programme by horizontal drifting sinus gratings in children with amblyopia]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2012; 229: 979-86.
- Birch EE. Amblyopia and Binocular Vision. *Prog Retin Eye Res* 2013; 33: 67-84.
- Birch EE, Li SL, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Stager Jr D, Dao L, Stager Sr DR. Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *J AAPOS* 2015; 19: 6-11
- Borsting E, Mitchell GL, Kulp MT, Scheiman M, Amster DM, Cotter S, Coulter RA, Fecho G, Gallaway MF, Granet D, Hertle R, Rodena J, Yamada T; CITT Study Group. Improvement in academic behaviors after successful treatment of convergence insufficiency. *Optom Vis Sci* 2012; 89: 12-8.
- Brautaset RL, Jennings AJ. Effects of orthoptic treatment on the CA/C and AC/A ratios in convergence insufficiency. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47: 2876-80.
- Bucci MP, Brémond-Gignac D, Kapoula Z. Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008; 246: 417-28.
- Chen Z, Li J, Liu J, Cai X, Yuan J, Deng D, Yu M. Monocular perceptual learning of contrast detection facilitates binocular combination in adults with anisometric amblyopia. *Sci Rep* 2016; 6: 20187.
- Ciuffreda KJ, Yadav NK, Thiagarajan P, Ludlam DP. A Novel Computer Oculomotor Rehabilitation (COR) Program for Mild Traumatic Brain Injury (mTBI). *Brain Sci*. 2017 Aug 9;7(8). pii: E99. doi: 10.3390/brainsci7080099.
- Ciuffreda KJ, Rutner D, Kapoor N, Suchoff IB, Craig S, Han ME. Vision therapy for oculomotor dysfunctions in acquired brain injury: a retrospective analysis. *Optometry* 2008; 79: 18-22.
- Ciuffreda KJ. The scientific basis for and efficacy of optometric vision therapy in nonstrabismic accommodative and vergence disorders. *Optometry* 2002; 73: 735-62.
- Clavagnier S, Dumoulin SO, Hess RF. Is the Cortical Deficit in Amblyopia Due to Reduced Cortical Magnification, Loss of Neural Resolution, or Neural Disorganization? *J Neurosci* 2015; 35: 14740-14755.
- Coetzee D, Pienaar AE. The effect of visual therapy on the ocular motor control of seven- to eight-year-old children with developmental coordination disorder (DCD). *Res Dev Disabil* 2013; 34: 4073-84.

- Connolly AJ, Rinehart NJ, Fielding J. Saccade adaptation in young people diagnosed with Attention Deficit Hyperactivity Disorder Combined Type. *Neuroscience* 2016; 333: 27-34.
- Conrad JS, Mitchell GL, Kulp MT. Vision Therapy for Binocular Dysfunction Post Brain Injury. *Optom Vis Sci* 2017; 94: 101-7.
- Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group. Long-term effectiveness of treatments for symptomatic convergence insufficiency in children. *Optom Vis Sci* 2009; 86: 1096-103.
- Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group. Randomized clinical trial of treatments for symptomatic convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2008; 126: 1336-49.
- Damyanovich EV, Baziyan BKh, Sagalov MV, Kumskova GA. Saccadic movements of the eyes in children with attention deficit and hyperactivity syndrome. *Bull Exp Biol Med* 2013; 156: 25-8.
- Danna-Dos-Santos A, Mohapatra S, Santos M, Degani AM. Long-term effects of mild traumatic brain injuries to oculomotor tracking performances and reaction times to simple environmental stimuli. *Sci Rep* 2018; 8: 4583.
- Daum KM. Predicting results in the orthoptic treatment of accommodative dysfunction. *Am J Optom Physiol Opt* 1984; 61: 184-9.
- Daum KM. Modelling the results of the orthoptic treatment of divergence excess. *Ophthalmic Physiol Opt* 1984; 4: 25-9
- Dusek WA, Pierscionek BK, McClelland JF. An evaluation of clinical treatment of convergence insufficiency for children with reading difficulties. *BMC Ophthalmology* 2011; 11: 21.
- Fischer B, Hartnegg K. Effects of visual training on saccade control in dyslexia. *Perception* 2000; 29: 531-42.
- Gallaway M, Scheiman M, Mitchell GL. Vision Therapy for Post-Concussion Vision Disorders. *Optom Vis Sci* 2017; 94: 68-73.
- Gallaway M, Schieman M. The efficacy of vision therapy for convergence excess. *J Am Optom Assoc* 1997; 68: 81-6.
- Gallaway M, Vaxmonsky T, Scheiman M. Management of intermittent exotropia using a combination of vision therapy and surgery. *J Am Optom Assoc* 1989; 60: 428-34.
- García-Muñoz A, Carbonell-Bonete S, Cacho-Martínez P. Symptomatology associated with accommodative and binocular vision anomalies. *J Optom* 2014; 7: 178-92.
- Garriott RS, Heyman CL, Rouse M. Role of optometric vision therapy for surgically treated strabismus patients. *Optom Vis Sci* 1997; 74: 179-84.
- Ghasia F, Brunstrom-Hernandez J, Tychsen L. Repair of strabismus and binocular fusion in children with cerebral palsy: gross motor function classification scale. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52: 7664-71.
- Hess RF, Babu RJ, Clavagnier S, Black J, Bobier W, Thompson B. The iPod binocular home-based treatment for amblyopia in adults: efficacy and compliance. *Clin Exp Optom* 2014; 97: 389-398.
- Hess RF, Mansouri B, Thompson B. A binocular approach to treating amblyopia: antisuppression therapy. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 697-704.

- Herbison N, MacKeith D, Vivian A, Purdy J, Fakis A, Ash IM, Cobb SV, Eastgate RM, Haworth SM, Gregson RM, Foss AJE. Randomised controlled trial of video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia using the I-BiT system. *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 1511-16.
- Holmes JM, Manh VM, Lazar EL, Beck RW, Birch EE, Kraker RT, Crouch ER, Erzurum SA, Khuddus N, Summers AI, Wallace DK; Pediatric Eye Disease Investigator Group. Effect of a binocular iPad game vs part-time patching in children aged 5 to 12 years with amblyopia: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol* 2016; 134: 1391-1400.
- Huang PC, Baker DH, Hess RF. Interocular suppression in normal and amblyopic vision: Spatiotemporal properties. *J Vis* 2012; 12: 29.
- Hung GK, Ciuffreda KJ, Rosenfield M. Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996; 16: 31-41.
- Hung GK. Adaptation model of accommodation and vergence. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992; 12: 319-26.
- Hussaindeen JR, Manib R, Rakshit A, Ramasubramanian S, Praveen SV. Natural history of idiopathic abducens nerve paresis in a young adult. *J Optom* 2016; 9: 264-8.
- Huston PA, Hoover DL. Treatment of symptomatic convergence insufficiency with home-based computerized vergence system therapy in children. *J AAPOS* 2015; 19: 417-21.
- Kämpf U, Muchamedjarow F, Seiler T. [Supportive amblyopia treatment by means of computer games with background stimulation; a placebo controlled pilot study of 10 days]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2001; 218: 243-50.
- Kapoula Z, Bucci MP, Jurion F, Ayoun J, Afkhami F, Brémond-Gignac D. Evidence for frequent divergence impairment in French dyslexic children: deficit of convergence relaxation or of divergence per se? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007; 245: 931-6.
- Lee SH, Moon BY, Cho HG. Improvement of Vergence Movements by Vision Therapy Decreases K-ARS Scores of Symptomatic ADHD Children. *J Phys Ther Sci* 2014; 26: 223-7.
- Liang M, Xie B, Yang H, Yu L, Yin X, Wei L, Wang J. Distinct patterns of spontaneous brain activity between children and adults with anisometric amblyopia: a resting-state fMRI study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016; 254: 569-576.
- Liang M, Xie B, Yang H, Yin X, Wang H, Yu L, He S, Wang J. Altered interhemispheric functional connectivity in patients with anisometric and strabismic amblyopia: a resting-state fMRI study. *Neuroradiology* 2017; 59: 517-524.
- Li H, Yang X, Gong Q, Chen H, Liao M, Liu L. BOLD responses to different temporospatial frequency stimuli in V1 and V2 visual cortex of anisometric amblyopia. *Eur J Ophthalmol* 2013; 23: 147-55.
- Li J, Hess RF, Chan LY, Deng D, Yang X, Chen X, Yu M, Thompson B. Quantitative measurement of interocular suppression in anisometric amblyopia: a case-control study. *Ophthalmology* 2013; 120: 1672-80.
- Li J, Spiegel DP, Hess RF, Chen Z, Chan LY, Deng D, Yu M, Thompson B. Dichoptic training improves contrast sensitivity in adults with amblyopia. *Vision Res* 2015; 114: 173-87.

- Li SL, Reynaud A, Hess RF, Wang YZ, Jost RM, Morale SE, De La Cruz A, Dao L, Stager Jr D, Birch EE. Dichoptic movie viewing treats childhood amblyopia. *J AAPOS* 2015; 19: 401-405.
- Mosconi MW, Luna B, Kay-Stacey M, Nowinski CV, Rubin LH, Scudder C, Minschew N, Sweeney JA. Saccade adaptation abnormalities implicate dysfunction of cerebellar-dependent learning mechanisms in Autism Spectrum Disorders (ASD). *PLoS One* 2013; 8: e63709.
- Munoz DP, Armstrong IT, Hampton KA, Moore KD. Altered control of visual fixation and saccadic eye movements in attention-deficit hyperactivity disorder. *J Neurophysiol* 2003; 90: 503-14.
- Nawrot M, Rizzo M. Chronic motion perception deficits from midline cerebellar lesions in human. *Vision Res* 1998; 38: 2219-24.
- Pang Y, Frantz KA, Schlang DG. Vision Therapy Management for Dissociated Horizontal Deviation. *Optom Vis Sci* 2012; 89: e72-7.
- Peyre H, Gérard CL, Dupong Vanderhorst I, Larger S, Lemoussu C, Vesta J, Bui Quoc E, Gouleme N, Delorme R, Bucci MP. [Computerized oculomotor training in dyslexia: A randomized, crossover clinical trial in pediatric population]. *Encephale*. 2017 Jun 1. pii: S0013-7006(17)30088-X. doi: 10.1016/j.encep.2017.03.004. [Epub ahead of print]
 - Piñero DP. Science-based vision therapy. *J Optom* 2016; 9: 203-4.
 - Russell GE, Wick B. A prospective study of treatment of accommodative insufficiency. *Optom Vis Sci* 1993; 70: 131-5.
 - Serna A, Rogers DL, McGregor ML, Golden RP, Bremer DL, Rogers GL. Treatment of symptomatic convergence insufficiency with a home-based computer orthoptic exercise program. *J AAPOS* 2011; 15: 140-3.
 - Scheiman MM, Talasan H, Mitchell GL, Alvarez TL. Objective Assessment of Vergence after Treatment of Concussion-Related CI: A Pilot Study. *Optom Vis Sci* 2017; 94: 74-88.
 - Scheiman M, Gwiazda J, Li T. Non-surgical interventions for convergence insufficiency. *Cochrane Database Syst Rev* 2011; 3: CD006768.
 - Scheiman M, Cotter S, Kulp MT, Mitchell GL, Cooper J, Gallaway M, Hopkins KB, Bartuccio M, Chung I; Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group. Treatment of accommodative dysfunction in children: results from a randomized clinical trial. *Optom Vis Sci* 2011; 88: 1343-52.
 - Scheiman M, Kulp MT, Cotter S, Mitchell GL, Gallaway M, Boas M, Coulter R, Hopkins K, Tamkins S; Convergence Insufficiency Treatment Trial Group. Vision therapy/orthoptics for symptomatic convergence insufficiency in children: treatment kinetics. *Optom Vis Sci* 2010; 87: 593-603.
 - Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Kulp MT, Cooper J, Rouse M, Borsting E, London R, Wensveen J. A randomized clinical trial of vision therapy/orthoptics versus pencil pushups for the treatment of convergence insufficiency in young adults. *Optom Vis Sci* 2005; 82: 583-95.
 - Scheiman M, Mitchell GL, Cotter S, Cooper J, Kulp M, Rouse M, Borsting E, London R, Wensveen J; Convergence Insufficiency Treatment Trial Study Group. A randomized clinical trial of treatments for convergence insufficiency in children. *Arch Ophthalmol* 2005; 123: 14-24.

- Shin HS, Park SC, Maples WC. Effectiveness of vision therapy for convergence dysfunctions and long-term stability after vision therapy. *Ophthalmic Physiol Opt* 2011; 31: 180-9.
- Sreenivasan V, Bobier WR. Increased onset of vergence adaptation reduces excessive accommodation during the orthoptic treatment of convergence insufficiency. *Vision Res* 2015; 111(Pt A): 105-13.
- Storey EP, Master SR, Lockyer JE, Podolak OE, Grady MF, Master CL. Near Point of Convergence after Concussion in Children. *Optom Vis Sci* 2017; 94: 96-100.
- Tang A, Chen T, Zhang J, Gong Q, Liu L. Abnormal Spontaneous Brain Activity in Patients With Anisometropic Amblyopia Using Resting-State Functional Magnetic Resonance Imaging. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2017 Jun 15: 1-8. [Epub ahead of print].
- Tannen B, Good K, Ciuffreda KJ, Moore KJ. Prevalence of esophoria in concussed patients. *J Optom.* 2018 Mar 27. pii: S1888-4296(18)30020-7. doi: 10.1016/j.optom.2018.02.003. [Epub ahead of print].
- Thiagarajan P, Ciuffreda KJ. Short-term persistence of oculomotor rehabilitative changes in mild traumatic brain injury (mTBI): A pilot study of clinical effects. *Brain Inj* 2015; 29: 1475-9.
- Thiagarajan P, Ciuffreda KJ. Effect of oculomotor rehabilitation on accommodative responsivity in mild traumatic brain injury. *J Rehabil Res Dev* 2014; 51: 175-91.
- Thiagarajan P, Ciuffreda KJ, Capo-Aponte JE, Ludlam DP, Kapoor N. Oculomotor neurorehabilitation for reading in mild traumatic brain injury (mTBI): an integrative approach. *NeuroRehabilitation* 2014; 34: 129-46.
- Vedamurthy I, Knill DC, Huang SJ, Yung A, Ding J, Kwon OS, Bavelier D, Levi DM. Recovering stereo vision by squashing virtual bugs in a virtual reality environment. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2016; 371(1697). pii: 20150264. doi: 10.1098/rstb.2015.0264.
- Vedamurthy I, Nahum M, Huang SJ, Zheng F, Bayliss J, Bavelier D, Levi DM. A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia. *Vision Res* 2015; 114: 173-87.
- Yadav NK, Thiagarajan P, Ciuffreda KJ. Effect of oculomotor vision rehabilitation on the visual-evoked potential and visual attention in mild traumatic brain injury. *Brain Inj* 2014; 28: 922-9.
- Yalcin E, Balci O. Efficacy of perceptual vision therapy in enhancing visual acuity and contrast sensitivity function in adult hypermetropic anisometropic amblyopia. *Clin Ophthalmol* 2014; 8: 49-53.
- Yehezkel O, Sterkin A, Lev M, Polat U. Training on spatiotemporal masking improves crowded and uncrowded visual acuity. *J Vis* 2015; 15: 12.
- Zalla T, Fernandez LG, Pieron M, Seassau M, Leboyer M. Reduced saccadic inhibition of return to moving eyes in autism spectrum disorders. *Vision Res* 2016; 127: 115-21.
- Zhang JY, Cong LJ, Klein SA, Levi DM, Yu C. Perceptual learning improves adult amblyopic vision through rule-based cognitive compensation. *Front Psychol* 2014; 5: 1402.

- Zhou J, Huang PC, Hess RF. Interocular suppression in amblyopia for global orientation processing. *J Vis* 2013; 13: 19.
- Žiak P, Holm A, Halička J, Mojžiš P, Piňero DP. Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality oculus rift head mounted display: preliminary results. *BMC Ophthalmology* 2017; 17: 105.