

Alteraciones estructurales y funcionales en pacientes con ambliopía

Structural and Functional Alterations in Patients with Amblyopia

Dania Farias Piñeira^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-2559-598X>

Yanelis Maimó Gallego¹ <https://orcid.org/0000-0003-2829-1076>

¹Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía Rafael Estrada. La Habana, Cuba

*Autor para la correspondencia: daniafp85@gmail.com

RESUMEN

Objetivo: Determinar los resultados motores post cirugía refractiva corneal con láser de excímero en pacientes miopes con o sin astigmatismo asociado.

Método: Se realizó un estudio preexperimental del tipo antes y después, en el que fueron incluidos 81 pacientes (162 ojos) tratados con LASEK-MMC (65 pacientes) o PRK-MMC (16 pacientes) seguidos por tres meses. Se les realizó un examen oftalmológico completo y se evaluaron las siguientes variables: punto próximo de convergencia, la amplitud de convergencia, divergencia y el alineamiento ocular precirugía y poscirugía.

Resultados: Con la cirugía se observó un incremento significativo del punto próximo de convergencia (LASEK-MMC: $p = 0,000$ y PRK-MMC: $p = 0,021$). La amplitud de convergencia de cerca y de lejos, así como la amplitud de divergencia tendieron a disminuir, pero la diferencia no fue significativa ($p > 0,05$). Aumentó el porcentaje de pacientes con exodesviaciones de cerca, después de la cirugía LASEK-MMC (26,2 % \rightarrow 60,0%, $p = 0,000$) y de la PRK-MMC (18,8 % \rightarrow 81,3 %, $p = 0,000$), y predominaron las heteroforias pequeñas en ambos casos (LASEK-MMC: 52,3 % y PRK-MMC: 75,0 %).

Conclusiones: Con la cirugía fotoablativa con láser, aumentaron las exodesviaciones en el posoperatorio, pero se trató fundamentalmente de

heteroforias pequeñas, aunque un número reducido de pacientes desarrolló nuevas exodesviaciones.

Palabras claves: cirugía fotoablativa; miopía; exodesviaciones; amplitud de convergencia; divergencia.

ABSTRACT

Objective: To determine the motor results after corneal refractive surgery with excimer laser in myopic patients with or without associated astigmatism.

Method: A pre-experimental study of the before and after type was carried out, in 81 patients (162 eyes) treated with LASEK-MMC (65 patients) or PRK-MMC (16 patients) followed up for three months. A complete ophthalmological examination was performed and the variables were evaluated near point of convergence, amplitude of convergence, divergence, and pre-surgery and post-surgery ocular alignment.

Results: A significant increase in the near point of convergence was observed with surgery (LASEK-MMC: $p = 0.000$ and PRK-MMC: $p = 0.021$). The amplitude of convergence near and far, as well as the amplitude of divergence tended to decrease, but the difference was not significant ($p > 0.05$). The percentage of patients with near exodeviations increased after LASEK-MMC surgery (26.2% → 60.0%, $p = 0.000$) and PRK-MMC (18.8% → 81.3%, $p = 0.000$), and small heterophoria predominated in both cases (LASEK-MMC: 52.3% and PRK-MMC: 75.0%).

Conclusions: The laser photoablative surgery increased postoperative exodeviations, but they were mainly small heterophoria, although a small number of patients developed new exodeviations.

Keywords: photoablative surgery; myopia; exodeviations; convergence amplitude; divergence.

Recibido: 16/08/2021

Aprobado: 21/03/2022

Introducción

La ambliopía es un trastorno visual del neurodesarrollo, causado por una alteración de la experiencia visual, durante el período de plasticidad neural.⁽¹⁾ Es la principal causa de baja visión en la población infantil y su prevalencia mundial es de 1,44 %, con un total de 92,2 millones en 2019, estimándose que aumente a 175,2 millones para 2030 y a 221,9 millones para 2040.⁽²⁾ Un estudio realizado en Cuba, en el año 2011, mostró valores similares a los reportados a nivel mundial.⁽³⁾ La palabra ambliopía proviene del griego *amblus* (débil) y *opsis* (visión).⁽⁴⁾ Es también nombrada como “ambliopía funcional” u “ojo vago”⁽⁵⁾ y se define como el subdesarrollo unilateral o bilateral de la agudeza visual, sin ninguna anomalía orgánica del globo ocular o con lesión orgánica cuya importancia no es proporcional a la disminución de la agudeza visual.⁽⁴⁾

Por lo general la ambliopía es unilateral. Su aparición es antes de los cuatro años de edad, que es el periodo llamado “sensible, crítico o de plasticidad neural”, tras el cual podemos considerar que la visión se encuentra estabilizada. Teniendo en cuenta la causa que lo produce se clasifica en: funcional por estrabismo, funcional refractiva anisométrica, funcional refractiva isométrica, funcional por nistagmo, por privación visual o exanopsia e idiopática,⁽⁴⁾ la más frecuente es la ambliopía anisométrica.⁽⁶⁾

En relación a la gravedad de la ambliopía se puede clasificar en: ambliopía grave cuando la agudeza visual es de 0,1 o inferior, ambliopía moderada entre 0,1 y 0,3 y ambliopía leve cuando es mayor de 0,3.⁽⁴⁾

La ambliopía implica una variedad de déficits visuales, que incluyen además de la disminución de la agudeza visual, pérdida de la estereopsis, deficiencias en la discriminación de formas, déficits en la percepción del movimiento, la dirección y el seguimiento de objetos.⁽⁷⁾

El desarrollo posnatal normal de la visión se basa en imágenes del ojo derecho e izquierdo que coinciden con precisión, es decir, depende de una adecuada calidad de la imagen retiniana en ambos ojos. La privación monocular durante el período crítico afecta la dominancia ocular, limita el rendimiento visual y contribuye a la etiología patológica de la ambliopía.⁽⁸⁾

El proceso ambliope puede tener un efecto en varios niveles de la vía visual. Aunque los cambios en la anatomía de la corteza visual y del núcleo geniculado

lateral están bien documentados, la implicación de la retina, aún no ha sido totalmente esclarecida.⁽⁹⁾

La detección de hallazgos retinianos mediante la observación in vivo de fotorreceptores y células ganglionares fue imposible hasta el advenimiento de la tomografía de coherencia óptica,⁽¹⁰⁾ la que ha evolucionado rápidamente en los últimos años, desde la tomografía de coherencia óptica en el dominio del tiempo hasta la tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral, lo que permite una exploración más rápida, con mayor resolución de las imágenes y un análisis más detallado del nervio óptico y la retina, además, puede proporcionar segmentación y cuantificación automatizadas de cada capa de la retina con un software integrado.⁽¹¹⁾ Esta técnica de imágenes estudiar mejor la retina en pacientes ambliopes.⁽⁹⁾

Con el objetivo de describir las alteraciones estructurales y funcionales en la ambliopía, se realizó esta revisión. Para su confección se consultó bibliografía de alto impacto y reciente publicación. Los descriptores de búsqueda principales fueron: ambliopía, amblyopia, amblyopia AND prevalence, amblyopia AND sensory disturbances, amblyopia AND stereoscopic visión, amblyopia AND visual cortex, amblyopia AND optical coherence tomography, amblyopia AND macular thickness, amblyopia AND choroidal thickness, amblyopia AND retinal nerve fiber layer, amblyopia AND electroretinogram, amblyopia AND visual evoked potentials.

Se encontraron 14 302 artículos relacionados con los descriptores definidos anteriormente, se limitó la búsqueda a los últimos 5 años, lo cual que redujo el número de artículos. Finalmente se tomaron aquellas investigaciones con aspectos novedosos sobre la estructura y función de la retina en pacientes ambliopes. De ellos se seleccionaron 34 publicados del 2008 al 2021. Además, se incluyó un capítulo de un libro. Las búsquedas fueron realizadas a través de PubMed, Medline, Cumed, Lilacs, Google académico y Scieloc. El 54,3 % de la bibliografía corresponde a los últimos cinco años y solo se consideraron las publicaciones superiores a 5 años, cuya importancia fue vital para la revisión.

Ambliopía: alteraciones estructurales y funcionales

Alteraciones estructurales en ojos ambliópicos

Se han reportado alteraciones en diferentes estructuras en ojos con ambliopía, predominando los hallazgos en capa de fibras nerviosas, retina o coroides.^(10, 12, 13)

Afectaciones estructurales en el nervio óptico y capa de fibras nerviosas.

Aunque Yakar y Kan no han encontrado un efecto evidente de la ambliopía sobre la capa de fibras nerviosas y el disco óptico,⁽¹⁴⁾ en otras investigaciones se han reportado alteraciones en estas estructuras.^(12, 13)

La tomografía de coherencia óptica es una herramienta diagnóstica útil en la infancia por la inocuidad, sencillez y rapidez de la prueba, pero su principal limitación es la ausencia de datos de referencia de normalidad, en la edad pediátrica, no encontrándose incluida en ninguno de los dispositivos comercializados una base normativa para menores de 18 años, por lo que se hace una interpretación de las cifras absolutas que proporciona este estudio. Por este motivo, la mayoría de los autores comparan el ojo ambliope, con el contralateral sano.

Araki y colaboradores mediante tomografía de coherencia óptica de dominio espectral, compararon la capa de fibras nerviosas y los parámetros de la cabeza del nervio óptico de ojos ambliópicos con sus contralaterales sanos, encontrando en ojos con ambliopía, mayor grosor de la capa de fibras nerviosas, mayor área del disco óptico y menor relación copa/disco. Estos investigadores sugieren que los cambios en los parámetros de la cabeza del nervio óptico, pueden estar asociados con el aumento en el grosor de la capa de fibras nerviosas.⁽¹²⁾

Kasem y col al evaluar 64 pacientes con diferentes tipos de ambliopía, reportaron valores mayores de grosor global de capa de fibras nerviosas, medidos por tomografía de coherencia óptica de dominio espectral en el ojo ambliópico, tanto en la ambliopía refractiva anisométrica como en la ambliopía estrábica.⁽¹³⁾

Sin embargo, hay otras investigaciones que han informado afectación de la capa de fibras nerviosas solo en algunos tipos específicos de ambliopía. Tal es el caso de los resultados obtenidos por Alotaibi y colaboradores, que estudiaron 93

pacientes con ambliopía y no encontraron diferencias sustanciales al comparar el grosor de la capa de fibras nerviosas del ojo ambliope y su contralateral normal, cuando la etiología era estrábica o mixta, sin embargo, pacientes con ambliopía refractiva anisométrica, sí mostraron un aumento de la capa de fibras nerviosas peripapilar en el ojo ambliópico, en comparación con el contralateral normal.⁽¹⁵⁾ Sin embargo, un estudio realizado por Tugcu y colaboradores, con tomografía de coherencia óptica en el dominio del tiempo, muestra resultados contradictorios, reportando en ojos ambliópicos estrábicos, disminución en el grosor de la capa de fibras nerviosas, en comparación con los ojos contralaterales sanos, sin encontrar estas diferencias en el grupo con ambliopía refractiva.⁽¹⁰⁾

Afectaciones estructurales en la retina

Se piensa que durante el proceso de maduración normal, ocurre una reducción en el grosor macular central, con reorganización en la capa de Henle, por lo que la detención de los cambios posnatales normales en ojos ambliópicos, podría afectar la maduración de la mácula, incluido el movimiento de las fibras de Henle lejos de la foveola, resultando en un aumento del grosor foveal medido por tomografía de coherencia óptica.⁽¹⁶⁾ Aunque algunos estudios, en ojos con ambliopía anisométrica, no han encontrado modificaciones en el grosor foveal,⁽¹⁷⁾ en varias investigaciones, se ha reportado incremento de este valor.^(9, 18) Algunos autores no han encontrado diferencias en el grosor retinal medido en las zonas perifoveal y parafoveal,⁽¹⁸⁾ sin embargo, Chen y otros informaron incremento del grosor macular, únicamente a nivel de los cuadrantes nasal e inferior en los ojos ambliópicos, en comparación con los ojos normales.⁽¹⁷⁾ También Liao y colaboradores, en ojos con ambliopía anisométrica, obtuvieron aumento del grosor en la región parafoveal medido por tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral.⁽⁹⁾

En relación a la etiología de la ambliopía se han encontrado algunas diferencias, al evaluar el grosor macular. Tugcu y col, en sus estudios con tomografía de coherencia óptica en el dominio del tiempo, no encontraron diferencias estructurales significativas en la ambliopía refractiva; sin embargo, en los ojos con ambliopía estrábica, fue reportado un aumento en el grosor foveal, en comparación con los ojos contralaterales no ambliópicos.⁽¹⁰⁾ Kasem y col, por su

parte, reportaron un grosor macular central medido por tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral, mayor en el ojo ambliópico, tanto en la ambliopía refractiva anisométrica, como en la ambliopía estrábica.⁽¹³⁾

Se ha planteado que la edad podría ser considerada como un factor independiente de la gravedad de la enfermedad y un predictor de pronóstico del tratamiento, dado los hallazgos reportados por Kasem y Badawi, que expresan un mayor grosor foveal, en la medida que aumentó la edad de los pacientes ambliopes.⁽¹³⁾

Con el desarrollo de tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral, con una resolución retiniana axial de aproximadamente 5 micras, los estudios ya no se limitan al grosor medio de la fovea, sino que se intenta ubicar cada capa dentro de la retina, considerando que es posible que no se descubra un ligero cambio en una capa al combinarlas todas en el grosor general.⁽¹⁷⁾ Usando este medio de imágenes, Park y col en una serie de casos con ambliopía unilateral, compararon el grosor de cada capa de la retina del ojo ambliope con el ojo contralateral normal, encontrando diferencias, que fueron más notorias en el complejo de células ganglionares y capa plexiforme interna. Estos autores observaron un significativo adelgazamiento en los cuadrantes nasal, temporal, superior externo e inferior externo de la mácula.⁽¹¹⁾ Utilizando igual técnica Xia y colaboradores recientemente reportaron alteraciones en el grosor de algunas capas retinianas internas maculares en ambos ojos de niños con ambliopía anisométrica, en comparación con aquellos con emetropía, siendo el espesor de células ganglionares y capa plexiforme interna de los ojos ambliópicos menor que en ojos de control. Con estos hallazgos, los investigadores concluyeron, que el cambio estructural de la capa plexiforme interna podría ser útil para encontrar la relación entre la función retiniana y los cambios morfológicos en ojos ambliópicos.⁽¹⁹⁾ Por otra parte, Liao y colaboradores recientemente llevaron a cabo un estudio para definir si los fotorreceptores están involucrados en el desarrollo ambliópico y aunque encontraron disminución del espesor global de la región central de la mácula, no observaron diferencias en la densidad de los conos y el grosor de la capa nuclear externa a 1,5° del centro foveal.⁽⁹⁾

Se ha planteado que el grosor macular podría servir como herramienta en la verificación de la respuesta al tratamiento. Pang y colaboradores, encontraron en un estudio longitudinal, para determinar el efecto del tratamiento sobre el grosor

macular medido por tomografía de coherencia óptica en el dominio del tiempo, en pacientes con ambliopía anisométrica miópica que tenían mayor grosor macular central en el ojo ampliópico, una tendencia a la disminución de este valor, similar al del ojo sano, después del tratamiento mediante corrección refractiva y oclusión con parches. Estos resultados hicieron suponer que el tratamiento de la ambliopía con corrección refractiva, tiene el potencial de revertir parcialmente las anomalías en la mácula central asociadas con la ambliopía y que la imagen clara recibida por los ojos ambliopes puede facilitar el desarrollo de la mácula, así como, la forma cóncava de la fovea.⁽⁶⁾ Diferentes son los resultados de Nishi y colaboradores, que usando la misma tecnología de tomografía de coherencia óptica, encontraron que, a pesar de que el tratamiento de la ambliopía mejoró significativamente la agudeza visual, no indujo adelgazamiento retiniano.⁽²⁰⁾

Usando tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral para evaluar el grosor macular antes y después del tratamiento para la ambliopía, Yoon y Chun, encontraron una disminución estadísticamente significativa en el volumen foveal en ojos ampliópicos después de la resolución de la ambliopía. Estos investigadores sugieren que la disminución del volumen foveal se debe al reordenamiento de los conos en la fovea tras la terapia de oclusión, es decir, se hacen más compactos, aumentando así la densidad de conos en la fovea, por lo que ocurre una mejoría en la agudeza visual, ya que el diámetro del cono se acerca mucho más al ángulo mínimo de resolución visual.⁽²¹⁾

La angiografía por tomografía de coherencia óptica se ha empleado también en la evaluación de pacientes ambliopes. Este estudio está incorporado en la tomografía de coherencia óptica en el dominio espectral y no precisa de la utilización de contraste, proporcionando visualización en profundidad de la microvasculatura de la retina, lo que permite la identificación de los plexos capilares retinianos superficial y profundo, así como de coroides. Lonngi y colaboradores, utilizando esta técnica de imágenes, demostraron en ojos ampliópicos estrábicos y con ambliopía refractiva, una menor densidad de vasos tanto en el plexo superficial como en el profundo, al compararlo con los controles normales. Estos investigadores sugieren que la menor densidad de vasos en ambos plexos, en la ambliopía, puede estar asociada con un desarrollo anormal debido

a la falta de una experiencia visual normal y que estos cambios estructurales irreversibles pueden contribuir a una disminución de la agudeza visual y una mala respuesta al tratamiento de la ambliopía. La zona libre de vasos también fue evaluada en este estudio, sin encontrar diferencias significativas al comparar ojos ambliópicos (de causa estrábica o refractiva) con controles normales.⁽²²⁾

Alteraciones en coroides

La coroides tiene un papel importante en la nutrición del globo ocular, aportando nutrientes a las células del epitelio pigmentario de la retina, así como a la retina externa e interviene en el proceso de emetropización. Actualmente se conoce que este proceso depende de mecanismos activos que detectan el desenfoque de la imagen, mueven la retina para reducirlo y alteran permanentemente las dimensiones oculares, para mantener la claridad de las imágenes. El aumento o disminución activa del grosor de la coroides, permite desplazar la retina a la posición correcta, según hallazgos de estudios experimentales, considerándose que el desenfoque hipermetrópico conduce a un engrosamiento coroideo, mientras que el desenfoque miópico conduce a un adelgazamiento de dicha estructura.⁽²³⁾

Se han reportado en algunas investigaciones aumento del grosor coroideo subfoveal,^(20, 24, 25) lo que ha hecho suponer que una coroides más gruesa está relacionada de alguna manera con la ambliopía y que esta medición, usando la tomografía de coherencia óptica, pudiera ayudar a su diagnóstico.⁽²⁵⁾

No solo a nivel subfoveal se han detectado modificaciones del grosor coroideo. Araki y otros, mediante tomografía de coherencia óptica de fuente de barrido, reportaron aumento del espesor coroideo en áreas alrededor de la fovea, en pacientes con ambliopía anisométrica hipermetrópica.⁽²⁶⁾

Teniendo en cuenta la etiología de la ambliopía, Liu y colaboradores obtuvieron aumento del grosor coroideo subfoveal, medido por tomografía de coherencia óptica de dominio espectral de imagen de profundidad mejorada, tanto para la ambliopía por estrabismo, como para la anisométrica.⁽²⁴⁾ Sin embargo, Araki y colaboradores, no encontraron diferencias significativas en casos con ambliopía estrábica.⁽²⁶⁾

Se ha reportado, además, un mayor grosor coroideo peripapilar en ojos ambliópicos, que en ojos contralaterales sanos y de control. Así lo demostró Bitirgen y colaboradores, usando tomografía de coherencia óptica de dominio espectral de imagen de profundidad mejorada.⁽¹⁾

Liu y col, plantearon la hipótesis de que al ser la foveola más gruesa en los ojos con ambliopía, que en los ojos de control, visualmente normales, es posible que se requiera un mayor grosor de la coroides, para poder suministrar sangre adicional a la retina.⁽²⁴⁾ Terada y Miyata evaluaron a 14 pacientes con ambliopía unilateral encontrando que las áreas vasculares coroideas externas eran mayores en ojos ambliópicos y sus contralaterales, que en controles sanos, siendo el estroma coroideo menor, contrariamente al aumento de la vasculatura coroidea externa, sin modificación del grosor coroideo total. A partir de estos hallazgos, los investigadores plantean la hipótesis de que una menor cantidad de estroma coroideo podría afectar negativamente el desarrollo visual y que la detección de un área vascular coroidea externa mayor del 59 %, pudiera indicar un riesgo de aparición de ambliopía.⁽²⁷⁾

Alteraciones funcionales subjetivas

El objetivo principal de la visión es, presumiblemente, proporcionar una percepción unificada y estable del mundo, lo que permite a las personas interactuar de manera más eficiente con su entorno.⁽⁸⁾

Cuando hay estrabismo o anisometropía no puede ocurrir una integración binocular normal.⁽¹⁷⁾ En la ambliopía anisométrica, las imágenes desenfocadas que salen del punto de fijación producen una imagen borrosa en la fovea del ojo ambliope, que compite con la imagen nítida que se produce en el ojo contralateral normal. De esta forma, se desarrolla una interacción binocular anormal en desventaja para el ojo ambliope, como resultado de la superposición de imágenes claras y borrosas, que conduce a la inhibición de la fovea y mala visión en ese ojo.⁽¹⁴⁾ En la ambliopía por estrabismo, los niños necesitan fijar el objeto con un ojo, mientras presentan desalineación del ojo contralateral. En esta situación, sería beneficioso ignorar o suprimir la información del ojo desalineado para eliminar la diplopía y la confusión. La desalineación de los ojos puede interrumpir la función cortical de forma permanente, conduciendo a la

pérdida de la función binocular. En caso de que el niño alterne la fijación, es decir, mantenga la misma preferencia de fijación con cualquiera de los ojos, o presente buena alineación durante gran parte del tiempo, si se trata de un estrabismo intermitente, es posible que la función binocular esté reducida, pero que la agudeza visual no esté disminuida en gran medida.⁽⁸⁾

La evolución o desarrollo de la agudeza visual en la infancia comienza desde el nacimiento. La visión en los bebés recién nacidos es deficiente, estimándose una agudeza visual a los tres meses de 0,05, alcanzando de 0,2 a 0,4 al año, con un aumento progresivo de 0,4 a 0,6 a los dos años, de 0,6 a 0,8 a los 3 años, hasta alcanzar finalmente su desarrollo normal a la edad de cuatro años con una agudeza visual de 0,9 a 1,0. A partir de entonces, continúa un periodo de maduración que se prolonga hasta los ocho años.⁽⁴⁾ Independientemente de la causa que la produzca, la ambliopía tiene como denominador común una disminución de la agudeza visual, que persiste a pesar de la corrección de cualquier error refractivo, desalineación o eliminación de cataratas.⁽²⁸⁾

En la ambliopía estrábica, debido a la fijación foveal inestable, el paciente presenta dificultad para separar las letras del optotipo, presentando una buena agudeza visual angular (optotipos aislados), con pésima agudeza visual morfoscópica (optotipos asociados). Esto se conoce como fenómeno de amontonamiento, apiñamiento o *crowding* (usando el término en inglés). En la ambliopía refractiva el paciente no presenta esta dificultad, por lo que la agudeza visual morfoscópica o lineal será igual a la agudeza visual angular.⁽⁴⁾ Estos elementos sugieren que es recomendable, que la evaluación de la agudeza visual sea con optotipos aislados para no subestimar su valor.

Se ha sugerido que puede existir un estrecho vínculo entre: estrabismo, ausencia de estereopsis y un alto grado de apiñamiento.⁽²⁹⁾

Los pacientes con ambliopía estrábica de inicio temprano, en su gran mayoría, no desarrollan estereopsis, lo que por lo general no mejora después del tratamiento adecuado, incluso en casos alineados con éxito. Se ha encontrado mayor afectación de la estereopsis en la visión de lejos que en la de cerca en este tipo de ambliopía.⁽³⁰⁾ En la ambliopía anisométrica, este déficit de la visión estereoscópica, suele ser menos dramático y mejora con el tratamiento de la ambliopía, aunque, rara vez alcanza un nivel normal, incluso cuando la agudeza

visual se recupera completamente.⁽⁷⁾ Sin embargo, Levi y colaboradores, en una investigación encontraron únicamente en la ambliopía anisométrica, relación lineal entre la agudeza visual y la estereopsis, siendo esta última peor, en casos que mostraron menor agudeza visual. No obstante, se ha reportado alguna variación interindividual, con ambliopes anisométricos que muestran débil agudeza visual y excelente estereopsis y otros con mejor estereopsis y agudeza visual reducida sustancialmente.⁽²⁹⁾

Los déficits en la sensibilidad al contraste generalmente se correlacionan con la agudeza visual del ojo ambliópico, sin embargo, después de un tratamiento exitoso para la ambliopía, esta alteración puede persistir, a pesar de una recuperación total de la agudeza visual.⁽⁵⁾ En la ambliopía estrábica, suelen estar afectadas las frecuencias espaciales altas, mientras que en la ambliopía anisométrica, se ha encontrado afectación de todas las frecuencias espaciales.⁽⁴⁾

La ambliopía afecta el desarrollo de la visión binocular, lo cual trae consecuencias para el desarrollo de las vías visuales asociadas con el ojo no ambliope,⁽⁵⁾ llevando en ocasiones a déficits visuales en dicho ojo, dentro de los que se pudiera incluir la afectación de la sensibilidad al contraste para altas frecuencias espaciales.⁽⁷⁾

Meier realizó una revisión del tema encontrando diferentes hipótesis, que intentan explicar la afectación en el ojo no ambliópico. Se ha planteado que estos déficits, a pesar de una agudeza visual normal, pueden ser causados por la privación visual asociada con la terapia de oclusión. Otra posible explicación ha sido que al ser la ambliopía un impedimento para la visión binocular, la maduración de las funciones visuales asociadas con el otro ojo puede alterarse, en menor medida, junto con las del ojo ambliópico. También se ha sugerido la posibilidad de que un desarrollo atípico sufrido por las neuronas de áreas corticales binoculares en la ambliopía, en los ojos contralaterales, conducirá a déficits visuales, siempre que la tarea dependa de dichas áreas y cuyas alteraciones serán más evidentes a medida que la información se procese más allá de la corteza estriada, en regiones que involucren la corteza relacionada con la visión binocular. Se ha reportado, que una ambliopía grave debería tener un impacto más profundo en las regiones binoculares y, en consecuencia, mayores déficits en los ojos contralaterales.⁽⁵⁾

Alteraciones funcionales objetivas

Electrorretinograma a patrón

Se ha encontrado disminución de la amplitud y prolongación de latencia de las ondas del electroretinograma a patrón. Así lo reportan Tugcu y colaboradores, en ambos ojos de pacientes con ambliopía refractiva anisométrica, al compararlos con ojos de control sanos.⁽¹⁰⁾ Sin embargo, Heravian y otros, únicamente encontraron reducción de la amplitud de la onda P50 en el ojo ambliope, de etiología tanto estrábica como refractiva anisométrica, al compararlo con los controles sanos, reportando un aumento de la amplitud de la onda P50 proporcional al incremento de la agudeza visual.⁽³¹⁾ No coinciden los resultados obtenidos por de Souza y col, para quienes la amplitud de dicha onda no se modificó en ninguno de los grupos de ambliopía, al compararla con las de controles sanos y reportan un aumento en las latencias de las ondas P50 y N95 en el ojo ambliope.⁽³²⁾

Electrorretinograma multifocal

Se ha reportado disminución de amplitudes en el electroretinograma multifocal en la ambliopía. Utilizando esta técnica recientemente Al-Haddad y col estudiaron la función de la retina en pacientes ambliopes y obtuvieron valores de amplitud de la onda P1, menores en ojos con ambliopía anisométrica y estrábica, que en ojos contralaterales normales. Estas diferencias fueron más significativas en el anillo central y no se encontró cambios significativos en los valores de latencia.⁽³³⁾

Potencial evocado visual a patrón

El estudio funcional de la vía visual mediante potencial evocado visual a patrón, ha mostrado alteraciones en ojos ambliópicos, con mayores valores de latencia de la onda P₁₀₀, al compararlos con ojos de sujetos normales, sin diferencias significativas en su amplitud.^(31, 32) Según la etiología de la ambliopía, algunos estudios reportan similares resultados en el potencial evocado visual a patrón tanto para la ambliopía refractiva anisométrica, como para la estrábica.^(32, 34) En los últimos años, se han realizado varios intentos para evaluar qué factores presentes en el momento del diagnóstico pueden reflejar el resultado visual final

después del tratamiento de la ambliopía. Se ha informado que la respuesta evocada visual a patrón se correlaciona con la agudeza de Snellen mejor corregida en sujetos normales. Un aumento en la amplitud de la onda P₁₀₀ del potencial evocado visual a patrón parece reflejar una mejoría de la agudeza visual durante el tratamiento de la ambliopía.⁽³⁴⁾

Evaluación funcional de retina y corteza visual mediante la estimulación simultánea de potencial evocado visual a patrón y electroretinograma a patrón

La estimulación simultánea de retina y corteza visual, mediante electroretinograma a patrón y potencial evocado visual a patrón, ha sido realizada en pacientes con ambliopía. Para Campos y colaboradores la alteración en la función visual, en presencia de una función macular normal, pudiera atribuirse a un retraso en la conducción neural postretiniana, ya que en la investigación realizada a 25 pacientes con ambliopía anisométrica, encontraron aumento significativo en la latencia de P₁₀₀ a 15 min/arc y en el tiempo retinocortical, pero con respuestas normales del electroretinograma a patrón a 15 min/arc en ojos ambliópicos. Las diferencias interoculares de la agudeza visual, se relacionaron la latencia de la P₁₀₀ a 15 min/arc y el tiempo retinocortical.⁽³⁵⁾

Sin embargo, Heravian y colaboradores plantean la hipótesis de que la función reducida de la corteza visual en la ambliopía no solo se debe a la reducción de las células corticales, sino también a una disminución de la respuesta retiniana, a partir de los hallazgos obtenidos con igual técnica electrofisiológica. Estos autores, en su estudio mostraron la existencia de una correlación significativa entre la amplitud P₅₀ de electroretinograma a patrón y la latencia P₁₀₀ del potencial evocado visual a patrón, pues, a medida que aumentó la amplitud de la onda P₅₀, la latencia de la onda P₁₀₀ disminuyó.⁽³¹⁾

La ambliopía es una causa frecuente de baja visión en niños y se puede acompañar de alteraciones estructurales y funcionales. La tomografía de coherencia óptica ha permitido detectar cambios en algunas estructuras de ojos ambliópicos como un aumento de grosor de la capa de fibras nerviosas del nervio óptico, del grosor macular central y del grosor coroideo subfoveal, este último a expensas del área

vascular coroidea, lo cual puede ser comprobado mediante angiografía con tomografía de coherencia óptica. A la disminución de la agudeza visual, la sensibilidad al contraste y de la estereopsia, se suman alteraciones funcionales objetivas como modificaciones en las pruebas electrofisiológicas, fundamentalmente en el electroretinograma a patrón y potencial evocado visual a patrón.

Referencias bibliográficas

1. Bitirgen G, Mirza E. Analysis of Peripapillary Choroidal Thickness in Unilateral Amblyopia. 2019;14(1):42-7.
2. Fu Z, Hong H, Su Z, Lou B, Pan CW. Global prevalence of amblyopia and disease burden projections through 2040: a systematic review and meta-analysis. 2020;104(8):1164-70.
3. Capetillo Biart O, Triana Casado I, Martínez Legón ZdlC, Roche Caso S, Broche Hernández A. Frecuencia de la ambliopía en escolares. Revista Cubana de Pediatría. 2011;83:372-81.
4. Perea J. Alteraciones sensoriales del estrabismo. Estrabismos. 2da ed: J. Perea García; 2008. p. 1-43.
5. Meier K, Giaschi D. Unilateral Amblyopia Affects Two Eyes: Fellow Eye Deficits in Amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2017;58(3):1779-800.
6. Pang Y, Frantz KA, Block S, Goodfellow GW, Allison C. Effect of Amblyopia Treatment on Macular Thickness in Eyes With Myopic Anisometric Amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2015;56(4):2677-83.
7. Webber AL. The functional impact of amblyopia. Clin Exp Optom. 2018;101(4):443-50.
8. Candy TR. The Importance of the Interaction Between Ocular Motor Function and Vision During Human Infancy. Annu Rev Vis Sci. 2019;5:201-21.
9. Liao N, Jiang H, Mao G, Li Y, Xue A, Lan Y, et al. Changes in macular ultrastructural morphology in unilateral anisometric amblyopia. Am J Transl Res. 2019;11(8):5086-95.
10. Tugcu B, Araz-Ersan B, Kilic M, Erdogan ET, Yigit U, Karamursel S. The morpho-functional evaluation of retina in amblyopia. Curr Eye Res. 2013;38(7):802-9.

11. Park KA, Park DY, Oh SY. Analysis of spectral-domain optical coherence tomography measurements in amblyopia: a pilot study. *Br J Ophthalmol.* 2011;95(12):1700-6.
12. Araki S, Miki A, Yamashita T, Goto K, Haruishi K, Ieki Y, et al. A comparison between amblyopic and fellow eyes in unilateral amblyopia using spectral-domain optical coherence tomography. *Clin Ophthalmol.* 2014;8:2199-207.
13. Kasem MA, Badawi AE. Changes in macular parameters in different types of amblyopia: optical coherence tomography study. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:1407-16.
14. Yakar K, Kan E. Retinal Nerve Fibre Layer and Macular Thicknesses in Adults with Hyperopic Anisometropic Amblyopia. 2015;2015:946467.
15. Alotaibi AG, Al Enazi B. Unilateral amblyopia: Optical coherence tomography findings. *Saudi J Ophthalmol.* 2011;25(4):405-9.
16. Huynh SC, Samarawickrama C, Wang XY, Rochtchina E, Wong TY, Gole GA, et al. Macular and nerve fiber layer thickness in amblyopia: the Sydney Childhood Eye Study. *Ophthalmology.* 2009;116(9):1604-9.
17. Chen W, Xu J, Zhou J, Gu Z, Huang S, Li H, et al. Thickness of retinal layers in the foveas of children with anisometropic amblyopia. *PLoS One.* 2017;12(3):e0174537.
18. Wang XM, Cui DM, Zhen L, Yang X, Huo LJ, Liu X, et al. Characteristics of the macula in amblyopic eyes by optical coherence tomography. *Int J Ophthalmol.* 2012;5(2):172-6.
19. Xia Z, Chen H. Thicknesses of Macular Inner Retinal Layers in Children with Anisometropic Amblyopia. 2020;2020:6853258.
20. Nishi T, Ueda T, Hasegawa T, Miyata K, Ogata N. Choroidal thickness in children with hyperopic anisometropic amblyopia. *Br J Ophthalmol.* 2014;98(2):228-32.
21. Yoon DH, Chun BY. Comparison of the Thickness and Volume of the Macula and Fovea in Patients with Anisometropic Amblyopia Prior to and after Occlusion Therapy. *Korean J Ophthalmol.* 2018;32(1):52-8.
22. Lonngi M, Velez FG, Tsui I, Davila JP, Rahimi M, Chan C, et al. Spectral-Domain Optical Coherence Tomographic Angiography in Children With Amblyopia. *JAMA Ophthalmol.* 2017;135(10):1086-91.

23. Prousalı E, Dastiridou A, Ziakas N, Androudi S, Mataftsi A. Choroidal thickness and ocular growth in childhood. *Surv Ophthalmol.* 2021;66(2):261-75.
24. Liu Y, Dong Y, Zhao K. A Meta-Analysis of Choroidal Thickness Changes in Unilateral Amblyopia. 2017;2017:2915261.
25. Xu J, Zheng J, Yu S, Sun Z, Zheng W, Qu P, et al. Macular choroidal thickness in unilateral amblyopic children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(11):7361-8.
26. Araki S, Miki A, Goto K, Yamashita T, Takizawa G, Haruishi K, et al. Macular retinal and choroidal thickness in unilateral amblyopia using swept-source optical coherence tomography. *BMC Ophthalmol.* 2017;17(1):167.
27. Terada N, Miyata M. Abnormal Outer Choroidal Vasculature in Amblyopia. 2019;2019:2097087.
28. Mostafaie A, Ghojzadeh M, Hosseinifard H, Manaflouyan H, Farhadi F, Taheri N, et al. A systematic review of Amblyopia prevalence among the children of the world. *Rom J Ophthalmol.* 2020;64(4):342-55.
29. Levi DM, Knill DC, Bavelier D. Stereopsis and amblyopia: A mini-review. *Vision Res.* 2015;114:17-30.
30. Sharma P. The pursuit of stereopsis. *J aapos.* 2018;22(1):2.e1-2.e5.
31. Heravian J, Daneshvar R, Dashti F, Azimi A, Ostadi Moghaddam H, Yekta AA, et al. Simultaneous pattern visual evoked potential and pattern electroretinogram in strabismic and anisometropic amblyopia. *Iran Red Crescent Med J.* 2011;13(1):21-6.
32. de Souza Lima LCS, Dantas AM, Herzog Neto G, Damasceno EF, Solari HP, Ventura MP. Comparative electrophysiological responses in anisometropic and strabismic amblyopic children. *Clin Ophthalmol.* 2017;11:1227-31.
33. Al-Haddad C, Bou Ghannam A, El Moussawi Z, Rachid E, Ismail K, Atallah M, et al. Multifocal electroretinography in amblyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2020;258(3):683-91.
34. Chung W, Hong S, Lee JB, Han SH. Pattern visual evoked potential as a predictor of occlusion therapy for amblyopia. *Korean J Ophthalmol.* 2008;22(4):251-4.

35. Parisi V, Scarale ME, Balducci N, Fresina M, Campos EC. Electrophysiological detection of delayed postretinal neural conduction in human amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2010;51(10):5041-8.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.