

REVISTA MEXICANA DE

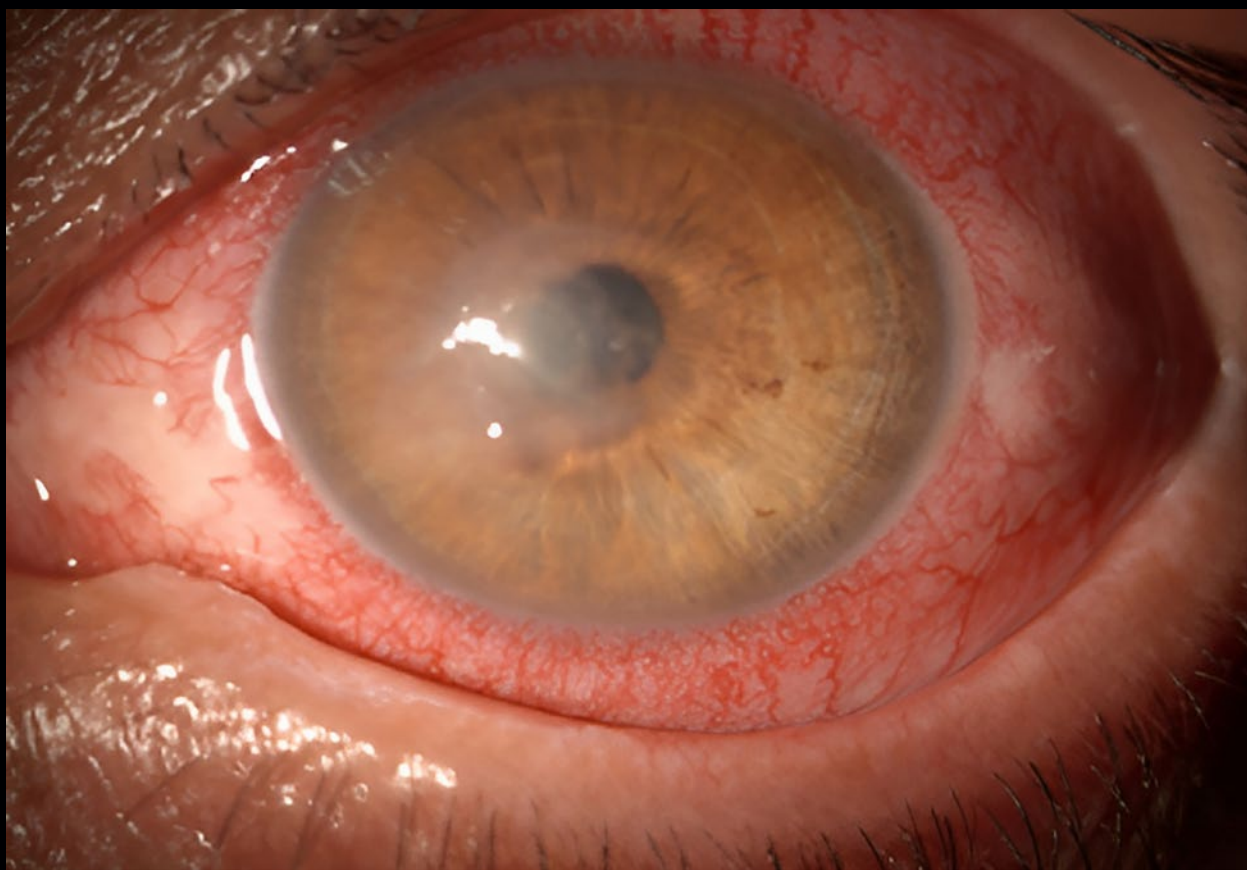
ISSN: 0187-4519

OFTALMOLOGÍA

Vol. 98 • N.º 2 • Marzo-Abril 2024

www.rmo.com.mx

Indexada en Scopus



"VERITATIS LUX OCULO INSERVIENS"



PERMANYER MÉXICO
www.permayer.com



CONSEJO EDITORIAL / EDITORIAL BOARD

EDITOR / EDITOR IN CHIEF

Dr. en C. Roberto González Salinas
(Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Ciudad de México, México)

COEDITORES / ASSOCIATE EDITORS

Dra. Nalley Ramos Betancourt
(Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Ciudad de México, México)

Dr. Raúl Vélez Montoya
(Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Ciudad de México, México)

Dr. Juan Carlos Serna Ojeda
(Instituto Visión Láser, Aguascalientes, México)

ASISTENTE EDITORIAL /
EDITORIAL ASSISTANT

Bárbara Márquez Cárdenas
(Biblioteca "Dr. Manuel Uribe y Troncoso", Ciudad de México, México)

EDITORES ANTERIORES /
PREVIOUS EDITORS

Dr. Everardo Hernández Quintela
(Hospital "Dr. Luis Sánchez Bulnes", Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

Dr. Alejandro Navas Pérez
(Instituto de Oftalmología "Conde de Valenciana", Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

Dr. Manuel Alejandro Garza León
(Universidad de Monterrey, Monterrey, México)

COMITÉ EDITORIAL / EDITORIAL COMMITTEE

Dra. Lourdes Arellanes García
(Hospital "Dr. Luis Sánchez Bulnes", Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Ciudad de México, México)

Dr. Francisco Beltrán Díaz de la Vega
(Hospital "Dr. Luis Sánchez Bulnes", Asociación para Evitar la Ceguera en México I.A.P., Ciudad de México, México)

Dra. en C. Vanessa Bosch Canto
(Instituto Nacional de Pediatría, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

Dra. Paola de la Parra Colín
(Clínica de Córnea y Superficie Ocular, Instituto Nacional de Rehabilitación Secretaría de Salud, Ciudad de México, México)

Dr. Carlos Enrique de la Torre González
(Universidad Nacional Autónoma de México, Hospital Juárez de México Secretaría de Salud, Ciudad de México, México)

Dra. Irene González Olhovich
(Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía "Manuel Velasco Suárez", Hospital CM ABC, Ciudad de México, México)

Dr. Óscar Guerrero Berger
(Fundación Hospital de La Luz; Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

Dr. Julio César Hernández Camarena
(Instituto de Oftalmología y Ciencias Visuales, Hospital Zambrano-Hellion, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N.L., México)

Dr. Sergio E. Hernandez da Mota
(Clínica David, Unidad Oftalmológica, Facultad de Medicina "Dr. Ignacio Chavez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich., México)

Dra. Silvia Moguel Ancheita
(Cirujano Oftalmólogo Estrabólogo, Máster en Neurociencias, Ciudad de México, México)

Dr. Ángel Nava Castañeda
(Instituto de Oftalmología "Conde de Valenciana", Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

Dr. José Antonio Paczka Zapata
(Instituto de Oftalmología y Ciencias Visuales, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., México)

Dr. Carlos Quezada Ruiz
(Clínica de Ojos Garza Viejo, San Pedro Garza García, Monterrey, N.L., México)

Dra. Claudia Recillas Gisbert
(Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México, México)

Dr. Enrique Robles Gil
(Asociación Médica Hospital ABC, Ciudad de México, México)

Dr. Patricio José Rodríguez Valdés
(Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Hospital Zambrano Hellion, Monterrey, N.L., México)

Dra. Matilde Ruiz Cruz
(Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias [INER], Centro de Investigación en Enfermedades Infecciosas [CIENI], INCMNSZ-UNAM, Ciudad de México, México)

Dr. Manuel Saenz de Viteri Siso
(Universidad la Salle, Querétaro, Qro., México)

Dr. en C. Arturo Santos García
(Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N.L., México)

Dr. Luis Fernando Torres
(INOVA Visión, Instituto de Ojos y Visión de Aguascalientes, Centro de Investigación Bases Moleculares de Enfermedades Oculares, Sistema Nacional de Investigadores, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, Ags., México)

Dr. Jorge Valdez García
(Instituto de Oftalmología y Ciencias Visuales, Hospital Zambrano-Hellion, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud TecSalud del Tecnológico de Monterrey, Monterrey, N.L., México)

Dr. Juan Carlos Zenteno Ruiz
(Instituto de Oftalmología "Conde de Valenciana", Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México)

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL / INTERNATIONAL EDITORIAL COMMITTEE

Iqbal Ike K. Ahmed, MD
(University of Toronto, Toronto, Ontario, Canadá)

Anthony J. Aldave, MD
(Jules Stein Eye Institute, Ronald Reagan UCLA Medical Center, Los Angeles, California, USA)

Francisco Amparo, MD
(Massachusetts Eye and Ear Schepens Eye Research Institute, Harvard Medical School Boston, USA)

Mark S. Blumenkranz, MD
(Stanford University, School of Medicine, Palo Alto, California, USA)

Acner Camino, PhD
(Center for ophthalmic optics and lasers, Oregon Health & Science University, USA)

Manuel Díaz-Llopis, MD PhD
(Universidad de Valencia, Valencia, España)

Ángela María Dolmetsh, MD
(Hospital Universitario del Valle, Cali, Colombia)

Joaquín Fernández Pérez, MD
(QVision, Hospitalario Torrecárdenas, Almería, España)

María Alejandra Henríquez, MD
(Oftalmosalud, Instituto de Ojos, Lima, Perú)

Cristián Luco, MD
(Fundación Oftalmológica Los Andes, Santiago, Chile)

Antonio Martínez, MD
(Galician Institute of Ophthalmology, Santiago de Compostela, La Coruña, España)

Cristina Muccioli, MD MBA
(Federal University of São Paulo, São Paulo, Brasil)

Claudio Orlich, MD
(Clínica 20/20, San José, Costa Rica)

Víctor L. Pérez, MD
(Duke Eye Center, Duke University School of Medicine, North Carolina, USA)

Hugo Quiroz-Mercado, MD
(Denver Health Medical Center, University of Colorado, Denver, Colorado, USA)

J. Bradley Randleman, MD
(USC Roski Eye Institute, Keck School of Medicine of USC, Los Angeles, California, USA)

Mark I. Rosenblatt, MD PhD
(Illinois Eye and Ear Infirmary, University of Illinois, Chicago, Illinois, USA)

María Felisa Shokida, MD
(Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina)

Eduardo Viteri, MD
(Centro Oftalmológico Humana Visión, Guayaquil, Ecuador)

La REVISTA MEXICANA DE OFTALMOLOGÍA (ISSN 0187-4519) es producto de la fusión de las revistas «Anales de la Sociedad Mexicana de Oftalmología», «Archivos de la Asociación Para Evitar la Ceguera en México» y «Boletín del Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora de la Luz». Se publica a partir de 1987, conservando la numeración más antigua de las revistas que le dieron origen. Su edición y distribución están a cargo de la Sociedad Mexicana de Oftalmología, A.C. La revista está indexada en EXCERPTA, LILACS, PERIODICA, EMBASE y SCOPUS. El precio de la suscripción anual en México, para personas físicas \$2,250.00 pesos (\$150.00 USD dólares estadounidenses) e instituciones \$3,000.00 pesos. El costo de la suscripción para el extranjero es de \$200.00 USD y la revista será enviada por vía de superficie; las personas que deseen recibirla por la vía aérea deberán cubrir el porte extra de \$10.00 USD para América, \$15.00 USD para Europa y \$20.00 USD para el resto del mundo. Toda correspondencia deberá dirigirse a: Revista Mexicana de Oftalmología, Boston 99, Col. Nochebuena, C.P. 03720, Ciudad de México. Reserva de título No. 04-2018-010317203400-102 de la Dirección General de Derechos de Autor, SEP. Certificado de Licitud de Título y Certificado de Licitud de Contenido No. 17109 de la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas, SG. Publicación bimestral, Registro Postal PP09-02104, autorizado por SEPOMEX. Impresa en México y distribuida en 2,500 ejemplares. La versión electrónica está disponible de libre acceso en español e inglés en www.rmo.com.mx.

REVISTA MEXICANA DE OFTALMOLOGÍA (ISSN 0187-4519) is the result of the merger «Anales de la Sociedad Mexicana de Oftalmología», «Archivos de la Asociación Para Evitar la Ceguera en México» and «Boletín del Hospital Oftalmológico de Nuestra Señora de la Luz». Is published since 1987, maintaining the oldest volume number of the preceding journals. Edition and distribution are run by Sociedad Mexicana de Oftalmología, A.C. The journal is indexed in EXCERPTA, LILACS, PERIODICA, EMBASE and SCOPUS. Yearly subscriptions (six numbers) in Mexico: personal rate is \$2,250.00 (USD 150.00), institutional rate is \$3,000.00; foreign subscribers is USD 200.00 by ordinary mail; extra cost for air mail is in America USD 10.00, Europe USD 15.00, and rest of the world USD 20.00. All correspondence should be sent to: Revista Mexicana de Oftalmología, Boston 99, Col. Nochebuena, C.P. 03720, Ciudad de México. Title reservation No. 04-2018-010317203400-102 of the Dirección General de Derechos de Autor, SEP. Title Licensing Certificate and Content Licensing Certificate No. 17109 of the Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas, SG. Bimonthly publication, Postal Register PP09-02104, authorized by SEPOMEX. Printed in Mexico, 2,500 copies distributed. The electronic version is available open access in Spanish and English language at www.rmo.com.mx.

Puede enviar su manuscrito en / Please, submit your manuscript in:

<http://www.editorialmanager.com/mexoft>



Permanyer
Mallorca, 310 – Barcelona (Cataluña), España
permnyer@permnyer.com

Permanyer México
Temístocles, 315
Col. Polanco, Del. Miguel Hidalgo
11560 Ciudad de México
mexico@permnyer.com



ISSN: 0187-4519; eISSN: 2604-1227
Dep. Legal: B-2.161-2018
Ref.: 11033AMEX242

Reproducciones con fines comerciales:

Sin contar con el consentimiento previo por escrito del editor, no podrá reproducirse ninguna parte de esta publicación, ni almacenarse en un soporte recuperable ni transmitirse, de ninguna manera o procedimiento, sea de forma electrónica, mecánica, fotocopando, grabando o cualquier otro modo, para fines comerciales. El editor y la editorial no son responsables de los contenidos publicados en la revista.

© 2024 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer.

Publicación *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Portada: Un día posterior al inicio del tratamiento, en el ojo izquierdo persiste la hiperemia conjuntival, pero con disminución del infiltrado estromal en un 90% y mejora del defecto epitelial a 3 x 3 mm de tamaño. Véase el artículo de Pineros et al. (págs. 46-56) en este número.

Efectos de la práctica de videojuegos sobre el componente acomodativo y vergencial del sistema visual en estudiantes universitarios de una institución de educación superior colombiana

Effects of playing video games on the accommodative and vergential component of the visual system in university students of a Colombian higher education institution

Carlos A. Castillo-Daza^{1*}, Johanna González Bermúdez², Paula J. Olaya Triana³ y Luisa F. Díaz³

¹Grupo de Investigación IMED; ²Grupo de Investigación en Ciencias de la Salud y del Deporte; ³Programa de Optometría. Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte, Fundación Universitaria del Área Andina - Sede Bogotá, Bogotá, Colombia

Resumen

Introducción: El drástico aumento del uso de dispositivos digitales en los últimos años evidencia un cambio significativo en los hábitos de la población en general, siendo la población estudiantil quizás la más afectada por la demanda excesiva de trabajo en visión próxima, que causa un deterioro de la salud ocular y visual. **Objetivo:** Determinar las alteraciones en el sistema oculomotor después del uso continuo de videojuegos en individuos jóvenes sanos. **Método:** En una muestra poblacional de 30 sujetos entre 17 y 31 años se evaluaron el estado vergencial, el estado acomodativo y la estereopsis antes y después de jugar por 1 hora un videojuego de acción en dispositivos electrónicos (tablet o smartphone). **Resultados:** Fueron evidentes cambios fisiológicos como la aparición de desviaciones latentes de tipo divergente mayores en visión próxima, un punto próximo de convergencia más alejado específicamente con objeto real y filtro rojo, y reservas fusionales positivas disminuidas en visión próxima; la acomodación se vio afectada específicamente en la flexibilidad, imposibilitando un enfoque rápido con lentes positivos y disminuyendo los ciclos por minuto, así como una reducción de la estereopsis fina luego de haber sido expuestos a los videojuegos. **Conclusiones:** La exposición continua a videojuegos genera un incremento en la amplitud de acomodación, afectando la flexibilidad de acomodación y haciendo que los sujetos tengan una dificultad de enfoque, generando un desequilibrio motor reflejado en la aparición de desviaciones de tipo divergente asociadas a fatiga por el tiempo prolongado de exposición.

Palabras clave: Acomodación. Vergencia. Sistema visual. Efectos visuales de la práctica de videojuegos.

Abstract

Introduction: The significant increase in the usage of digital devices in recent years has resulted in a notable change in the habits of the general population, with the student population being possibly the most affected due to the excessive demand for near vision work, leading to a deterioration of eye and vision health. **Objective:** To determine the alterations in the oculomotor system that occur after continuous video game use in healthy young individuals. **Method:** The study included a sample population of 30 subjects aged between 17 and 31 years, in whom the vergence state, the accommodative state, and

*Correspondencia:

Carlos A. Castillo-Daza

E-mail: ccastillo44@areandina.edu.co

Fecha de recepción: 05-05-2023

Fecha de aceptación: 09-04-2025

DOI: 10.24875/RMO.M25000274

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):29-36

www.rmo.com.mx

0187-4519/© 2025 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

stereopsis were assessed before and after playing an action video game continuously for 1 hour on electronic devices such as tablets and smartphones. **Results:** The study identified physiological changes, including the appearance of larger divergent-type latent deviations in near vision, a near point of convergence that is more distant and specific to real objects and red filters, decreased positive fusional reserves in near vision, accommodation typically affected in flexibility by making fast focusing with positive lenses impossible and decreasing cycles per minute, and a reduction in fine stereopsis after being exposed to video games. **Conclusions:** Continuous exposure to video games increases the amplitude of accommodation, which affects the flexibility of accommodation, making the subjects unable to focus and revealing a motor imbalance reflected in the appearance of divergent-type deviations associated with fatigue due to prolonged exposure time.

Keywords: Accommodation. Vergence. Visual system. Visual effects of playing video games.

Introducción

Tecnológicamente el mundo está viviendo una de sus más grandes transformaciones, que se está viviendo en la cuarta revolución industrial según Klaus Schwab: «Estamos al borde de una revolución tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que el género humano haya experimentado antes»¹.

Esta revolución está siendo posible gracias a la infraestructura de la revolución digital anterior, que facilita el acceso y la comunicación de gran parte de la población mundial con una diversidad cada vez más grande de dispositivos tecnológicos, como *laptops*, *tablets*, relojes inteligentes, *smartphones* y consolas para videojuegos. Actualmente hay 5190 millones de usuarios únicos en dispositivos móviles, lo que cubre el 67% de la población mundial. De acuerdo con Shum², en 2020, en todo el mundo, los servicios de telecomunicaciones y de Internet estaban empezando a ser más asequibles; entre 2008 y 2011, el precio de los servicios de tecnología de la información y la comunicación disminuyó un 30% mundialmente, y la reducción más acusada fue la de los servicios de Internet de banda ancha fija, cuyos precios bajaron en promedio un 75%. Esta facilidad para acceder a Internet y la posibilidad de adquirir dispositivos tecnológicos de mejor calidad a menor precios ha sido aprovechada por los amantes de los videojuegos para disfrutar miles de opciones presentes en el mercado global. Según datos de la *European Space Agency* (ESA) en 2019: «Hay más de 2500 millones de *gamers* en todo el mundo. El 41% de los hogares juegan en un PC, el dispositivo más común. Le siguen *smartphones* y consolas de juegos dedicadas con un 36% cada uno. Los terceros más utilizados, con un 24%, son dispositivos inalámbricos, como tabletas. Por último, el 14% posee un sistema de mano dedicado PSP, mientras que solo el 8% tiene dispositivos de realidad virtual»².

La creciente popularidad de los videojuegos, con y sin realidad virtual, está causando cada vez más una mayor preocupación para los profesionales de la salud visual, ya que el uso prolongado de dispositivos electrónicos induce efectos de adaptación visual que alteran no solo la superficie ocular, sino también el adecuado funcionamiento del sistema vergencial y acomodativo³.

El trabajo prolongado en visión próxima genera una serie de sintomatología que disminuye la calidad visual y afecta la capacidad acomodativa y la amplitud vergencial, que están directamente relacionadas con la aparición de la visión borrosa y la visión doble durante o después de la exposición a los videojuegos. Lee et al.⁴ evaluaron los efectos de los juegos de computadora sobre el sistema visual en individuos jóvenes sanos, y encontraron alteraciones en la convergencia y en la acomodación después de 4 horas de exposición.

Se ha logrado evidenciar que la función visual de los videojugadores se ve afectada por el uso de dispositivos electrónicos y videojuegos, siendo la acomodación y la vergencia dos de las funciones más alteradas después de la exposición, dado que estos sistemas están vinculados directamente interactuando entre sí, donde la acomodación es estimulada por la borrosidad retiniana mientras que la vergencia es estimulada por la profundidad. Estos son los componentes de base útil que se requieren para el desempeño de cualquier actividad en visión próxima, y son precisamente los que más se afectan por el uso prolongado de dispositivos en visión próxima⁵.

De acuerdo con los datos anteriores y teniendo en cuenta que cada vez son más los jóvenes que inician a corta edad la práctica de algún tipo de videojuego de manera habitual y prolongada⁶, se plantea como objetivo determinar la relación existente entre las alteraciones oculomotoras y la práctica de videojuegos en una población de jóvenes sanos universitarios en la ciudad de Bogotá, en Colombia.

Método

Tipo de estudio

La presente investigación es cuantitativa, analítica, descriptiva y de corte transversal.

Población

La investigación contó con 48 sujetos entre 17 y 31 años, pasados por un proceso de selección y filtrado hasta obtener 30 individuos aptos, estudiantes universitarios de la Fundación Universitaria del Área Andina de la ciudad de Bogotá, que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: defectos refractivos corregidos en rango de esfera de +0.25 a -0.50 y cilindros hasta -0.50 o corregidos con más de 1 mes de uso de su prescripción óptica, nivel de agudeza visual entre 20/20 y 20/25 corregida o sin corregir, y binocularidad estable.

Se excluyeron 18 sujetos con estrabismos congénitos, ambliopías refractivas o estrábicas, alteraciones patológicas del segmento anterior o posterior que afectaban la agudeza visual, antecedentes oculares de cirugía de estrabismo o trauma ocular, alteraciones o retrasos psicomotores, nistagmo o alteración acomodativa o vergencial previa.

Procedimiento

A cada participante se le evaluó el estado acomodativo determinando el Lag de acomodación con retinoscopia de Nott, la flexibilidad de acomodación con *flippers* y la amplitud de acomodación con una técnica subjetiva Donders Push Down (MPD) y una objetiva con el método objetivo de amplitud de acomodación (MODAA). La valoración de las vergencias se hizo mediante la prueba de *cover test*, tanto en visión lejana como en visión próxima, el punto próximo de convergencia (PPC) con luz, objeto real (OR) y filtro rojo (FR), y las reservas fusionales negativas y positivas (RFN y RFP), antes y después de jugar por 1 hora un videojuego de acción en *tablet* o *smartphone*.

Los procedimientos que se llevaron a cabo fueron:

- Agudeza visual: para evaluarla en visión lejana se empleó la cartilla LogMAR a 3 m del paciente, y en visión próxima, a 40 cm de este. Los resultados se registraron en unidades del logaritmo del mínimo ángulo de resolución⁷.
- Examen externo: se enfocaron las dioptrías del oftalmoscopio para evaluar las diferentes estructuras de ambos ojos desde el segmento anterior hasta el segmento posterior⁷.

- Valoración de la heteroforia: con el método objetivo del prisma *cover test* se evaluaron la presencia, la dirección y la magnitud de la foria⁸.
- Valoración del PPC: se midió con OR, luz y FR. Se determinaron el punto de ruptura y el punto de recuperación de la visión binocular. Se registró la distancia de diplopía sobre la recuperación en centímetros⁷.
- Reservas fusionales: se midió la RFN anteponiendo una barra de prismas con base nasal en el ojo dominante, que se aumentó hasta que el participante reportara ver doble. Se anotó el valor dióptrico del prisma y luego se redujo sucesivamente hasta que el participante reportara ver una imagen sencilla de nuevo y se anotó este valor. Se realizó el mismo procedimiento para medir las RFN en visión próxima a una distancia de 40 cm. El mismo proceso se desarrolló para la medición de la RFP anteponiendo la barra de prismas con base externa, se anotaron los datos de visión doble y recuperación tanto en visión lejana como en visión próxima, y se anotaron los valores de rotura y recobro en dioptrías prismáticas⁹.

Valoración del estado acomodativo

- Retinoscopia de Nott: se situó la cartilla de visión próxima a una distancia de 40 cm del participante y se le solicitó que leyera las letras del nivel visual de 0,75 M, mientras el examinador observaba el reflejo retinoscópico de ambos ojos. Si el examinador observaba movimiento directo, alejaba el retinoscopio de la cartilla hasta conseguir un punto neutro y determinaba la distancia a la que se produjo la neutralización. Luego se calculó la diferencia dióptrica entre el estímulo acomodativo (tarjeta) y la respuesta acomodativa (distancia a la cual se encuentra el punto neutro). Posteriormente se repitió el procedimiento en el otro ojo y se anotaron los resultados en forma de dioptrías¹⁰.
- Valoración de la flexibilidad de acomodación: se hizo de forma monocular, con la corrección óptica. Se indicó al sujeto que leyera en voz alta los componentes de una línea inferior a su agudeza visual a una distancia de 40 cm, inmediatamente se antepuso un *flipper* de +2,00/-2,00 y, si el participante era capaz de ver nítidas las letras del nivel visual mencionado, se procedió a contar los ciclos por minuto de cada ojo⁸.
- MODAA: se determinó de manera monocular y con el uso de la corrección óptica encontrada. Se adicionó un lente de -4.00 D y se ocluyó el otro ojo.

Se pidió al participante que sostuviera la cartilla de fijación pegada a la montura, que lentamente la alejara y que se detuviera en el momento en que observara las letras de forma clara y nítida. A partir de este punto, el evaluador, ubicado a 30 cm por detrás del punto de fijación, observó la sombra del retinoscopio. Si el movimiento retinoscópico observado era «con», debía alejarse del punto de fijación hasta observar el punto neutro o la inversión del movimiento. Si la sombra era «contra», debía acercarse hacia el ojo del examinado hasta observar un punto neutro o inversión del movimiento. Se anotó la distancia entre el plano del lente de prueba y el plano del espejo del retinoscopio como el punto próximo de acomodación, y el valor en dioptrías se determinó así:

$$\text{MODAA}(\text{dioptrías}) = [(1/x) \cdot 100] + 4$$

siendo x es la distancia expresada en centímetros. Al resultado se le suman 4.00 D, lo que corresponde al lente colocado en la montura de prueba para que genere una demanda acomodativa¹¹.

- Amplitud de acomodación con la técnica de Donders modificada: se determinó con el uso de la corrección óptica del participante en la montura de pruebas, ocluyendo uno de los ojos. Se adicionó un lente de -4.00 D sobre el ojo a evaluar y se le pidió que lo sostuviera pegado a la montura sobre el ojo dominante, observando la cartilla de fijación en donde se encuentran las letras a observar. Luego se le indicó que lentamente alejara la cartilla y se detuviera en el momento en que observara las letras de forma clara, sostenida y nítida. Se midió la distancia expresada en centímetros empleando la regla de Krinsky. Al valor se le adicionaron 4.00 D que correspondían al lente colocado en la montura y que genera una demanda acomodativa¹².

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de estadística descriptiva por medio del *software* JASP versión 0.16, desarrollado por la Universidad de Ámsterdam, partiendo de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk. Se organizaron los datos de acuerdo con el tipo de la prueba y el momento de la evaluación (en reposo [pre] y después de la práctica de videojuegos [post]). Se utilizaron la prueba t de Student para la comparación de los datos pre y post, y la prueba de tamaño de efecto d de Cohen. Se utilizó un modelo de regresión lineal *backward* para determinar la ecuación característica

del punto próximo de convergencia en convergencia y recobro.

Resultados

Para determinar el estado vergencial antes y después de la intervención (Tabla 1) se evaluaron las siguientes variables:

- *Cover test* (visión lejana y visión próxima): los valores negativos hacen referencia a las desviaciones de tipo divergente, mientras que los positivos a las desviaciones de tipo convergente.
- PPC: se evaluó con OR, FR y luz. El valor obtenido se expresó en centímetros.
- RFP: tanto en visión lejana como en visión próxima, y se tuvo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- RFN: tanto en visión lejana como en visión próxima, y se tuvo en cuenta el tiempo de ruptura y recobro.
- Estereopsis (test de Randot): medición obtenida en segundos de arco.

Con el fin de determinar el estado acomodativo antes y después de la intervención (Tabla 2) se realizaron las siguientes pruebas:

- MODAA para ojo derecho y ojo izquierdo): obtenido en dioptrías.
- Retraso acomodativo (Lag ACC): determinado mediante la técnica de la rinoscopia de Nott para el ojo derecho y el ojo izquierdo, obtenido en dioptrías.
- Flexibilidad acomodativa (Flex ACC): determinada mediante la técnica de *flippers* $+2.00/-2.00$, en ciclos por minuto (cpm).

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento del PPC ruptura con OR después de realizar la intervención se plantea un modelo de regresión lineal con las características $F(10.21) = 5.45$ y $p < 0.001$, representada por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{PPC OR ruptura} = & -6,567 + \\ & (4,123 \cdot \text{cover test lejos pre}) + \\ & (0,359 \cdot \text{PPC luz recobro pre}) + \\ & (0,906 \cdot \text{PPC FR ruptura pre}) - \\ & (0,289 \cdot \text{RFP VL recobro}) + \\ & (0,553 \cdot \text{RFN VL ruptura pre}) + \\ & (0,372 \cdot \text{RFN VP ruptura pre}) \end{aligned}$$

Para determinar la ecuación que representa el comportamiento de PPC recobro con OR después de realizar la intervención se plantea un modelo de regresión lineal con las características $F(10.23) = 3.852$ y $p = 0.008$, representada por la siguiente ecuación:

Tabla 1. Valoración del estado vergencial antes y después de la intervención

Variable	Prueba	Momento	Promedio	DE	Min	Max	p	d Cohen
Cover test	Visión lejana	Pre	-0.067	0.365	-2	0	0.096	0.311
		Post	-0.233	0.626	-2	0		
	Visión próxima	Pre	-1.433	2.03	-6	0	0.001*	0.82 [†]
		Post	-3.067	2.41	-8	0		
PPC OR	Ruptura	Pre	5.60	0.93	3	8	0.001*	1.476 [†]
		Post	9.73	2.56	5	15		
	Recobro	Pre	8.30	1.18	6	12	0.001*	1.427 [†]
		Post	14.07	3.71	9	25		
PPC FR	Ruptura	Pre	6.93	0.98	5	11	0.001*	1.47 [†]
		Post	11.40	3.82	5	18		
	Recobro	Pre	10.10	0.84	8	13	0.001*	1.267 [†]
		Post	16.10	4.49	9	25		
PPC luz	Ruptura	Pre	8.43	1.81	5	13	0.002*	0.615 [†]
		Post	10.47	3.23	4	17		
	Recobro	Pre	11.43	2.38	5	18	0.001*	0.814 [†]
		Post	15.03	4.31	7	25		
RFP visión lejana	Ruptura	Pre	20.20	5.81	10	30	0.021*	0.446
		Post	16.80	6.56	6	30		
	Recobro	Pre	15.20	4.67	7	25	0.001*	0.888 [†]
		Post	11.80	4.76	4	20		
RFP visión próxima	Ruptura	Pre	24	5.78	18	35	0.004*	0.57 [†]
		Post	19.97	6.71	12	40		
	Recobro	Pre	19.90	5.03	14	30	0.001*	0.72 [†]
		Post	15.30	4.94	6	30		
RFN visión lejana	Ruptura	Pre	10.23	2.88	6	18	0.079	0.33
		Post	9.07	3.51	4	18		
	Recobro	Pre	7.47	3.19	4	16	0.040*	0.39
		Post	6.17	3.30	1	14		
RFN visión próxima	Ruptura	Pre	13.60	1.87	11	18	0.002*	0.637 [†]
		Pos	11.60	3.56	6	18		
	Recobro	Pre	10.97	1.82	9	16	0.002*	0.635 [†]
		Pos	8.87	3.43	2	16		
Estereopsis	Randot	Pre	25.80	8.15	10	40	0.008*	0.521 [†]
		Post	30	11.3	20	70		

DE: desviación estándar; FR: filtro rojo; OR: objeto real; PPC: punto próximo de convergencia; RFN: reserva fusional negativa; RFP: reserva fusional positiva.

*Representa resultados estadísticamente significativos para un intervalo de confianza del 95%.

[†]Representa un tamaño de efecto mediano (0.5-0.79), grande (0.8-0.99), muy grande (1.0-1.2) y enorme (> 1.21).

Tabla 2. Valoración del estado acomodativo antes y después de la intervención

Variable	Prueba	Momento	Media	DE	Min	Max	p	d Cohen
AA OD	MODAA	PRE	7.85	0.655	7.00	9	0.001*	0.84 [†]
		POS	7.217	0.73	5.75	8.75		
AA OI	MODAA	PRE	7.71	0.74	6	9	0.001*	0.77 [†]
		POS	7.11	0.67	6	8		
Lag ACC OD	Nott	PRE	0.083	0.15	0	0.0005	0.004*	0.567 [†]
		POS	-0.256	0.51	-2	0.0005		
Lag ACC OI	Nott	PRE	0.084	0.15	0	0.0005	0.002*	0.62 [†]
		POS	-0.306	0.54	-2	0.0005		
Flex ACC OD	Flipper	PRE	8.13	2.03	6	11	0.001*	1.375 [†]
		POS	2.93	2.96	0	8		
Flex ACC OI	Flipper	PRE	7.71	0.74	6	9	0.001*	1.318 [†]
		POS	3.40	2.81	0	8		

AA: amplitud de acomodación; DE: desviación estándar; Flex ACC: flexibilidad acomodativa; Lag ACC: retraso acomodativo; OD: ojo derecho; OI: ojo izquierdo.

*Representa resultados estadísticamente significativos para un intervalo de confianza del 95%.

[†]Representa un tamaño de efecto mediano (0.5-0.79), grande (0.8-0.99), muy grande (1.0-1.2) y enorme (> 1.21).

$$\begin{aligned}
 \text{PPC OR recobro} &= 10,278 - \\
 & (0,184 \cdot \text{RFP VP ruptura pre}) + \\
 & (1,492 \cdot \text{PPC OR ruptura pre}) - \\
 & (1,686 \cdot \text{PPC OR recobro pre}) - \\
 & (1,488 \cdot \text{PPC luz ruptura}) + \\
 & (1,314 \cdot \text{PPC luz recobro}) + \\
 & (0,842 \cdot \text{RFN VP ruptura pre})
 \end{aligned}$$

Discusión

La valoración completa del estado acomodativo y vergencial antes y después de la exposición a videojuegos en jóvenes universitarios ha permitido evidenciar que, después de una fuerte demanda visual en visión próxima, la acomodación tónica incrementa, evidenciando un aumento en la amplitud de acomodación, lo cual se relaciona con la imposibilidad de enfoque con lentes positivos (dificultad en la relajación de acomodación y disminución significativa de la flexibilidad de acomodación). Esta afectación en la acomodación influye directamente en el sistema vergencial, pues en la mayoría de los casos, cuando la acomodación se altera, la vergencia intenta compensar el trastorno, funcionando mal de igual manera. Se encontró una reducción en el componente vergencial en la muestra analizada, hallando una insuficiencia de convergencia

correlacionada con la aparición de una desviación de tipo divergencia en visión próxima, un punto próximo más alejado tanto en ruptura como en recobro, y una RFP y una RFN alteradas, con mayor efecto en la RFP en visión próxima (d de Cohen 0.72 en recobro).

Los estudios previos sobre el uso excesivo de dispositivos electrónicos han demostrado la variación en la funcionalidad de la capacidad vergencial. Según Tejada Zapata¹⁶, en un estudio en el que se evaluaron las condiciones visuales en sujetos jugadores habituales de videojuegos de entre 18 y 30 años, después de jugar juegos con características similares a los de esta investigación hubo hallazgos clínicos como diplopía en visión lejana y visión próxima, forias en visión lejana y visión próxima, y afectación en la motilidad ocular en ambas distancias. En relación con el presente trabajo, no hay concordancia en cuanto a la afectación motora en visión lejana, pero sí en la visión próxima, donde se encontró un punto próximo de convergencia más alejado y la aparición de una exodesviación. Esta discrepancia quizás se deba a que en el presente trabajo los jugadores solo estuvieron expuestos a juegos en visión próxima por 1 hora. Estudios similares reportan la presencia de desviaciones en visión lejana después del uso de dispositivos electrónicos, pero todos ellos tienen en común que el tiempo de exposición es mayor que el empleado en la presente investigación¹³⁻¹⁷.

En los últimos años han sido objeto de estudio los videojuegos de realidad virtual. En el año 2020, un estudio observó una disminución en la convergencia después de al menos 20 minutos de uso de estos videojuegos, en concordancia con lo reportado en este estudio¹⁷.

Watten et al.¹⁵ estudiaron una muestra poblacional de 43 personas entre 18 y 36 años, a las que se pidió trabajar en computadores por más de 6 horas a una distancia de 40 cm. Este estudio demostró que disminuyeron la RFN y la RFP en visión lejana y en visión próxima, mientras que en la presente investigación hubo una disminución en la RFP solo en visión próxima después del juego. Esto quiere decir que posiblemente en el estudio a comparar hubo una mayor alteración debido al mayor tiempo de exposición a las pantallas.

En otro estudio con gran similitud a la presente investigación, realizado en estudiantes universitarios de 19 a 35 años en Corea del Sur, los sujetos jugaron de manera continua durante 4 horas, de 6:00 a 10:00 pm. Como resultados se reportaron forias en visión cercana, específicamente un cambio exofórico, mientras que la foria en visión lejana no tuvo ningún cambio; dicho hallazgo es concordante con el presente trabajo por factores como el tiempo de juego y la edad de la muestra poblacional¹⁸.

Rechichi et al.¹⁹ estudiaron a una población más joven, incluyendo niños de 3 a 10 años, que fueron examinados en dos grupos divididos según el tiempo que dedicaron a jugar: < 30 minutos al día y no todos los días (grupo de control), o $\geq$ 30 minutos todos los días (grupo de videojuegos). Los niños examinados tuvieron diplopía transitoria principalmente en el grupo de videojuegos, el 52.6% de la totalidad de la muestra reportaron exoforias, siendo esta la más común de las alteraciones encontradas, y la ausencia de estereopsis fina fue más frecuente en el grupo de videojuegos¹⁸. En relación con la presente investigación hay correlación, ya que reportaron alteraciones prevalentes como la exoforia y la pérdida de la estereopsis fina luego de ser expuestos a los videojuegos; a pesar de la diferencia en la edad de la muestra poblacional, el resultado es acorde a la dificultad de percepción de profundidad luego de la exposición.

En cuanto a la función de la acomodación monocular visual, se observaron cambios como una inflexibilidad después del juego, evidenciada por la disminución de ciclos por minuto y la intolerancia a los lentes positivos; es decir, en los sujetos se encontraba un déficit de relajación acomodativa después de la exposición prolongada al juego. Se puede inferir que, tras una fuerte demanda visual en visión próxima, inicialmente la acomodación

tónica incrementa, ocasionando un aumento en la amplitud de acomodación, lo cual se relaciona con la imposibilidad de enfoque con lentes positivos (dificultad en la relajación de acomodación y disminución significativa de la flexibilidad de acomodación). Esta afectación en la acomodación influye directamente en el sistema vergencial, pues en la mayoría de los casos, cuando la acomodación se altera, la vergencia intenta compensar el trastorno, funcionando mal de igual manera.

Un estudio realizado por Kang et al.²⁰ en 2021 evaluó a 46 sujetos de entre 19 y 39 años luego de usar dispositivos como *tablets* y teléfonos inteligentes durante 20 minutos. Fueron evidentes los cambios visuales, pero fueron pocos los cambios en la acomodación; se observó una disminución mayor de la facilidad o flexibilidad de acomodación cuando se utilizó una pantalla de gran tamaño, pero la diferencia no fue estadísticamente significativa. Los resultados no son concordantes con la presente investigación, posiblemente porque la exposición a los dispositivos no fue mayor de 1 hora. De igual manera, Tejada Zapata¹⁶, en su estudio de sujetos de 18 a 38 años que jugaron 2 horas al día durante 1 semana, revela hallazgos reflejados en la acomodación, como una inflexibilidad de esta. Muchos otros estudios han comparado la lectura en un teléfono inteligente o en una copia impresa, así como leer en teléfonos inteligentes y *tablets* a 35-40 cm de distancia durante 12 y 30 minutos, y resultó en un retraso mayor estadísticamente significativo, acorde a la presente investigación posiblemente por la gran similitud en el tiempo de exposición y los dispositivos utilizados^{14,20-22}.

Como trabajos futuros, considerando las tendencias en el uso de dispositivos móviles y de videojuegos bajo estas plataformas, se sugiere aumentar la población evaluada y desarrollar estudios con población juvenil e infantil, teniendo en cuenta las cifras de uso de tecnologías, publicadas por UNICEF en 2017, que indican que el 71% de los niños y adolescentes menores de 18 años están en línea, y que el 94% cuentan con un dispositivo móvil²³.

Conclusiones

Los resultados muestran cambios en las funciones visuales después del uso de videojuegos, evidenciados en un aumento de la acomodación tónica y un incremento en la amplitud de acomodación, que a su vez afecta la flexibilidad de acomodación haciendo que los sujetos tengan imposibilidad de enfoque, generando un desequilibrio motor reflejado en desviaciones de tipo divergente asociadas a fatiga por el tiempo prolongado de exposición,

donde específicamente el músculo recto medio entra en un estado de hipofunción leve, junto con una insuficiencia de convergencia demostrada con un PPC más alejado con OR y FR.

De igual modo, la RFP y la RFN presentan alteraciones, como una mayor disminución en la RFP en visión próxima, generando una alteración principalmente en la estereopsis fina.

Los cambios fisiológicos observados ocurren por una fatiga en las funciones visuales como resultado de una estimulación prolongada en visión próxima debido a la interacción con los dispositivos móviles durante la práctica de videojuegos.

Financiamiento

Esta investigación no ha recibido ninguna financiación específica de ningún organismo público, privado o sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores manifiestan que no existe ningún conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Los procedimientos fueron autorizados por el Comité de Ética de la institución.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de confidencialidad de su institución, han obtenido el consentimiento informado de los pacientes, y cuentan con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER, según la naturaleza del estudio.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Perasso V. Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). BBC News Mundo; 2016. (Consultado el 12-08-2021.) Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>.
2. Shum YM. Situación Global Mobile 2020 — 5.190 millones de usuarios únicos Yi Min Shum Xie, social media; 2020. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <https://yiminshum.com/mobile-movil-app-2020>
3. Mohamed Elias Z, Batumalai UM, Azmi ANH. Virtual reality games on accommodation and convergence. Appl Ergon. 2019;81:102879.
4. Lee JW, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yu DS. Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. PeerJ. 2019;2019(6).
5. Bharadwaj SR, Candy TR. Accommodative and vergence responses to conflicting blur and disparity stimuli during development. J Vis. 2009;9:4.1.
6. Forero GA, Sala XB, Chalezquer CS. La generación interactiva en Colombia: adolescentes frente a la Internet, el celular y los videojuegos. Anagramas Rumbos y Sentidos la Comun. 2010;9:45-56.
7. Guerrero J. Optometría clínica. 2.ª ed. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina; 2012. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <https://isbncdn.cloud/9789588494494/optometria-clinica/>.
8. Scheiman M, Wick B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. 3rd ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2008. 748 p.
9. Soria Peña L. Protocolo para la evaluación de la función vergencial en un examen optométrico. Universidad de Sevilla; 2017. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <https://idus.us.es/items/1519e560-ea18-47aa-9e29-7015311e505d>.
10. Borrás M, Gispets J, Ondategui M, Pacheco M, Sánchez E, Varón C. Visión binocular: diagnóstico y tratamiento. Barcelona: Ediciones Universitat Politècnica de Catalunya; 1996. 290 p. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-vision-binocular-diagnostico-y-tratamiento/9788483011591/777080>.
11. León Álvarez A. Validación de una técnica objetiva para determinar la amplitud de acomodación. Bogotá: Universidad de la Salle; 2009. (Consultado el 22-04-2021.) Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision//ciencia.lasalle.edu.co/maest_ciencias_vision/29.
12. Chen AH, O'Leary DJ. Validity and repeatability of the modified push-up method for measuring the amplitude of accommodation. Clin Exp Optom. 2010;81:63-71.
13. Torres-Narváez M, Sánchez-Romero J, Pérez-Viatela A, Arias EB, Villamil-Ballesteros J, Valero-Sánchez K. Entrenamiento motor en el continuo de la realidad a la virtualidad. Rev Fac Med. 2018;66:117-23.
14. Jaiswal S, Asper L, Long J, Lee A, Harrison K, Golebiowski B. Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. Clin Exp Optom. 2019;102:463-77.
15. Watten RG, Lie I, Birketvedt O. The influence of long-term visual near-work on accommodation and vergence: a field study. J Hum Ergol. 1994;23:27-39.
16. Tejada Zapata M. Análisis y comparación de la función visual en jugadores de videojuegos, antes y después de jugar. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2016. (Consultado el 22-04-2020.) Disponible en: <http://www.internetworldstats.com>.
17. Munsamy AJ, Paruk H, Gopichunder B, Luggya A, Majola T, Khulu S. The effect of gaming on accommodative and vergence facilities after exposure to virtual reality head-mounted display. J Optom. 2020;13:163-70.
18. Lee JW, Cho HG, Moon BY, Kim SY, Yu DS. Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. PeerJ. 2019;2019:e7050.
19. Rechichi C, De Mojà G, Aragona P. Video game vision syndrome: a new clinical picture in children? J Pediatr Ophthalmol Strabismus. 2017;54:346-55.
20. Kang JW, Chun YS, Moon NJ. A comparison of accommodation and ocular discomfort change according to display size of smart devices. BMC Ophthalmol. 2021;21:1-9.
21. Park M, Ahn YJ, Kim SJ, You J, Park KE, Kim SR. Changes in accommodative function of young adults in their twenties following smartphone use. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19:253-60.
22. Ha N-R, Kim C-J, Jung SA, Choi EJ, Kim HJ. Comparison of accommodative system according to the material and font size of near visual media. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19:217-24.
23. UNICEF. Niños en un mundo digital. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia; 2017. (Consultado el 18-12-2023.) Disponible en: <https://www.unicef.org/media/48611/file>.

Ambliopía y supresión en la economía del sistema visual

Amblyopia and suppression in the economy of the visual system

Martín Gallegos-Duarte 

Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Querétaro, México

Resumen

Introducción: La endotropía congénita ofrece un modelo para estudiar cómo la ambliopía y la supresión actúan como estrategias neuroadaptativas. El análisis de coherencias corticales permite identificar los patrones de reorganización funcional que sustentan estas respuestas dentro de la economía del sistema visual. **Objetivo:** Analizar las coherencias intra- e interhemisféricas con el fin de identificar cambios neurofuncionales congruentes con la ambliopía, la supresión y la percepción visual, en la endotropía congénita. **Método:** Se analizaron las coherencias intra- e interhemisféricas mediante análisis neurométrico en niños con estrabismo congénito y se compararon con la población asintomática. **Resultados:** Se analizaron 16,128 valores coherenciales de 38 niños y 25 niñas de 4 a 14 años. La hipocoherencia intrahemisférica más significativa ocurrió para theta y delta en ambas vías parieto-temporales P3-T5 y P4-T6. Se evidenció una relación hipofuncional cortical hacia los lóbulos temporales. Las vías ventrales largas izquierda y derecha O1-T3 y O2-T4 presentaron hiperfunción de +5.76 para theta en el 23%. Se observó una pobre conectividad intertemporal e interfrontal, mientras que la relación occipito-occipital fue prácticamente normal. **Conclusiones:** En la endotropía congénita existen alteraciones neurofuncionales corticales intra- e interhemisférica que pueden sistematizarse. Una coherencia interhemisférica occipito-occipital O1-O2 normal y una hipofunción temporo-temporal T3-T4 y T5-T6 estarían relacionadas con la ambliopía. Una hiperfunción en las vías occipito-temporales largas O2-T4 y O1-T3, y una pobre conectividad interhemisférica FP1-FP2, estarían relacionadas con la supresión. La hipofunción de las vías intrahemisféricas temporales cortas posteriores P3-T5 y P4-T6, e interhemisféricas FP1-FP2, dificultaría la percepción visual. Estos cambios neuroadaptativos sugieren que la ambliopía y la supresión son estrategias distintas en la economía del sistema visual para disminuir la oscilación y el ruido visual, mientras que las alteraciones perceptuales podrían estar relacionadas con la hipofunción de los lóbulos temporales.

Palabras clave: Ambliopía. Endotropía congénita. Estrabismo. Percepción visual. Supresión. Ruido visual.

Abstract

Introduction: Congenital esotropia provides a model to study how amblyopia and suppression act as neuroadaptive strategies. Cortical coherence analysis allows the identification of functional reorganization patterns underlying these responses within the economy of the visual system. **Objective:** To analyze intra- and interhemispheric coherences to identify neurofunctional changes consistent with amblyopia, suppression, and visual perception in congenital esotropia. **Method:** Intra- and interhemispheric coherences were analyzed by neurometric analysis in children with congenital strabismus and compared with the asymptomatic population. **Results:** 16,128 coherence values of 38 boys and 25 girls aged 4 to 14 years were analyzed. The most significant intrahemispheric hypocoherence occurred for theta and delta in both parieto-temporal pathways P3-T5 and P4-T6. A hypofunctional cortical relationship towards the temporal lobes was evidenced. The left and right long ventral pathways O1-T3 and O2-T4 showed hyperfunction of +5.76 for theta in 23%. Poor intertemporal and interfrontal con-

Correspondencia:

Martín Gallegos-Duarte
E-mail: martin.gallegos@uaq.mx

Fecha de recepción: 08-06-2023

Fecha de aceptación: 02-05-2025

DOI: 10.24875/RMO.M25000275

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):37-45

www.rmo.com.mx

0187-4519/© 2025 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

nectivity was observed, while the occipito-occipital relationship was normal. **Conclusions:** In congenital esotropia there are intra- and interhemispheric cortical neurofunctional alterations that can be systematized. A normal occipito-occipital O1-O2 interhemispheric coherence and a temporo-temporal hypofunction T3-T4 and T5-T6 would be related to amblyopia. Hyperfunction in the long occipito-temporal pathways O2-T4 and O1-T3, and poor interhemispheric connectivity FP1-FP2, would be related to suppression. The hypofunction of the posterior short temporal intrahemispheric pathways P3-T5 and P4-T6, and interhemispheric pathways FP1-FP2, would hinder visual perception. These neuroadaptive changes suggest that amblyopia and suppression are different strategies in the economy of the visual system to decrease oscillation and visual noise, while perceptual alterations could be related to hypofunction of the temporal lobes.

Keywords: Amblyopia. Congenital esotropia. Strabismus. Visual perception. Suppression. Visual noise.

Introducción

Desde un punto de vista cibernético, el sistema visual es informacionalmente abierto respecto al entorno, pero desde el punto de vista organizativo es un sistema cerrado de retroalimentación negativa, cualidad que le permite modular y limitar la oscilación¹⁻³.

En condiciones fisiológicas, el integrador cortical modula las frecuencias espaciotemporales de la información visual proveniente de ambos ojos mediante circuitos cortico-corticales reguladores⁴. La corteza visual primaria ordena y prioriza esta información de acuerdo con las frecuencias espaciotemporales del estímulo eferente, y lo hace en un tiempo relativamente breve, de una manera no bien conocida y difícil de emular *in silico*^{5,6}. La información es enviada luego hacia la segunda vía visual a través de las vías dorsal y ventral, a fin de determinar el qué es y el dónde están los estímulos visuales⁷⁻⁹, así como para la elaboración de imágenes complejas, como el reconocimiento de rostros¹⁰⁻¹². Esto se logra a través de la vía occipito-temporal, que comprende las vías cortas O1-T5 y O2-T6 y las vías ventrales largas O1-T3 y O2-T4, izquierdas y derechas, respectivamente¹³. La vía ventral derecha, que se dirige de la corteza estriada al lóbulo temporal, forma parte del circuito encargado de la percepción del movimiento¹³.

Debido a su cercanía y su rica conectividad, la información de la corteza estriada discurre a través de los tractos que transitan de la vía ventral hacia las zonas de la memoria de trabajo adyacentes a los lóbulos temporales, ya que estos poseen un papel fundamental para la identificación de formas¹³⁻¹⁶.

En la endotropía congénita ocurre algo distinto, debido a que se presenta una discrepancia en la información visual que arriba a V1 a través de las proyecciones geniculocalcarinas procedentes de ambos ojos, de tal manera que en V1 concurren frecuencias temporales idénticas, pero espacialmente distintas, lo que genera un incremento de la oscilación y el ruido visual¹⁷⁻¹⁹.

En la endotropía congénita, el integrador cortical falla^{18,20}, en particular en los lóbulos temporales, por lo que las diferencias espaciotemporales pueden no ser moduladas correctamente, lo que altera el proceso perceptual-visual^{14,15,21}.

Es atributo de la corteza cerebral su capacidad para eliminar el ruido, sea este visual o cualquier otro^{16,22}. Se sabe que el ruido puede ser eliminado y amortiguado en casos de paroxismos y epilepsia, o bien mediante estimulación externa^{23,24}, pero al margen de estas eventualidades, la corteza cerebral gestiona la eliminación del ruido²⁵ a través de la atención²⁶, y aunque no es la única estrategia para eliminar el ruido visual^{16,22,27}, de algún modo la atención favorece el desempeño en el aprendizaje y contribuye a procesar y priorizar de manera selectiva lo relevante del entorno, seleccionando y llevando información a las representaciones corticales correspondientes²⁸⁻³⁰.

El ruido visual puede percibirse, ya sea desde una leve confusión visual hasta diplopía, tal como ocurre en el estrabismo cuando inicia en edades relativamente tardías del desarrollo³¹.

Los pacientes rehabilitados de ambliopía estrábica pueden exhibir otro tipo de ruido visual que es la interacción de contornos (*crowding*)³². Se cree que este fenómeno sucede en V1 debido a la interacción espacial en el contorno del estímulo visual; sin embargo, el papel que toman las áreas corticales involucradas aún no es claro³³.

De algún modo, la corteza cerebral del paciente con estrabismo congénito es capaz de atenuar o eliminar el ruido visual, ya sea suprimiendo la señal anómala mediante un proceso llamado supresión o bien disminuyendo la prioridad de la información, lo que merma la fidelidad y, con ello, la calidad de la imagen, tal como sucede en la ambliopía estrábica³⁴. En esta última suele ocurrir una perturbación de la frecuencia temporal y, por consiguiente, de la atención visual³⁵.

Los estudios realizados *in vitro* en corteza cerebral de primates indican que en la ambliopía existe

hipofunción en V1³⁶, así como una menor tasa metabólica en la corteza estriada ipsilateral del ojo estrábico¹⁶.

Respecto a cómo y dónde se elimina el ruido visual, resulta controversial^{17,37-39} y no existe un acuerdo respecto al sitio en donde ocurre la supresión en la endotropía congénita^{34,40}, y esto a pesar de haber utilizado diferentes técnicas de neuroimagen.

Los estudios realizados con resonancia magnética funcional en adultos con ambliopía estrábica no han logrado demostrar la existencia de supresión interocular de largo alcance en V1, V2 ni V3⁴¹, mientras que los estudios realizados en primates sobre la representación cortical de las áreas de supresión cortical en la visión binocular sugieren que la eliminación de la diplopía no ocurre en V1, sino en un nivel cortical superior no especificado¹⁷.

Entre los métodos neurofuncionales destaca el electroencefalograma cuantitativo (EEGq), el cual permite evaluar la corteza cerebral *in vivo*⁴²⁻⁴⁴. Los datos obtenidos del EEGq pueden procesarse mediante neurometría, una herramienta que permite identificar las variaciones en el tiempo entre las distintas regiones, por lo que al determinar el coeficiente de correlación de Pearson y la covarianza de la transformación de Fourier es posible obtener el valor de la coherencia.

La coherencia estima las semejanzas y diferencias de las señales que discurren entre las interconexiones nerviosas cortas y largas de la corteza cerebral, lo que permite evaluar la relación que existe entre la estructura y la función⁴⁵. Lo anterior se logra identificando la sincronía que existe entre los distintos grupos neuronales, y con ello se puede entender cómo el cerebro comparte información de su medio interno^{44,46}.

Las alteraciones de la coherencia pueden indicar características funcionales excesivas, deficientes o ambas. Estas alteraciones pueden ser identificadas y localizadas mediante análisis neurométrico en las distintas áreas corticales⁴⁷.

La hipercoherencia indica que dos o más áreas del cerebro están sobreconectadas y trabajan juntas de manera excesiva, comprometiendo así el rendimiento para procesar la información, mientras que la hipocoherencia muestra que el cerebro no es capaz de conectar áreas corticales de manera eficiente para realizar tareas específicas. Ambas situaciones son patológicas si sobrepasan los parámetros Z normativos establecidos como normales.

Mediante análisis coherencial se estiman las semejanzas y diferencias de las señales que discurren entre las interconexiones nerviosas cortas y largas, tanto

intrahemisféricas (*cointra*) como interhemisféricas (*cointer*), de la corteza cerebral, así como la sincronía que hay entre los distintos grupos neuronales y cómo el cerebro comparte información entre sus partes^{44,46,48}. Por estas razones, el análisis de las coherencias se ha utilizado para estudiar el comportamiento de la corteza cerebral en pacientes con endotropía congénita^{49,50}, en la que se han identificado alteraciones en la sincronización, hiperactividad, lenificación, paroxismos e incluso epilepsia en áreas precisas de la corteza cerebral^{44,49}.

Debido a que la coherencia permite establecer la relación neurofuncional entre distintas zonas de la corteza cerebral, y conocer así el grado de participación o afectación de estas^{44,51}, se decidió investigar el comportamiento neurofuncional cortical mediante el análisis de las coherencias en niños con endotropía congénita y comparar los resultados con población asintomática, a fin de establecer las diferencias.

Método

Se realizó un estudio de cohorte, prospectivo, comparativo, descriptivo, cuasiexperimental y observacional, en niños oriundos del Estado de Querétaro, México, con endotropía congénita, a quienes se les realizó neurometría a partir del EEGq.

Los criterios de inclusión determinaron que todos los pacientes utilizaran la corrección óptica correcta. El ojo de menor visión debía poseer una agudeza visual corregida de 20/40 o mejor. Ningún paciente podía estar bajo medicación ni presentar enfermedad neurológica conexas. A todos los pacientes se les realizó un examen oftalmológico que incluyó determinación de la agudeza visual, exploración de fondo de ojo, valoración de los reflejos pupilares y segmento anterior, así como pruebas sensoriales y motoras, para diagnosticar y clasificar correctamente el estrabismo⁵².

A todos los pacientes se les realizó EEGq bajo el sistema internacional 10-20, con 21 canales, con parámetros establecidos en cada época, y se estableció la composición frecuencial de la señal. Los datos obtenidos se agruparon según los rangos frecuenciales definidos por las bandas alfa, beta, delta y theta.

Se obtuvieron registros de 23 parámetros de la actividad eléctrica de cada paciente por medio de las derivaciones mono- y bipolares, y se analizaron los poderes absolutos y relativos, la coherencia (sincronía), la simetría, el gradiente y la potencia de todas las bandas frecuenciales, tanto intra- como interhemisféricas⁵³.

Para fines de esta comunicación, se consideró la coherencia como el valor más significativo.

Para determinar el valor de la coherencia, se estimó la correlación de Pearson aplicada a la covarianza de Fourier⁵³⁻⁵⁶.

Los valores obtenidos de la muestra fueron sometidos a análisis estadístico multivariado mediante Neurometric Analysis System (NxLink Ltd.). Este *software* avanzado^{44,57} permite comparar los valores coherenciales de los pacientes estudiados y los valores Z normativos ajustados a la edad, obtenidos de estudios multicéntricos de población asintomática. El valor Z es igual al valor del paciente (p) menos el promedio normal ($\bar{X}$) sobre la desviación estándar normal (σ): $Z = (p - \bar{X})/\sigma$.

El valor Z establece entonces la probabilidad de que las mediciones electroencefalográficas de un determinado paciente correspondan o no a la población asintomática. Así, un perfil de EEGq se consideró dentro de los límites normales si menos del 5% de los valores Z alcanzaron cifras mayores de ± 1.96 , tanto para anomalías focales como generalizadas^{58,59}.

El *software* permitió analizar los valores coherenciales de las 28 vías de cada hemisferio y las 8 vías interhemisféricas de los 63 pacientes. Para fines de esta publicación no se incluyeron los valores normales, esto es, aquellos menores de ± 1.96 Z, por lo que una vez reconocidos los datos patológicos se realizó un análisis estadístico descriptivo para identificar: 1) la incidencia, es decir, el número de pacientes que presentaron alteraciones en un determinado trayecto; 2) el valor coherencial máximo, tanto positivo (hipercoherencia) como negativo (hipocoherencia); 3) el valor coherencial mínimo, tanto positivo como negativo; 4) el promedio entre el valor más alto y el más bajo; y 5) la suma acumulada, esto es, la cantidad total de eventos que sucedieron en un trayecto determinado en la muestra.

Una vez obtenidos los valores coherenciales, se priorizaron con el fin de identificar las vías intra- e interhemisféricas más afectadas, de acuerdo con la incidencia y la magnitud de la alteración.

Con base en lo anterior, se estimó la conectividad neuronal del grupo y se listaron los hallazgos más destacados en tablas y figuras, para su exposición.

Resultados

Se obtuvieron 23 parámetros de la actividad eléctrica de cada paciente, por medio de las derivaciones mono- y bipolares. A partir de estos parámetros se adquirieron 16,128 valores neurofuncionales: 14,112 intrahemisféricos y 2016 interhemisféricos. Estos

valores se procesaron, analizando un total de 80,640 valores coherenciales a partir de los EEGq de 63 pacientes, de los cuales 38 fueron niños y 25 niñas, de 4 a 14 años de edad, que cumplieron los criterios de inclusión.

Al considerar la suma total de los eventos acumulados en cada vía se observó que las vías intrahemisféricas mayormente afectadas fueron aquellas que se dirigieron hacia ambos lóbulos temporales procedentes de sus zonas vecinas. Esto se determinó tanto por la incidencia o número de veces que se presentó la hipocoherencia como por la magnitud de esta (Fig. 1).

Se identificaron dificultades en la conectividad intrahemisférica principalmente en las porciones posteriores del cerebro, desde las regiones centro-encefálicas, parietales y occipitales hacia ambos los lóbulos temporales, siendo el valor máximo de la hipocoherencia de -8.0 para la *cointra* delta en P4-T6. De las 56 vías intrahemisféricas analizadas, 24 presentaron relaciones hipofuncionantes, especialmente hacia los lóbulos temporales (Fig. 2 y Tabla 1).

Se identificó una relación hipocoherente parieto-occipital izquierda anormal en el 41.2% de la muestra, así como una relación hipocoherente en la mayor parte de las vías intrahemisféricas que llevan información hacia los lóbulos temporales. La hipofunción incluyó las vías parieto-temporales, occipito-temporales y centro-temporales, así como las vías largas intertemporales T5-T6.

Las vías ventrales cortas occipito-temporales derechas O2-T6 e izquierdas O1-T5 mostraron hipocoherencia; esta última fue de -6.93 para alfa hasta $+3.06$ para beta en el 18.75% de la muestra, mientras que la vía O2-T6 o vía ventral corta derecha presentó una relación hipocoherente de -7.07 para alfa hasta $+2.23$ para beta en el 16% de la muestra, por lo que la relación de las vías cortas fue hipofuncional.

Al analizar la actividad *cointra* de las vías ventrales largas occipito-temporales derechas O2-T4 e izquierdas O1-T3 se evidenció un estado hipercoherente, en especial en el trayecto izquierdo O1-T3, con $+2.06$ para delta hasta $+5.76$ para theta en el 23% de la muestra. La vía ventral larga derecha mostró -2.23 para delta e hipercoherencia de $+4.75$ para theta en el 9.5% de la muestra.

El 85.71% de los pacientes presentaron un retraso en la información procedente de distintas áreas del cerebro hacia los lóbulos temporales, incluida la zona T3, con excepción de las vías ventrales largas O1-T3 y O2-T4.

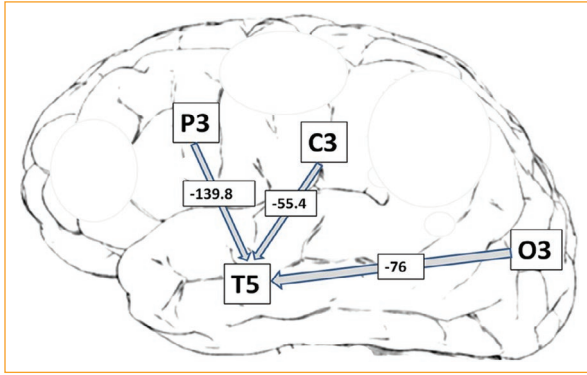


Figura 1. Comportamiento bioeléctrico cortical de los pacientes con estrabismo congénito, determinado a partir del análisis neurométrico. En cajas, con letras, la abreviatura de las zonas contiguas a los lóbulos temporales, con los que mantiene una mala conectividad a partir de una relación de hipocoherencia parieto-temporal izquierda (P3-T5), centro-encefálica izquierda (C3-T5) y occipito-temporal izquierda (O3-T5). En cajas, con números, la suma los valores patológicos para ese trayecto. Las flechas señalan el sentido de la relación hipocoherente entre distintas zonas del cerebro.

Por su parte, las alteraciones interhemisféricas más destacadas sucedieron al modo de hipocoherencia importante, tanto en las porciones anteriores del cerebro de izquierda a derecha FP1-FP2 como en las porciones temporales de izquierda a derecha T5-T6.

Se observaron relaciones hipofuncionantes interhemisféricas en 36 de los 63 pacientes, siendo las vías más afectadas FP1-FP2, F3-F3 y F7-F8, con marcada hipocoherencia para delta, cuya medida máxima fue de -9.03 en FP1-FP2 (Tabla 2).

Discusión

La endotropía congénita es un trastorno neurológico con implicaciones corticales, oftalmológicas, funcionales, cosméticas, psicológicas, educacionales y sociales⁶⁰. Mediante estudios de neuroimagen se ha descubierto una asociación entre disfunción cortical y estrabismo congénito, pero no se había identificado y medurado la disfunción en la conectividad cortical, ni se conocían las vías más afectadas, hasta la publicación de un estudio en 2017³⁹.

El análisis coherencial develó que los pacientes con endotropía congénita presentan dificultad en la conectividad de las vías cortas y largas, tanto intra- como interhemisféricas, y que estas alteraciones podrían

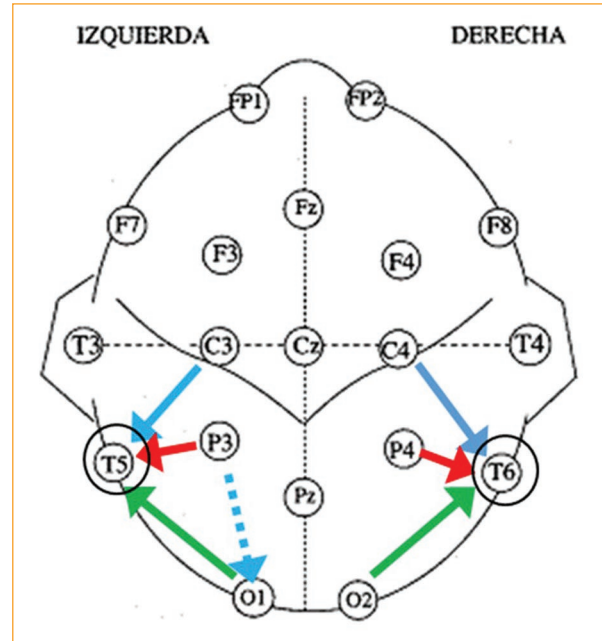


Figura 2. El esquema muestra las alteraciones de la conectividad intrahemisférica más relevantes determinadas en 63 pacientes con estrabismo congénito. Las flechas rojas representan los valores *cointer* más bajos encontrados en la muestra, en orden de importancia P3-T5 y P4-T6, seguidamente en color azul C4-T6, P3-O1, C3-T5, y finalmente en verde O1-T5 y O2-T6. La onda más alterada fue la delta, la vía más afectada fue la parieto-temporal derecha y los lóbulos con mayor perturbación neurofuncional fueron los temporales.

estar relacionadas con la ambliopía, la supresión y la percepción visual.

Los lóbulos occipitales son responsables de la ambliopía, que afecta la primera vía visual y, por tanto, la agudeza visual. El comportamiento de la coherencia occipito-occipital en el presente análisis concuerda con estudios realizados *in vitro* en corteza cerebral de primates, que indican que en la ambliopía existe hipofunción en V1³⁶, así como una menor tasa metabólica en la corteza estriada ipsilateral del ojo estrábico¹⁶; sin embargo, solo el 9% de la muestra exhibió una tendencia a la hipofunción occipito-occipital, especialmente para la onda beta, con un rango de -5.01 a $+3.51$, quizás como una manifestación electroencefalográfica de la ambliopía.

La ambliopía resultó congruente con una conectividad occipito-occipital relativamente normal, quizás porque filogenéticamente la corteza visual primaria está diseñada para recibir y procesar a través de distintos circuitos cortico-corticales aferencias de muy distintas

Tabla 1. Alteraciones de la *cointra* en el estrabismo congénito. Prevalció una relación cortical hipofuncional en la mayor parte de las vías intrahemisféricas, principalmente en los trayectos parieto-temporales.

Incidencia	Porcentaje	Promedio	Zona	Onda
48	76.00	-3.3969	P4-T6	Theta
43	68.25	-3.3442	P4-T6	Delta
42	66.66	-3.3302	P3-T5	Delta
38	60.31	-2.9695	P4-T6	Beta
37	58.73	-3.4424	P3-T5	Theta
36	57.14	-3.2372	P4-T6	Alfa
33	52.38	-3.2703	P3-T5	Alfa
32	50.79	-2.7972	C4-T6	Theta
31	48.43	-3.0755	P3-T5	Beta
31	48.43	-2.7161	C4-T6	Delta
28	44.44	-2.49	C4-T6	Beta
26	41.26	-2.9446	P3-O1	Delta
24	38.09	-2.9488	P3-O1	Theta
24	38.09	-3.1071	O2-T6	Theta
23	36.50	-3.3043	O1-T5	Delta
22	34.92	-2.6077	C3-T5	Theta
22	34.92	-2.5182	C3-T5	Delta
21	33.33	-2.2995	O1-T5	Beta
19	30.15	3.1479	O1-T3	Beta

frecuencias espaciotemporales, y no para hacer lo contrario, esto es, para eliminar las imágenes⁶¹; de hecho, el 91% de los pacientes presentaron una relación occipito-occipital relativamente normal. Esto resulta relevante porque, si se considera *a priori* que la corteza estriada es responsable de suprimir la información anómala, se esperaría encontrar una hiperactividad interhemisférica occipito-occipital, pero eso no es lo que sucedió en el presente análisis. Lo anterior coincide con aquellos estudios en los que no se encontraron indicios de que la supresión sea una actividad de la corteza estriada^{41,62}.

Por su parte, el integrador temporal, que corresponde a la segunda vía visual, se sabe que interviene en el proceso de eliminación del ruido visual, así como en la fisiopatología del estrabismo congénito^{15,21}.

La conectividad occipito-temporal posee cuatro vías: dos largas y dos cortas, izquierdas y derechas,

Tabla 2. Alteraciones de la *cointer* en el estrabismo congénito. El análisis coherencial mostró una relación interhemisférica cortical hipofuncional entre las vías fronto-frontales y temporo-temporales.

Incidencia	Porcentaje	Promedio	Zona	Onda
37	58.73	-3.2714	FP1-FP2	Delta
32	50.79	-2.9331	FP1-FP2	Theta
23	36.5	-2.3965	T5-T6	Delta
22	34.92	-2.5723	FT-F8	Delta
20	31.74	-3.007	F3-F4	Delta
20	31.74	+3.00	T3-T4	Beta
19	30.15	-2.9026	FP1-FP2	Alfa

respectivamente^{13,63}. La vía occipito-temporal comprende las vías cortas O1-T5 y O2-T6 y las vías ventrales largas O1-T3 y O2-T4, izquierdas y derechas, respectivamente¹³. Estas vías parecen tener un papel determinante en la supresión del ruido visual, ya que se evidenció un estado hiperfuncionante, especialmente en el trayecto izquierdo O1-T3.

La circunvolución temporal inferior, representada en el EEGq como la zona T3, resultó alterada, ya que la actividad *cointra* de las vías occipito-temporales ventrales largas izquierda y derecha, medida desde O1-T3 y O2-T4, manifestó una hiperfunción importante en el 23% de la muestra. Estas vías se dirigen a la memoria de trabajo, y su inusitada hiperactividad plausiblemente podría estar relacionada con la eliminación del ruido visual^{15,21}.

Se esperaría que el ruido inducido por la falsa proyección manifestara una relación hipercoherente entre los lóbulos occipital y temporal, incluso entre ambos lóbulos occipitales, pero esto no fue lo que se observó. Lo anterior resulta relevante debido a que la literatura dice que la supresión es un proceso cortical activo²⁵; sin embargo, los estudios no han demostrado dónde ocurre.

Todo indica que eliminar el ruido visual es un proceso cortical que requiere la interacción de distintas áreas del cerebro⁶⁴, y una manera para identificar dónde es precisamente mediante el análisis de las coherencias.

Las relaciones funcionales más afectadas fueron las parieto-temporales. Las vías ventrales largas posteriores P3-T3 y P4-T4, correspondientes al área 38 de Brodmann, manifestaron un desempeño relativamente normal; sin embargo, la conectividad de las vías cortas

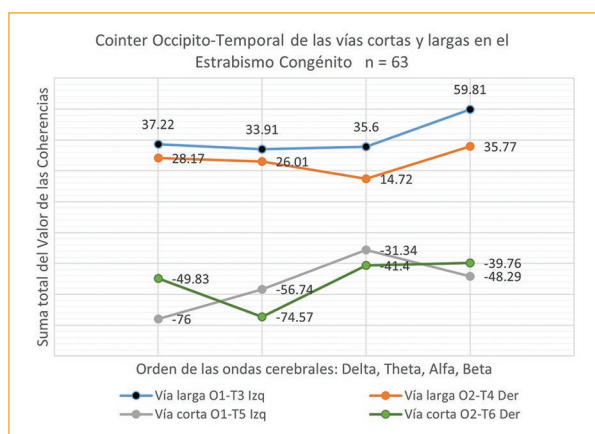


Figura 3. Las vías ventrales largas O1-T3 y O2-T4 son hiperfuncionantes en la endotropía congénita, posiblemente por su participación en la supresión del ruido visual, mientras que las vías ventrales cortas O1-T5 y O2-T6 resultan hipofuncionantes, acorde con dificultades en la percepción visual.

posteriores P3-T5 y P4-T6, que comprenden tanto el giro medio como el giro inferior, así como las vías occipito-temporales O1-T5 y O2-T6, resultaron con frecuencia afectadas, lo que es de llamar la atención porque a través de estas vías se procesa el reconocimiento de rostros (Fig. 2 y 3).

El reconocimiento de rostros es una de las habilidades visuales complejas de aparición más temprana en el ser humano. El estudio mostró que las vías P3-T3 y P4-T4, encargadas de la percepción visual, funcionaron correctamente, mientras que las vías encargadas de la adquisición de nuevas habilidades perceptuales-visuales, esto es, las vías temporales cortas posteriores P3-T5 y P4-T6, resultaron hipofuncionantes en los paciente estrábicos (Fig. 2).

Otro aspecto que llama la atención es que las vías que conducen información hacia los lóbulos temporales, esto es, las vías parieto-temporal, centro-temporal y occipito-temporal izquierdas y derechas, respectivamente, mantuvieron siempre una relación hipocoherente (Fig. 1).

La propia relación intertemporal, esto es, la *cointer* T3-T4 y T5-T6, mostró signos de hipofunción, y es que la hipofunción de los lóbulos temporales en la endotropía congénita es un signo neurométrico destacado, entre otras consideraciones, no solo por su papel en la elaboración de imágenes complejas, sino porque la zona inferotemporal es el asiento para la clasificación visual de las formas, así como para la facilitación en la utilización de los datos visuales en el aprendizaje y en la memoria visual⁶⁵ (Tabla 2).

Un porcentaje importante de los pacientes analizados presentaron alteraciones en las vías occipito-temporales O2-T6 y O1-T5, de cuya integridad funcional depende la ejecución de las funciones visuales superiores para la percepción visual⁶⁶.

La vía parieto-temporal, encargada de llevar la información al lóbulo temporal para la identificación de objetos que se desplazan en el espacio^{67,68}, resultó también afectada, y es plausible afirmar que una deficiente conectividad de este circuito determinaría que los niños con endotropía congénita manifiesten cierta inhabilidad congénita para la percepción visual.

Todo lo anterior permite comprender por qué los niños estrábicos, aunque gocen de una adecuada agudeza visual, deben usar su corrección óptica, llevar terapia visual, tratar su ambliopía y alinear correctamente sus ojos, y que manifiesten problemas perceptuales visuales, especialmente para la ejecución de movimientos sacádicos, la percepción de formas y tamaños, la velocidad de percepción visual y la percepción periférica^{21,69}.

La hipocoherencia *cointer* más importante se ubicó en las porciones anteriores del cerebro, especialmente en FP1-FP2 para la onda delta en 36 casos y para la onda theta en 32 casos. Resulta notable que la coherencia más baja haya ocurrido en las regiones encargadas de los procesos cognitivos complejos, tales como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la priorización de la información procedente de todo el cerebro⁷⁰ (Fig. 1). Lo anterior sugiere que el análisis final del proceso visual podría estar comprometido también en el paciente estrábico, ya que algunas alteraciones en esta circunvalación afectan la representación de características complejas⁷⁰⁻⁷².

El estudio sugiere que, desde un punto de vista neurofuncional, la ambliopía estaría relacionada con una coherencia interhemisférica occipito-occipital O1-O2 normal, así como con una hipofunción temporo-temporal T3-T4 y T5-T6, mientras que la supresión se expresa como hiperfunción en las vías occipito-temporales largas derechas e izquierdas O2-T4 y O1-T3, así como una pobre conectividad interhemisférica FP1-FP2.

Por su parte, la hipofunción de las vías intrahemisféricas temporales cortas posteriores P3-T5 y P4-T6, e interhemisféricas FP1-FP2, podría estar relacionadas con dificultades en la percepción visual.

Las relaciones neurofuncionales aquí señaladas revelan la presencia de cambios neurofuncionales corticales significativos en el comportamiento de las vías de interconexión cortas y largas, intra- e interhemisféricas, contenidas en la sustancia blanca cortical.

Conclusiones

De acuerdo con estos hallazgos, es plausible considerar que tanto la ambliopía como la supresión estrábica son estrategias distintas que concurren en la economía del sistema visual con la finalidad de reducir el ruido visual. Desde esta perspectiva, tanto la ambliopía como la supresión no significan *per se* una enfermedad, sino que se trata de mecanismos neuroadaptativos consecuentes con la neuroplasticidad cerebral y que contribuyen positivamente a atenuar la dificultad espaciotemporal, la oscilación y el ruido visual que genera la falta de alineamiento ocular, situación que infortunadamente no sucede en los estrabismos de presentación tardía, en cuyo caso la sensación es consciente debido a que el integrador cortical no puede eliminar la falsa proyección.

Es plausible considerar que la información aquí recabada contribuya a comprender mejor la clínica, la fisiopatología y el pronóstico la endotropía congénita, así como ayudar en la toma de decisiones.

Financiamiento

Esta publicación fue realizada con financiamiento de la Fundación Mario Moreno Reyes.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

A la Fundación Mario Moreno Reyes, por el apoyo financiero para la realización de los estudios. A la Lic. Rocío Moreno Martínez, por la recopilación y la gestión de los datos.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados, por lo que no fue necesario el consentimiento informado. Se han seguido las recomendaciones pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Infomed Profesionales. Enfoque sistémico-cibernético. (Consultado el 13-08-2022.) Disponible en: <https://blogs.sld.cu/cibernetica/tag/enfoque-sistémico-cibernetico>
2. Wiener N. Cibernética, o el control y comunicación en animales y máquinas. Barcelona: Tusquets; 1998.
3. Guerrero F del P. Oscilaciones biológicas vs. homeostasis: un problema conceptual cibernético. En: I Reunión Nacional de Biocibernética, Madrid; 1982. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 1982. p. 105-22. (Consultado el 05-11-2021.) Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6437745>.
4. Jadi MP, Sejnowski TJ. Cortical oscillations arise from contextual interactions that regulate sparse coding. Proc Natl Acad Sci. 2014;111:6780-5. doi:10.1073/pnas.1405300111.
5. Youssofzadeh V, Prasad G, Fagan AJ, Reilly RB, Martens S, Meaney JF, et al. Signal propagation in the human visual pathways: an effective connectivity analysis. J Neurosci. 2015;35:13501-10. doi:10.1523/JNEUROSCI.2269-15.2015.
6. Stevens CF. Novel neural circuit mechanism for visual edge detection. Proc Natl Acad Sci. 2015;112:875-80. doi:10.1073/pnas.1422673112.
7. Yan X, Lin X, Wang Q, Zhang Y, Chen Y, Song S, et al. Dorsal visual pathway changes in patients with comitant exotropia. PLoS One. 2010;5:e10931. doi:10.1371/journal.pone.0010931.
8. Mocz V, Vaziri-Pashkam M, Chun MM, Xu Y. Predicting identity-preserving object transformations across the human ventral visual stream. J Neurosci. 2021;41:7403-19. doi:10.1523/JNEUROSCI.2137-20.2021.
9. Han Z, Sereno A. Modeling the ventral and dorsal cortical visual pathways using artificial neural networks. Neural Comput. 2021;34:138-71. doi:10.1162/neco_a_01456.
10. Dutton GN, Jacobson LK. Cerebral visual impairment in children. Semin Neonatol. 2001;6:477-85. doi:10.1053/siny.2001.0078.
11. Rossion B, Hanseeuw B, Dricot L. Defining face perception areas in the human brain: a large-scale factorial fMRI face localizer analysis. Brain Cogn. 2012;79:138-57. doi:10.1016/j.bandc.2012.01.001.
12. Ferrari PF, Gerbella M, Coudé G, Rozzi S. Two different mirror neuron networks: the sensorimotor (hand) and limbic (face) pathways. Neuroscience. 2017;358:300-15. doi:10.1016/j.neuroscience.2017.06.052.
13. Gilaie-Dotan S, Saygin AP, Lorenzi LJ, Egan R, Rees G, Behrmann M. The role of human ventral visual cortex in motion perception. Brain. 2013;136:2784-98. doi:10.1093/brain/awt214.
14. Gallegos-Duarte M. Participación de los lóbulos temporales en la priorización del proceso visual. Published online 2016. doi:10.13140/RG.2.1.1446.8725.
15. Gallegos-Duarte M, Ibrahim D. Alteraciones de los lóbulos temporales en el estrabismo congénito. AMFECCO, San Luis Potosí, México; 2016. (Consultado el 24-05-2016.) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299388666_ALTERACIONES_DE_LOS_LOBULOS_TEMPORALES_EN_EL ESTRABISMO_CONGENITO?channel=doi&linkId=56f2f69c08ae7c1fda28457d&showFulltext=true.
16. Levi DM, Li RW. Perceptual learning as a potential treatment for amblyopia: a mini-review. Vision Res. 2009;49:2535-49. doi:10.1016/j.visres.2009.02.010.
17. Economides JR, Adams DL, Horton JC. Interocular suppression in primary visual cortex in strabismus. J Neurosci. 2021;41:5522-33. doi:10.1523/JNEUROSCI.0044-21.2021.
18. Gallegos-Duarte M. Dissociated vertical divergence. Strabismus. 2012;20:31-2. doi:10.3109/09273972.2011.651769.
19. Ahlström U, Börjesson E. Segregation of motion structure from random visual noise. Perception. 1996;25:279-91. doi:10.1068/p250279.
20. Brodsky MC. The role of cortical alterations in infantile strabismus. Strabismus. 2012;20:35-6. doi:10.3109/09273972.2011.650817.
21. Gallegos-Duarte M. Alteraciones de la vía ventral relacionadas al estrabismo. Análisis imagenológico mediante FreeSurfer. Published online 2010. doi:10.13140/RG.2.1.1665.6085. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282542158_Alteraciones_de_la_via_Ventral_relacionadas_al_estrabismo_Analisis_imagenologico_mediante_FreeSurfer.
22. Schneider WX. Selective visual processing across competition episodes: a theory of task-driven visual attention and working memory. Philos Trans R Soc B Biol Sci. 2013;368:20130060. doi:10.1098/rstb.2013.0060.
23. Chiang CC, Ladas TP, González-Reyes LE, Durand DM. Seizure suppression by high frequency optogenetic stimulation using in vitro and in vivo animal models of epilepsy. Brain Stimulat. 2014;7:890-9. doi:10.1016/j.brs.2014.07.034.

24. Gallegos-Duarte M. Respuesta cortical paradójica durante la fotestimulación intermitente en el estrabismo disociado. *Cir Cir.* 2005;73:161-5.
25. Ondategui Parra JC, Borrás García R, Pacheco Cutillas M. Visión binocular. Universitat Politècnica de Catalunya; 1998. (Consultado el 13-09-2016.) Disponible en: <http://public.ebib.com/choice/PublicFullRecord.aspx?p=4310074>.
26. Sheldon AD, Saad E, Sahan MI, Meyering EE, Starrett MJ, LaRocque JJ, et al. Attention biases competition for visual representation via dissociable influences from frontal and parietal cortex. *J Cogn Neurosci.* 2021;33:739-55. doi:10.1162/jocn_a_01672.
27. Jeter PE, Doshier BA, Liu SH, Lu ZL. Specificity of perceptual learning increases with increased training. *Vision Res.* 2010;50:1928-40. doi:10.1016/j.visres.2010.06.016.
28. Gaspar JM, McDonald JJ. Suppression of salient objects prevents distraction in visual search. *J Neurosci.* 2014;34:5658-66. doi:10.1523/JNEUROSCI.4161-13.2014.
29. Gaspin N, Leonard CJ, Luck SJ. Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychol Sci.* 2015;26:1740-50. doi:10.1177/0956797615597913.
30. Carrasco M. Visual attention: the past 25 years. *Vision Res.* 2011;51:1484-525. doi:10.1016/j.visres.2011.04.012.
31. Economides JR, Adams DL, Horton JC. Perception via the deviated eye in strabismus. *J Neurosci.* 2012;32:10286-95. doi:10.1523/JNEUROSCI.1435-12.2012.
32. Bonnef YS, Sagi D, Polat U. Spatial and temporal crowding in amblyopia. *Vision Res.* 2007;47:1950-62. doi:10.1016/j.visres.2007.02.015.
33. Chen J, He Y, Zhu Z, Zhou T, Peng Y, Zhang X, et al. Attention-dependent early cortical suppression contributes to crowding. *J Neurosci.* 2014;34:10465-74. doi:10.1523/JNEUROSCI.1140-14.2014.
34. Guerreiro MJS, Putzar L, Röder B. The effect of early visual deprivation on the neural bases of multisensory processing. *Brain.* 2015;138:1499-504. doi:10.1093/brain/awv076.
35. Hu X, Qin Y, Ying X, Yuan J, Cui R, Ruan X, et al. Temporal characteristics of visual processing in amblyopia. *Front Neurosci.* 2021;15:673491. doi:10.3389/fnins.2021.673491.
36. Adams DL, Economides JR, Horton JC. Contrasting effects of strabismic amblyopia on metabolic activity in superficial and deep layers of striate cortex. *J Neurophysiol.* 2015;113:3337-44. doi:10.1152/jn.00159.2015.
37. Economides JR, Dilbeck MD, Adams DL, Horton JC. Interocular suppression in primary visual cortex in strabismus: impact of staggering the presentation of stimuli to the eyes. *J Neurophysiol.* 2021;126:1101-11. doi:10.1152/jn.00275.2021.
38. Adams DL, Economides JR, Sincich LC, Horton JC. Cortical metabolic activity matches the pattern of visual suppression in strabismus. *J Neurosci.* 2013;33:3752-9. doi:10.1523/JNEUROSCI.3228-12.2013.
39. Gallegos-Duarte M. Comportamiento de la coherencia bioeléctrica cortical en el estrabismo congénito. 2017. (Consultado el 24-12-2020.) Disponible en: <https://docplayer.es/59017501-Comportamiento-de-la-coherencia-bioeléctrica-cortical-en-el-estrabismo-congenito.html>.
40. Harrad R, Sengpiel F, Blakemore C. Physiology of suppression in strabismic amblyopia. *Br J Ophthalmol.* 1996;80:373-7.
41. Thompson B, Maehara G, Goddard E, Farivar R, Mansouri B, Hess RF. Long-range interocular suppression in adults with strabismic amblyopia: a pilot fMRI study. *Vision.* 2019;3:2. doi:10.3390/vision3010002.
42. Kalem S, Swisher CB. Utility of quantitative EEG for seizure detection in adults. *J Clin Neurophysiol.* 2022;39:184-94. doi:10.1097/WNP.0000000000000768.
43. Murphey DK, Anderson ER. The past, present, and future of tele-EEG. *Semin Neurol.* 2022;42:31-8. doi:10.1055/s-0041-1742242.
44. Cantero JL, Atienza M, Salas RM. Valor clínico de la coherencia EEG como índice electrofisiológico de conectividad córtico-cortical durante el sueño. *Rev Neurol.* 2000;31:442-54.
45. Greicius MD, Supekar K, Menon V, Dougherty RF. Resting-state functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cereb Cortex.* 2009;19:72-8. doi:10.1093/cercor/bhn059.
46. Céspedes-García Y, González-Hernández JA, García-Fidalgo J, Beguería-Santos RA, Figueredo-Rodríguez P. [Interictal EEG coherence in patients with partial temporal lobe epilepsy]. *Rev Neurol.* 2003;37:1107-11.
47. Céspedes-García Y, González-Hernández JA, García-Fidalgo J, Beguería-Santos RA, Figueredo-Rodríguez P. Coherencia cerebral interictal en pacientes con epilepsia parcial del lóbulo temporal. *Rev Neurol.* 2003;37:1107-11.
48. Calderón-González PL, Parra-Rodríguez MA, Llibre-Rodríguez JJ, Gutiérrez JV. Análisis espectral de la coherencia cerebral en la enfermedad de Alzheimer. *Rev Neurol.* 2004;38:422-7.
49. Gallegos-Duarte M. Neuroelectric alterations in strabismus. *Cir Cir.* 2010;78:215-20.
50. Gallegos-Duarte M, Moguel-Ancheita S, Rubín de Celis-Monteverde B. Alteraciones en el mapeo cerebral en la endotropía congénita variable. *Rev Mex Oftalmol.* 2004;78:122-6.
51. Baccalá LA, Sameshima K. Partial directed coherence: a new concept in neural structure determination. *Biol Cybern.* 2001;84:463-74. doi:10.1007/PL00007990.
52. Gallegos-Duarte M. Manual de procedimientos del servicio de estrabismo del "Instituto Queretano para la Atención de Enfermedades Congénitas". Published online 2009. doi:10.13140/RG.2.1.3803.4649. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/283154258_Manual_de_procedimientos_del_servicio_de_Estrabismo_del_Instituto_Queretano_para_la_Atencion_de_Enfermedades_Congenitas_IAP.
53. Jesús J. Fuensalida. Notas de análisis espectral de datos. Disponible en: http://www.iac.es/proyecto/gare/eng/variados/difusion/notas_fourier/Notas_AED_2005_06_web.pdf.
54. Morales-Chacón LM, Bosch-Bayard J, Bender-del Busto JE, García-Maeso I, Galán-García L. Evaluación video-electroencefalográfica complementada con análisis espectral y de las fuentes generadoras del electroencefalograma en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal medial resistente a los fármacos. *Rev Neurol.* 2007;44:139-45.
55. Suástegui-Román RA, Garza-Morales S, Pérez-Ramírez M. Utilidad y costo del electroencefalograma. Experiencia de 1 000 casos en un hospital de tercer nivel en México. *Boletín Med Hosp Infant Mex.* 2007;64:171-81.
56. Abt K. Statistical aspects of neurophysiologic topography. *J Clin Neurophysiol.* 1990;7:519-34.
57. Gallegos-Duarte M. Neuroelectric alterations in strabismus. *Cir Cir.* 2010;78:215-20.
58. Buena-Casal G AC, de Echave J. Actividad electroencefalográfica según la teoría del caos. *Psicothema.* 1998;10:319-31.
59. John ER. Neurometrics: clinical applications of quantitative electrophysiology. Oxfordshire: Routledge; 1977.
60. Wikipedia, La enciclopedia libre. Neuroestrabismo. 2017. (Consultado el 03-07-2016.) Disponible en: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Neuroestrabismo&oldid=101581168>.
61. Newsham D, O'Connor AR. Assessment of the density of suppression to identify risk of intractable diplopia in the United Kingdom. *Strabismus.* 2016;24:45-50. doi:10.3109/09273972.2016.1170048.
62. Chen VJ, Tarczy-Hornoch K. Functional magnetic resonance imaging of binocular interactions in visual cortex in strabismus. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus.* 2011;48:366-74. doi:10.3928/01913913-20101118-01.
63. Gallegos-Duarte M. Comportamiento de la coherencia bioeléctrica cortical en el estrabismo congénito. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Querétaro; 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317692831_COMPORTAMIENTO_DE_LA_COHERENCIA_BIOELECTRICA_CORTICAL_EN_EL ESTRABISMO_CONGENITO.
64. Serrano-Pedraza I, Grady JP, Read JCA. Spatial frequency bandwidth of surround suppression tuning curves. *J Vis.* 2012;12:24. doi:10.1167/12.6.24.
65. Levine DN, Warach J, Farah M. Two visual systems in mental imagery: dissociation of "what" and "where" in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology.* 1985;35:1010-8.
66. Rubia FJ. Los asombrosos síntomas de la disfunción del lóbulo temporal. Blog de Tendencias 21 sobre la fisiología del sistema nervioso. (Consultado el 11-1-2015.) Disponible en: http://www.tendencias21.net/neurociencias/Los-asombrosos-sintomas-de-la-disfuncion-del-lobulo-temporal_a15.html.
67. Arthur JC, Philbeck JW, Kleene NJ, Chichka D. The role of spatial memory and frames of reference in the precision of angular path integration. *Acta Psychol (Amst).* 2012;141:112-21. doi:10.1016/j.actpsy.2012.07.003.
68. Ban H, Preston TJ, Meeson A, Welchman AE. The integration of motion and disparity cues to depth in dorsal visual cortex. *Nat Neurosci.* 2012;15:636-43. doi:10.1038/nn.3046.
69. Gallegos-Duarte M, Uribe-Juárez N, Rodríguez-Camacho M, Rojas-Calleros JE, Sosa-Ferreira CF. Alteraciones de la percepción visual en niños con estrabismo. Presentado en Congreso CLADE 2015, Punta Cana, República Dominicana. (Consultado el 24-10-2015.) Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/279752384_Alteraciones_de_la_percepcion_visual_en_ninos_con_estrabismo?channel=doi&linkId=559a62a008ae793d138092b9&showFulltext=true.
70. Jones DT, Graff-Radford J. Executive dysfunction and the prefrontal cortex. *Contin Minneap Minn.* 2021;27:1586-601. doi:10.1212/CON.0000000000001009.
71. Hampshire A, Chamberlain SR, Monti MM, Duncan J, Owen AM. The role of the right inferior frontal gyrus: inhibition and attentional control. *Neuroimage.* 2010;50:1313-9. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.109.
72. Padoa-Schioppa C, Conen KE. Orbitofrontal cortex: a neural circuit for economic decisions. *Neuron.* 2017;96:736-54. doi:10.1016/j.neuron.2017.09.031.

Análisis del colgajo corneal en FEMTO-LASIK utilizando dos diferentes métodos de acople con el sistema LDV Z8

Corneal flap analysis in FEMTO-LASIK using two different coupling methods with the LDV Z8 system

Oscar E. Pineros*, Leidy J. Urrego y Omar Salamanca

Servicio de Oftalmología, Universidad del Valle, Cali, Colombia

Resumen

Objetivo: Evaluar el grosor, la uniformidad y la morfología del colgajo corneal en dos diferentes métodos de acople entre la pieza de mano del láser y el ojo del paciente. **Método:** Estudio retrospectivo de serie de casos. Se incluyeron 123 ojos de 67 pacientes a los que se realizó FEMTO LASIK entre diciembre de 2016 y febrero de 2018. Los pacientes se dividieron en dos grupos: grupo 1 con acople en un tiempo (la pieza de mano del láser y el anillo de succión se acoplan simultáneamente sobre la córnea) y grupo 2 con acople en dos tiempos (se posiciona primero el anillo de succión sobre el ojo del paciente y luego se acopla la pieza de mano sobre el anillo). La medición del colgajo corneal se hizo 1 semana después de realizado el procedimiento quirúrgico con el tomógrafo corneal RTVue. Se midió el grosor del colgajo corneal en el meridiano horizontal y vertical a 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 mm del vertex corneal (20 medidas por ojo en total). El grosor del colgajo corneal se programó en 110 μm . **Resultados:** Defecto refractivo preoperatorio en el grupo 1 (70 ojos), esfera -2.50 D a $+1.83\text{ D}$, cilindro 0.87 D , y en el grupo 2 (53 ojos) esfera -2.24 D a $+2.76\text{ D}$, cilindro 0.59 D (no se encontró diferencia significativa entre los grupos). Grosor central del colgajo corneal en el grupo 1 de $107.5 \pm 3\text{ }\mu\text{m}$ (rango: 99-114) y en el grupo 2 de $112.5 \pm 5\text{ }\mu\text{m}$ (rango: 100-122) ($p < 0.05$). Grosor del colgajo corneal en los diferentes meridianos, en el grupo 1, nasal $108.1\text{ }\mu\text{m}$, superior $108.1\text{ }\mu\text{m}$, temporal $107.9\text{ }\mu\text{m}$ e inferior $107.7\text{ }\mu\text{m}$, y en el grupo 2, nasal $112.4\text{ }\mu\text{m}$, superior $112.5\text{ }\mu\text{m}$, temporal $112.6\text{ }\mu\text{m}$ e inferior $112.4\text{ }\mu\text{m}$. Grosor del colgajo corneal a diferentes distancias del vertex, en el grupo 1, a 0.5 mm $107.5\text{ }\mu\text{m}$, a 1.0 mm $107.9\text{ }\mu\text{m}$, a 1.5 mm $107.9\text{ }\mu\text{m}$, a 2.0 mm $108.2\text{ }\mu\text{m}$ y a 2.5 mm $108.8\text{ }\mu\text{m}$, y en el grupo 2, a 0.5 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$, a 1.0 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$, a 1.5 mm $112.6\text{ }\mu\text{m}$, a 2.0 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$ y a 2.5 mm $112.8\text{ }\mu\text{m}$. **Conclusiones:** Se obtuvieron colgajos corneales más delgados en el grupo 1 y más gruesos en el grupo 2 comparados con el grosor programado y con una baja desviación estándar. El análisis en los diferentes meridianos y zonas mostró un colgajo corneal de grosor uniforme y con una morfología plana, muy similar con los dos métodos de acople de la pieza de mano del láser LDV Z8.

Palabras clave: Córnea. Cirugía láser de córnea. LASIK. Topografía corneal.

Abstract

Objective: To evaluate the thickness, uniformity and morphology of the corneal flap in two different coupling methods between the laser handpiece and the patient's eye. **Method:** Retrospective study of a case series. 123 eyes of 67 patients who underwent FEMTO LASIK between December 2016 and February 2018 were included. The patients were divided into two

*Correspondencia:

Óscar E. Pineros

E-mail: info@oscarpinerosmd.com

0187-4519/© 2025 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 10-04-2025

Fecha de aceptación: 17-07-2025

DOI: 10.24875/RMO.M25000271

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):46-52

www.rmo.com.mx

groups: group 1 with one-stage coupling method (the laser handpiece and the ring of suction are simultaneously attached to the cornea) and group 2 -with two-stage coupling method (the suction ring is first positioned over the patient's eye and then the handpiece is attached to the ring). The corneal flap measurement was made one week after the surgical procedure with the RTVue corneal tomograph. Corneal flap thickness was measured at the horizontal and vertical meridian at 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mm from the corneal vertex (20 measurements per eye in total). The thickness of the corneal flap was programmed at 110 μm . **Results:** Preoperative refractive error in group 1 (70 eyes), sphere -2.50 D to $+1.83\text{ D}$, cylinder 0.87 D , and in group 2 (53 eyes) sphere -2.24 D to $+2.76\text{ D}$, cylinder 0.59 D (no significant difference was found in both groups). Central thickness of the corneal flap, in group 1, $107.5 \pm 3\text{ }\mu\text{m}$ (range: 99-114 μm), and in group 2 $112.5 \pm 5\text{ }\mu\text{m}$ (range: 100-122) ($p < 0.05$). Corneal flap thickness in the different meridians, in group 1, nasal $108.1\text{ }\mu\text{m}$, superior $108.1\text{ }\mu\text{m}$, temporal $107.9\text{ }\mu\text{m}$ and inferior $107.7\text{ }\mu\text{m}$, and in group 2, nasal $112.4\text{ }\mu\text{m}$, superior $112.5\text{ }\mu\text{m}$, temporal $112.6\text{ }\mu\text{m}$ and inferior $112.4\text{ }\mu\text{m}$. Corneal flap thickness at different distances from the vertex, in group 1, at 0.5 mm $107.5\text{ }\mu\text{m}$, at 1.0 mm $107.9\text{ }\mu\text{m}$, at 1.5 mm $107.9\text{ }\mu\text{m}$, at 2.0 mm $108.2\text{ }\mu\text{m}$ and at 2.5 mm $108.8\text{ }\mu\text{m}$, and in group 2, at 0.5 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$, at 1.0 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$, at 1.5 mm $112.6\text{ }\mu\text{m}$, at 2.0 mm $112.5\text{ }\mu\text{m}$ and at 2.5 mm $112.8\text{ }\mu\text{m}$. **Conclusions:** Thinner corneal flaps were obtained in group 1 and thicker in group 2 compared to the programmed thickness and with a low standard deviation. The analysis in the different meridians and zones showed a corneal flap of uniform thickness and with a flat morphology, very similar in the two coupling methods of the LDV Z8 laser handpiece.

Keywords: Cornea. Corneal laser surgery. LASIK. Corneal topography.

Introducción

La técnica LASIK (*Laser In Situ Keratomileusis*) es una de las más ampliamente usadas para la corrección de defectos refractivos¹. El primero y probablemente más importante paso en su desarrollo es la creación del colgajo corneal. Idealmente, el grosor del colgajo corneal debe ser exacto (igual al grosor planeado) y reproducible (baja desviación estándar) para evitar obtener un estroma residual muy delgado que podría debilitar la fuerza tensil de la córnea y generar ectasia corneal^{2,3}. La morfología del colgajo corneal también es importante porque la creación de un colgajo plano y regular evita la inducción de aberraciones corneales de alto orden^{4,5}. La creación del colgajo corneal puede hacerse manualmente usando un microquerátomo mecánico o un láser de femtosegundo; con este último se obtienen mayores exactitud y reproducibilidad en el grosor del colgajo, y un colgajo con morfología plana⁶⁻⁹.

Utilizando el láser de femtosegundo LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems, Allmendstrasse, Switzerland), la creación del colgajo puede hacerse usando dos métodos de acople: en un paso, posicionando simultáneamente sobre la córnea el anillo de succión y la pieza de mano del láser, o en dos pasos, posicionando primero el anillo de succión sobre la córnea y luego en un segundo tiempo acoplado la pieza de mano del láser sobre el anillo. En el método en un paso se utiliza la pantalla del láser de femtosegundo para guiar el acople de la pieza de mano con el ojo del paciente. El método en dos pasos permite al cirujano posicionar el anillo de succión utilizando el microscopio quirúrgico.

Los cirujanos de segmento anterior están más familiarizados con el uso del microscopio quirúrgico que con la pantalla del láser. En nuestra institución, la mayoría de las cirugías refractivas con láser de femtosegundo se hacen en dos pasos. Aunque en publicaciones previas se ha evaluado el colgajo corneal creado con el láser de femtosegundo LDV de Ziemer, hasta donde tenemos conocimiento este es el primer estudio que evalúa el colgajo corneal realizado con el láser de femtosegundo Z8 de Ziemer¹⁰⁻¹³. El objetivo de este estudio es evaluar la exactitud y la precisión del espesor y la morfología del colgajo corneal con ambos métodos.

Método

Estudio retrospectivo de una serie de casos. Se revisaron las historias clínicas de 67 pacientes con miopía, hipermetropía y astigmatismo a quienes se realizó cirugía refractiva FEMTO-LASIK en la Clínica de Oftalmología de Cali (Valle del Cauca, Colombia), entre diciembre de 2016 y febrero de 2018. Para ser incluidos en el estudio, los pacientes debían ser mayores de 18 años, tener un defecto refractivo estable (diferencia no mayor de 0.50 dioptrías en el valor del defecto refractivo en un periodo de 1 año) y haber suspendido el uso de lentes de contacto por lo menos 2 semanas antes de realizar los exámenes preoperatorios. Previamente al procedimiento quirúrgico se midieron las variables del defecto refractivo con refracción subjetiva (esfera y cilindro). La queratometría, la paquimetría central y el diámetro corneal

horizontal (blanco a blanco) se midieron con el topógrafo Galilei G4 (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Switzerland).

A todos los pacientes se les realizó cirugía refractiva FEMTO-LASIK bilateral utilizando el láser de femtosegundo Z8 LDV para crear un colgajo corneal con un diámetro mínimo de 8.0 mm y máximo de 9.5 mm, y un espesor planeado de 110 μm . Para la corrección del defecto refractivo se utilizó un EXCIMER Láser Amaris 750s (Schwind Inc., Kleinostheim, Germany).

Para crear el colgajo corneal se debe acoplar la pieza de mano del láser de femtosegundo al ojo del paciente. El equipo permite el acoplamiento en uno o dos pasos. En el método de un paso (grupo 1, 70 ojos de 42 pacientes), se posicionaron conjuntamente la pieza de mano del láser de femtosegundo y el anillo de succión sobre el ojo del paciente, guiando el posicionamiento por la imagen de video en la pantalla del láser. En el método de dos pasos (grupo 2, 53 ojos de 32 pacientes), se posicionó primero el anillo de succión sobre el ojo del paciente utilizando el microscopio quirúrgico y luego se acopló la pieza de mano del láser de femtosegundo sobre el anillo.

La morfología del colgajo corneal se evaluó 1 semana después del procedimiento con un tomógrafo de coherencia óptica que utiliza el sistema Fourier-Domain para la adquisición de las imágenes (RTVue Optovue, Inc., Fremont, CA, USA).

Las mediciones del grosor del colgajo corneal las realizó un único examinador (O.E.P.S) en 20 puntos de cada córnea: meridiano horizontal nasal (5 puntos), meridiano horizontal temporal (5 puntos), meridiano vertical superior (5 puntos) y meridiano vertical inferior (5 puntos), a una distancia de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 mm del centro de la córnea (Figuras 1 y 2). Con estas mediciones se determinaron las siguientes variables:

- Grosor central del colgajo: espesor promedio medido en 4 puntos, en los meridianos horizontal nasal (1 punto), horizontal temporal (1 punto), vertical superior (1 punto) y vertical inferior (1 punto), localizados a 0.5 mm del centro de la córnea (Figura 3).
- Grosor total del colgajo: espesor promedio medido en 20 puntos, en los meridianos horizontal nasal (5 puntos), horizontal temporal (5 puntos), vertical superior (5 puntos) y vertical inferior (5 puntos), localizados a 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 mm del centro de la córnea (Figura 4).
- Grosor del colgajo por meridianos: grosor promedio medido en los meridianos nasal, temporal, superior

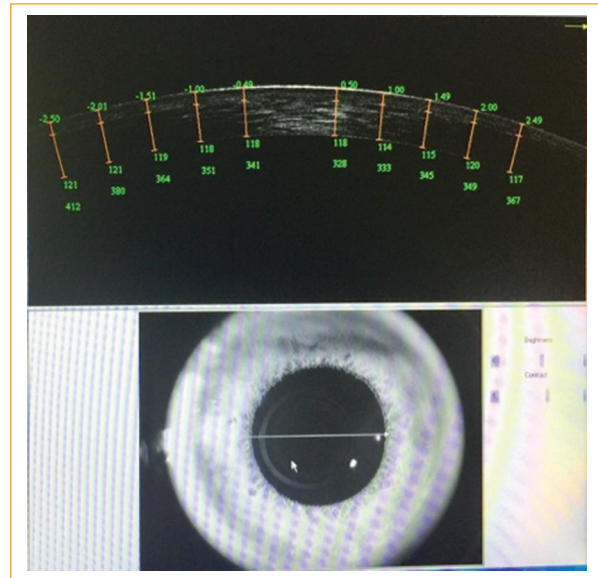


Figura 1. Medición meridiano horizontal.

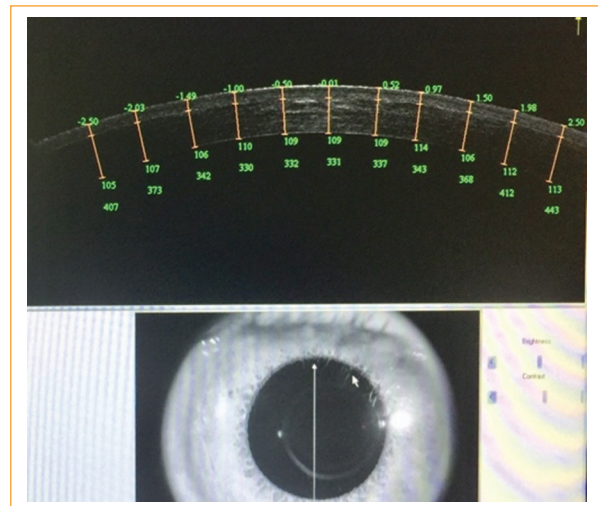


Figura 2. Medición meridiano vertical.

- e inferior a una distancia de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 mm del centro de la córnea (Figura 5).
- Grosor del colgajo por zonas, medido en cuatro puntos de cada una de las zonas (Figura 6):
 - Zona 1: grosor promedio medido a 0.5 mm del centro de la córnea.
 - Zona 2: grosor promedio medido a 1.0 mm del centro de la córnea.
 - Zona 3: grosor promedio medido a 1.5 mm del centro de la córnea.

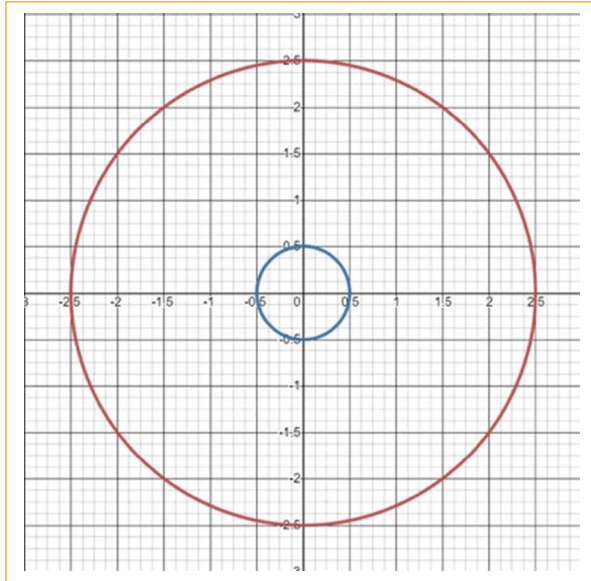


Figura 3. Grosor central del colgajo.

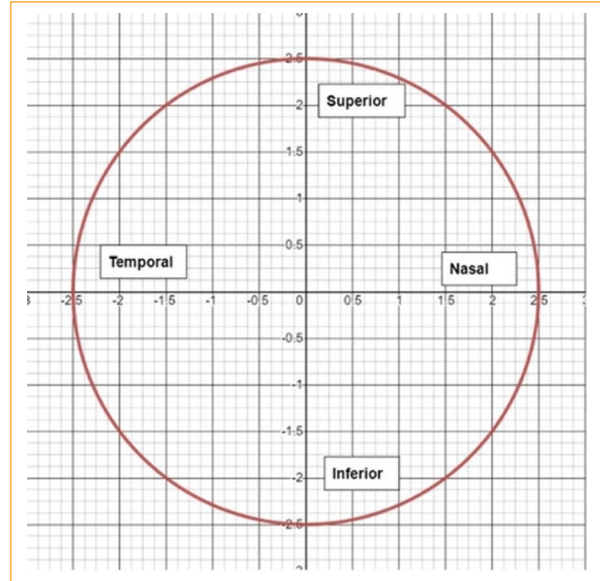


Figura 5. Grosor del colgajo por meridianos.

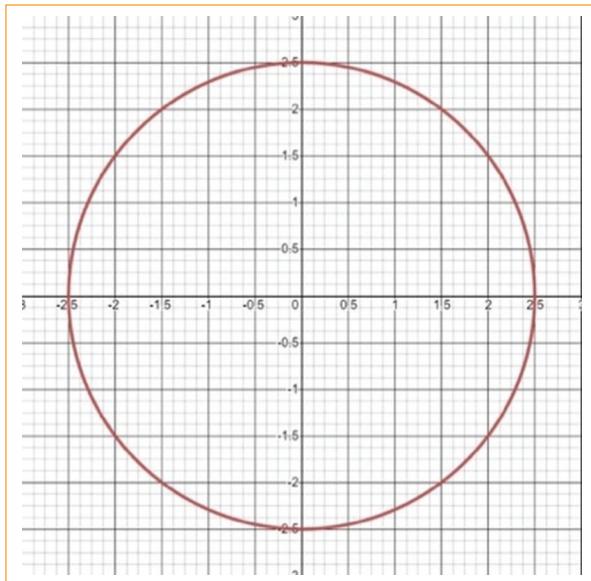


Figura 4. Grosor total del colgajo.

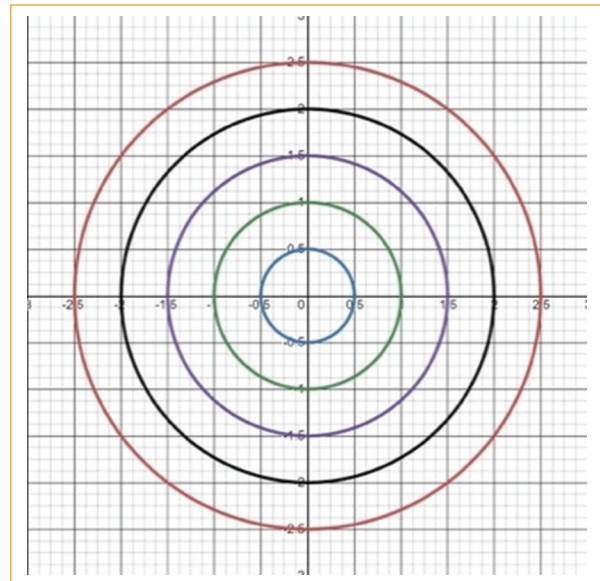


Figura 6. Grosor del colgajo por zonas.

- Zona 4: grosor promedio medido a 2.0 mm del centro de la córnea.
- Zona 5: grosor promedio medido a 2.5 mm del centro de la córnea.

Análisis estadístico

Las variables continuas son presentadas como promedio y desviación estándar. Con la prueba de

Shapiro-Wilk se determinó la distribución normal de las variables. La comparación entre grupos se realizó con las pruebas t de Student y ANOVA. Se utilizó el *software* MedCalc (Versión 20) para el análisis estadístico, y se consideró que un valor de $p < 0.05$ indicaba significación estadística.

Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado antes de los procedimientos y el comité médico institucional de la Clínica de Oftalmología de Cali

Tabla 1. Datos preoperatorios

	Grupo 1: un paso, 70 ojos			Grupo 2: dos pasos, 53 ojos			p
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	
Edad (años)	33	18	56	34	18	59	
Esfera (dioptrías)	-1.01 ± 2.6	-5.75	+4.80	-0.73 ± 2.6	-4.30	+5.00	0.54
Cilindro (dioptrías)	0.87	0	5.00	0.59	0.25	5.25	0.14
K promedio (dioptrías)	43.48	40.60	45.6	43.63	41.40	46.69	0.52
Paquimetría (μm)	560.5	506	667	564.5	507	626	0.49
Blanco a blanco (mm)	12.18	11.5	12.8	12.22	11.0	12.8	0.56

Tabla 2. Grosor del colgajo corneal

	Grupo 1: un paso, 70 ojos				Grupo 2: dos pasos, 53 ojos				p
	Promedio ± DE	Mínimo	Máximo	Rango	Promedio ± DE	Mínimo	Máximo	Rango	
Grosor central (μm)	107.5 ± 3	99	114	15	112.5 ± 5	100	122	22	0.00
Grosor total (μm)	107.9 ± 3	101	114	13	112.5 ± 4	101	123	22	0.00

DE: desviación estándar.

otorgó el aval institucional para desarrollar el proyecto. Todos los procedimientos se adhieren a la Declaración de Helsinki.

Resultados

Se analizaron 123 ojos de 67 pacientes. Las variables preoperatorias consideradas se presentan en la [tabla 1](#); no se encontró diferencia estadísticamente significativa comparando los dos grupos. El grosor central y total del colgajo corneal se muestra en la [tabla 2](#); se encontró diferencia estadísticamente significativa en el grosor del colgajo corneal central y total comparando los dos grupos, con colgajos corneales más delgados en el grupo 1 y más gruesos en el grupo 2, comparados con el grosor programado. Aunque la desviación estándar en ambos grupos es baja, comparando el rango entre el grosor mínimo y el grosor máximo se observó un rango más alto en el grupo 2. El grosor del colgajo corneal por meridianos se muestra en la [tabla 3](#); se encontró que el grosor del colgajo corneal en los diferentes meridianos era muy similar en ambos grupos. El grosor del colgajo corneal medido en diferentes zonas concéntricas se muestra en la [tabla 4](#); se encontró que el grosor del colgajo corneal

Tabla 3. Grosor del colgajo corneal por meridianos

Meridianos	Grupo 1: un paso, 70 ojos	Grupo 2: dos pasos, 53 ojos	p
	Promedio ± DE (μm)	Promedio ± DE (μm)	
Superior	108.1 ± 3	112.5 ± 5	0.00
Nasal	108.1 ± 3	112.4 ± 4	0.00
Inferior	107.7 ± 3	112.4 ± 5	0.00
Temporal	107.9 ± 3	112.6 ± 5	0.00

DE: desviación estándar

Tabla 4. Grosor del colgajo corneal por zonas

Zonas (diámetro)	Grupo 1: un paso, 70 ojos (μm)	Grupo 2: dos pasos, 53 ojos (μm)	p
Zona 1 (1.0 mm)	107.5 ± 3	112.5 ± 5	0.00
Zona 2 (2.0 mm)	107.9 ± 3	112.5 ± 5	0.00
Zona 3 (3.0 mm)	107.9 ± 3	112.6 ± 4	0.00
Zona 4 (4.0 mm)	108.2 ± 3	112.5 ± 5	0.00
Zona 5 (5.0 mm)	108.8 ± 3	112.8 ± 5	0.00

en las diferentes zonas era muy similar en ambos grupos.

El análisis *post hoc* de los *outliers* en las mediciones de las zonas 1 a 5 mostró que en el grupo 1 (un paso) se presentó solamente un *outlier* que produjo un colgajo corneal más delgado, con valor de 101 μm . Por otro lado, en el grupo 2 (dos pasos) se identificaron 12 *outliers*, cinco de ellos reportando colgajos corneales más delgados (valor mínimo 100 μm) y siete con un colgajo corneal más grueso (valor máximo 123 μm).

Discusión

Los estudios previos se han enfocado en comparar la morfología y el grosor del colgajo corneal creado con diferentes equipos de láser de femtosegundo. El presente estudio se centra en la comparación de dos técnicas de acople con el mismo equipo, el láser de femtosegundo Z8 LDV.

Se obtuvieron colgajos corneales de un grosor central muy predecible con respecto al grosor planeado de 110 μm , y con una baja desviación estándar ($107.5 \pm 3 \mu\text{m}$ en el grupo 1 y $112 \pm 5 \mu\text{m}$ en el grupo 2). La diferencia en el rango de valores entre el grosor mínimo y el grosor máximo del colgajo corneal observada entre los dos grupos (15 μm en el grupo 1 y 22 μm en el grupo 2) podría explicarse por la diferencia en la presencia de *outliers* entre los dos grupos. Los valores *outliers* encontrados en el análisis *post hoc* son más frecuentes en el grupo que tuvo el colgajo más grueso (grupo 2); los valores extremos encontrados en el grupo 2 son similares a los reportados en un estudio que utilizó el láser de femtosegundo WaveLight FS200 (FS200) (Alcon Laboratories Inc.) para hacer el colgajo corneal¹⁴.

El grosor del colgajo corneal en los diferentes meridianos (superior, nasal, inferior y temporal) es muy similar en ambos grupos. Este hallazgo sugiere que el colgajo corneal tiene una configuración uniforme.

El grosor del colgajo corneal en las diferentes zonas (zonas 1, 2, 3, 4 y 5) es muy similar en los dos grupos. Este hallazgo sugiere que el colgajo corneal tiene una morfología plana, diferente de la forma de menisco que se presenta cuando se produce el corte del colgajo con microquerátomo⁶.

Los sistemas actuales de creación del colgajo corneal utilizando un láser de femtosegundo están muy cercanos al valor planeado. Es importante evitar valores extremos de grosor del colgajo corneal, porque colgajos corneales muy gruesos pueden dar origen a ectasia corneal³ y colgajos corneales muy delgados pueden generar pliegues en el colgajo, crecimiento

epitelial en la interfase entre el colgajo y el estroma, y astigmatismo irregular¹⁵. Zhang et al.¹² midieron el grosor del colgajo corneal (grosor planeado 110 μm) en 100 ojos operados con FEMTO-LDV Classic y en 100 ojos operados con FEMTO-LDV Crystal line femtosecond laser (Ziemer Ophthalmic Systems), utilizando un tomógrafo de coherencia óptica (RTVue Optovue), y encontraron un grosor central de $105.9 \pm 9 \mu\text{m}$ con el Classic y de $100.9 \pm 4 \mu\text{m}$ con el Crystal line; también obtuvieron colgajos uniformes y de configuración plana con ambos equipos. En otro estudio, Zhang et al.¹³ midieron el grosor del colgajo corneal (grosor planeado 110 μm) en 408 ojos operados con FEMTO-LDV y 408 ojos operados con Intralase FS60 femtosecond laser (Intralase Corp.), utilizando un tomógrafo de coherencia óptica (RTVue Optovue), y encontraron un grosor central de $103.9 \pm 6 \mu\text{m}$ con el FEMTO-LDV y de $109.3 \pm 8 \mu\text{m}$ con el Intralase; también obtuvieron colgajos uniformes y de configuración plana con ambos equipos. Otros autores, como Ahmedbegovic-Pjano et al.¹⁵ (colgajo planeado 110 μm , valor obtenido $103.52 \pm 13.89 \mu\text{m}$) y Zhou et al.¹⁶ (colgajo planeado 110 μm , valor del colgajo obtenido $105 \pm 7 \mu\text{m}$), también obtuvieron colgajos más delgados que lo programado. Parafita et al.¹⁴, con un colgajo planeado más grueso (120 μm), obtuvieron colgajos significativamente mayores que lo planeado ($127.6 \pm 12.1 \mu\text{m}$) utilizando un láser de femtosegundo Wavelight FS200 (Alcon Corp.).

En conclusión, este estudio muestra que las dos técnicas de acople del láser LDV Z8 tienden a producir colgajos corneales predecibles, con baja desviación estándar, de grosor uniforme y con una morfología regular y plana, para la corrección del defecto refractivo. El acople en un paso produce colgajos corneales más delgados, y el acople en dos pasos produce colgajos corneales más gruesos, con relación al colgajo corneal planeado. Aunque estas diferencias son significativas, no se espera que tengan ninguna relevancia clínica. Pensamos que esta información es importante porque brinda elementos de juicio al cirujano refractivo al planificar la cirugía de sus pacientes.

Financiamiento

Los autores declaran que no existe financiamiento.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria y anonimizados, por lo que no fue necesario el consentimiento informado. Se han seguido las recomendaciones pertinentes.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Stulting RD, Lahners WJ, Carr JD. Advances in refractive surgery; 1975 to the present. *Cornea*. 2000;19:741-53.
2. Knox NE, Tyrer JR, Jaycock PD, Marshall J. Effects of variation in depth and side cut angulations in LASIK and thin flap LASIK using a femtosecond laser: a biomechanical study. *J Refract Surg*. 2012;28:419-25.
3. Randleman JB, Russell B, Ward MA, Thompson KP, Stulting RD. Risk factors and prognosis for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology*. 2003;110:267-75.
4. Tran DB, Sarayba MA, Bor Z, Garufis C, Duh YJ, Soltes CR, et al. Randomized prospective clinical study comparing induced aberrations with IntraLase and Hansatome flap creation in fellow eyes: potential impact on wavefront-guided laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2005;31:97-105.
5. Medeiros FW, Stapleton WM, Hammel J, Krueger RR, Netto MV, Wilson SE. Wavefront analysis comparison of LASIK outcomes with the femtosecond laser and mechanical microkeratomers. *J Refract Surg*. 2007;23:880-7.
6. Jagow B, Kohnen T. Corneal architecture of femtosecond laser and microkeratome flaps imaged by anterior segment optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*. 2009;35:35-41.
7. Santhiago M, Kara-Junior N, Waring GO. Microkeratome versus femtosecond flaps: accuracy and complications. *Curr Opin Ophthalmol*. 2014;25:270-4.
8. Stonecipher K, Ignacio TS, Stonecipher M. Advances in refractive surgery: microkeratome and femtosecond laser flap creation in relation to safety, efficacy, predictability and biomechanical stability. *Curr Opin Ophthalmol*. 2006;17:368-72.
9. Rosas CH, Li Y, Zhang X, Tang M, Branco JL, Allemann N, et al. Repeatability of laser in situ keratomileusis flap thickness measurement by Fourier-domain optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg*. 2011;37:649-54.
10. Pietilä J, Huhtala A, Jääskeläinen M, Jylli J, Mäkinen P, Uusitalo H. LASIK flap creation with the Ziemer femtosecond laser in 787 consecutive eyes. *J Refract Surg*. 2010;26:7-16.
11. Vryghem JC, Devogelaere T, Stodulka P. Efficacy, safety, and flap dimensions of a new femtosecond laser for laser in situ Keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:442-8.
12. Zhang J, Zhou YH, Tian L, Zhai CB. Comparison of Ziemer FEMTO-LDV "Classic" and "Crystal Line" femtosecond laser flap quality by Fourier-domain optical coherence tomography. *Int J Ophthalmol*. 2013;6:611-7.
13. Zhang J, Zhou YH, Zhai CB, Tian L. Comparison of 2 femtosecond lasers for laser in situ keratomileusis flap creation. *J Cataract Refract Surg*. 2013;39:922-7.
14. Parafita-Fernández A, García-González M, Gros-Otero J, Álvarez-Rementería Capelo L, Blázquez Sánchez V, Teus M. Evolution of visual acuity, flap thickness, and optical density after laser in situ keratomileusis performed with a femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg*. 2020;46:260-6.
15. Ahmedbegovic-Pjano M, Biscevic A, Alikadic-Husovic A, Bejdic N, Bohac M. Comparison of flap characteristics created with two different methods in laser in situ keratomileusis (LASIK). *Med Arch*. 2021;75:204-8.
16. Zhou Y, Zhang J, Tian L, Zhai C. Comparison of the Ziemer FEMTO-LDV femtosecond laser and Moria M2 mechanical microkeratome. *J Refract Surg*. 2012;28:189-94.

Utilidad clínica de la citología para el enfoque diagnóstico y terapéutico de un caso de queratitis fúngica

Clinical utility of cytology for diagnostic and therapeutic approach in a case of fungal keratitis

Natalia Peñaloza-Barrios, Mariana Arizmendi-Barón y Eduardo J. Polania-Barón*

Bogota Laser Ocular Surgery Center, Bogotá D.C., Colombia

Resumen

Introducción: La córnea es uno de los lentes que hacen parte de la túnica externa del ojo. Su principal función es la de proporcionar gran parte del poder dióptrico en el sistema óptico, y además cumple con funciones de barrera contra traumatismos e infecciones. La queratitis es la inflamación de la córnea, cuya causa puede ser infecciosa (virus, bacterias, hongos y parásitos) o no infecciosa (traumatismos o enfermedades autoinmunitarias). **Objetivo:** Dar a conocer un método de reconocimiento rápido del agente causal de la queratitis ayudando a un tratamiento dirigido oportuno. **Conclusiones:** La queratitis infecciosa puede desencadenar pérdida de la visión al no ser tratada a tiempo, por lo que es importante el diagnóstico del agente causal para el inicio del tratamiento apropiado.

Palabras clave: Infección ocular. Diagnóstico. Queratitis infecciosa. Córnea.

Abstract

Introduction: The cornea is one of the lenses that are part of the outer tunic of the eye. Its main function is to provide a large part of the diopter power in the optical system, it also has a barrier function against trauma and infection. Keratitis is an inflammation of the cornea whose cause can be infectious (viruses, bacteria, fungi and parasites) or non-infectious (trauma or autoimmune diseases). **Objective:** To present a method of rapid recognition of the causative agent of keratitis helping to a timely targeted treatment. **Conclusions:** Infectious keratitis can trigger vision loss by not being treated in time, for this reason, the diagnosis of the causative agent is important for the initiation of appropriate treatment.

Keywords: Eye infections. Diagnosis. Infectious keratitis. Cornea.

Introducción

La queratitis infecciosa es la inflamación de la córnea secundaria a algún microorganismo. Sus complicaciones pueden ser graves, resultando en cicatrices del estroma corneal que conducen a disminución de la agudeza visual o, en casos graves, a adelgazamiento

de la córnea que podría producir una perforación del globo ocular¹. Los síntomas incluyen fotofobia, dolor ocular, enrojecimiento y disminución de la visión². Se considera que tiene una prevalencia del 6%, pero en los últimos años se ha visto un incremento del número de casos, llegando incluso a representar entre el 4% y el 60% de las úlceras corneales³. El objetivo esencial

*Correspondencia:

Eduardo J. Polania-Barón

E-mail: doctor.eduardo.polania@gmail.com

0187-4519/© 2025 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 09-07-2023

Fecha de aceptación: 17-07-2025

DOI: 10.24875/RMO.M24000272

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):53-56

www.rmo.com.mx

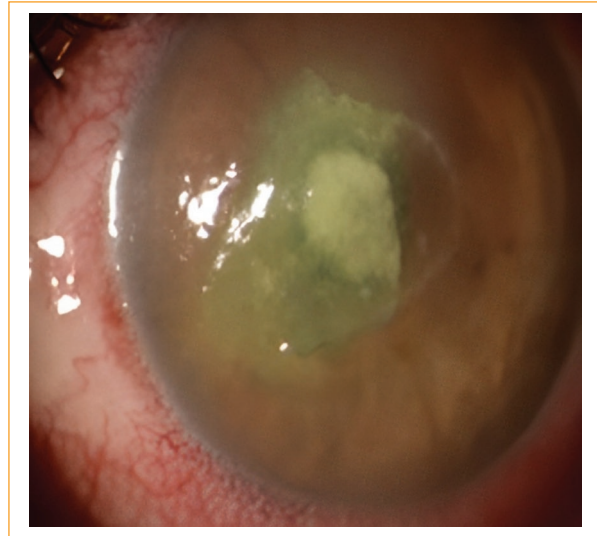


Figura 1. Foto clínica del ojo izquierdo, con hallazgos de importante hiperemia conjuntival con un defecto epitelial central de 5×5 mm e infiltrado estromal de 2×2 mm de bordes plumosos, con lesiones satélite, infiltrado en anillo y edema estromal perilesional.

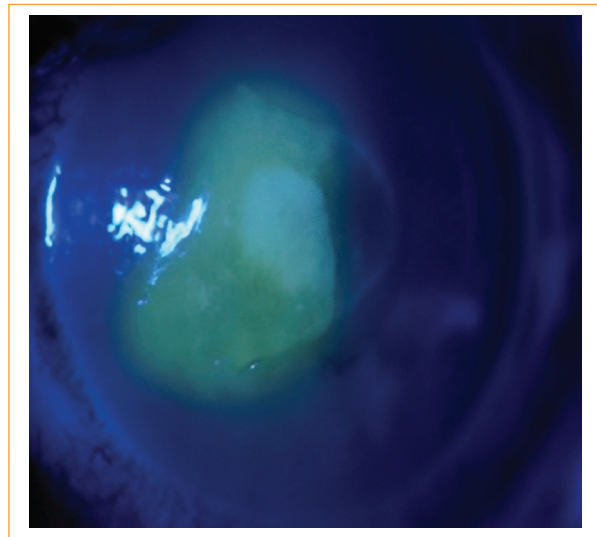


Figura 2. Foto clínica del ojo izquierdo, con tinción positiva a la fluoresceína con luz azul de cobalto difusa.

del tratamiento es eliminar rápidamente el patógeno, y por ello la identificación del mismo desempeña un papel decisivo en el manejo y el pronóstico de la infección⁴. El diagnóstico del agente etiológico es fundamental, y a pesar de que el cultivo sigue siendo el método de referencia, existen nuevas técnicas que son útiles para un diagnóstico rápido y oportuno, evitando retrasos en el inicio de un tratamiento dirigido⁵.

La utilización del estudio citológico en el microscopio puede ser una alternativa de gran ayuda debido a su rapidez para obtener resultados del diagnóstico etiológico de las queratitis infecciosas.

Caso clínico

Varón de 45 años que consulta al servicio de urgencias por un cuadro clínico de 3 días de evolución consistente en dolor, ojo rojo, fotofobia y sensación de cuerpo extraño en el ojo izquierdo posterior al lavado de la cara con agua de tanque en un área rural. El paciente refiere estar aplicando gotas de lágrimas, sin mejoría de la sintomatología. Al examen oftalmológico de ingreso presenta una agudeza visual en el ojo derecho de 20/20 y en el ojo izquierdo de 20/400. En la biomicroscopia, el segmento anterior del ojo derecho está sano. En el ojo izquierdo se evidencia una importante hiperemia conjuntival con un defecto epitelial central de 5×5 mm que compromete el eje visual, con infiltrado intraestromal de 2×2 mm, de bordes plumosos, con lesiones satélite, infiltración en anillo y edema estromal perilesional, con tinción positiva a la fluoresceína (Figs. 1 y 2); el resto del segmento anterior del ojo izquierdo es normal. La presión intraocular del ojo derecho es de 12 mmHg y la del ojo izquierdo no se determina. La fundoscopia indirecta de ambos ojos es normal. Posteriormente se realiza raspado del absceso con hoja de bisturí del n.º 15, que se reserva en tubo de ensayo y es llevado al laboratorio de patología para ser examinado por el patólogo en el microscopio con tinción de hematoxilina-eosina.

El reporte verbal de citología indica la presencia de hifas en la muestra de raspado del absceso corneal (Fig. 3). Inmediatamente se realiza impregnación con natamicina al 5% (1 gota cada minuto por 5 minutos, luego cada 5 minutos por 15 minutos, luego cada 15 minutos por 30 minutos, luego cada 30 minutos por 1 hora), con dosis de mantenimiento cada hora en casa. Al día siguiente, el paciente ya no presenta el absceso intraestromal, con reducción de la ulceración a 3×3 mm de tamaño (Fig. 4). A los 10 días de seguimiento, el paciente presenta una resolución total de la queratitis y mejoría de la agudeza visual a 20/30 en el ojo izquierdo.

Discusión

En términos generales, el cultivo para hongos se ha establecido como el método de referencia para el diagnóstico de queratitis infecciosa. Sin embargo, tiene

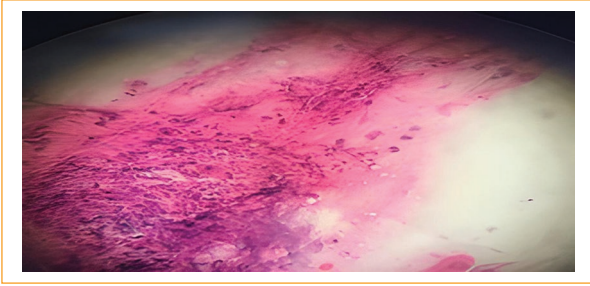


Figura 3. Al microscopio, en la muestra de raspado del absceso corneal se observa la presencia de hifas.

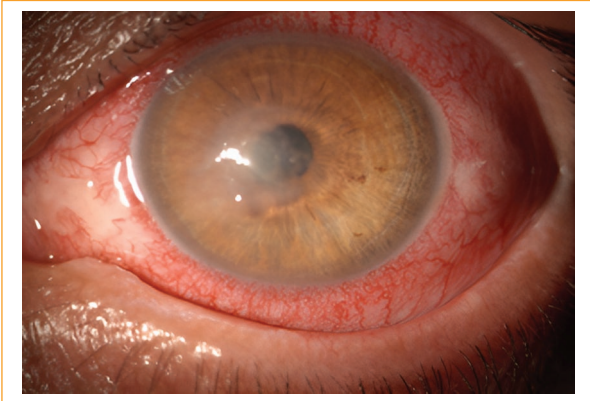


Figura 4. Un día posterior al inicio del tratamiento, en el ojo izquierdo persiste la hiperemia conjuntival, pero con disminución del infiltrado estromal en un 90% y mejoría del defecto epitelial a 3 × 3 mm de tamaño.

como desventajas el tiempo que requiere para reportar sus hallazgos, ya que hasta un 25% de los cultivos requieren un periodo de incubación de incluso 3 semanas. El tiempo que tarda en obtenerse el resultado del cultivo puede perjudicar al paciente teniendo en cuenta que, ante una posible queratitis fúngica en curso, el tratamiento específico debe comenzarse lo más pronto posible, pues el resultado visual final de estos casos va a depender en gran medida de la proporción de tejido afectado presente previo al inicio de la terapia⁶. Por esta razón, el tiempo hasta el diagnóstico representa un desafío y se ha buscado implementar nuevas técnicas que permitan la detección rápida del agente causal para mejorar el pronóstico de la infección. Se han utilizado técnicas como la tinción de Gram³, que tiñe la pared micótica y permite una detección temprana del microorganismo, pero se ha observado una sensibilidad baja en los raspados corneales, de aproximadamente un 30% en las úlceras tempranas o pequeñas (< 2 mm) y de un 40-60% en las úlceras

más avanzadas⁷. El estudio citológico con tinción de hematoxilina-eosina ha demostrado una utilidad significativa para la realización de un diagnóstico oportuno mediante la observación del agente etiológico en el microscopio, teniendo en cuenta el tiempo para obtener resultados, evitando así el desarrollo de complicaciones secundarias a un retraso en el tratamiento.

Nuestro paciente, con el inicio temprano de natamicina al 5%, tras solo 1 día de uso presentó mejoría del cuadro clínico, con desaparición del infiltrado estromal y disminución del tamaño del defecto epitelial. Actualmente, la natamicina al 5% es la opción terapéutica de primera línea en el manejo de la queratitis fúngica, ya que no existe hasta el momento ningún otro fármaco que muestre superioridad³.

Conclusiones

La utilización de la citología inmediata en el laboratorio de patología es una herramienta muy útil para detectar de manera rápida el agente causal de la queratitis infecciosa, sin necesidad de esperar los resultados de los cultivos para determinar exactamente la etiología. Esto permite un tratamiento oportuno y una disminución en el costo del tratamiento porque no hay necesidad de cobertura con varios colirios antibióticos.

Financiamiento

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de confidencialidad de su institución, han obtenido el consentimiento informado del paciente, y cuentan con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER, según la naturaleza del estudio.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial.

Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Alkatan HM, Al-Essa RS. Challenges in the diagnosis of microbial keratitis: a detailed review with update and general guidelines. *Saudi J Ophthalmol.* 2019;33:268-76.
2. Durand ML, Barshak MB, Chodosh J. Infectious keratitis in 2021. *JAMA.* 2021;326:1319-20.
3. Buitrago Torrado MF, Vives Restrepo JE, Fernández Santodomingo AS, Manrique Bolívar FS, Carrillo Tete D. Generalidades de queratitis micótica. *Rev Univ Ind Santander Salud.* 2013;45:55-69.
4. Garg P. Diagnosis of microbial keratitis. *Br J Ophthalmol.* 2010;94:961-2.
5. Austin A, Lietman T, Rose-Nussbaumer J. Update on the management of infectious keratitis. *Ophthalmology.* 2017;124:1678-89.
6. Mellado F, Rojas T, Cumsille C. Queratitis fúngica: revisión actual sobre diagnóstico y tratamiento. *Arq Bras Oftalmol.* 2013;76:52-6.
7. López-Cerero L, Etxebarria J, Mensa J. Diagnóstico microbiológico de las infecciones oculares. *Enferm Infecc Microbiol Clin.* 2009;27:531-5.

Juan Santos Fernández Hernández, un oftalmólogo cubano de talla universal

Juan Santos Fernández Hernández, a Cuban ophthalmologist of universal stature

Lisandra A. Ruiz-González^{id}, Hector J. Piñera-Castro^{*id} y Jennifer Smith-Groba^{id}

Facultad de Ciencias Médicas Victoria de Girón, Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, La Habana, Cuba

Resumen

Introducción: El quehacer del Dr. Juan Santos Fernández Hernández constituye una fuente nutricia de valores que han de caracterizar a todo profesional de la salud. **Objetivo:** Valorar la obra de vida del Dr. Juan Santos Fernández Hernández. **Desarrollo:** Resultó de especial relevancia para la oftalmología la presencia del Dr. Juan Santos Fernández Hernández, considerado el padre de esta especialidad en Cuba. Forma parte de la estelar pléyade de galenos cubanos cuyo nombre enaltece y prestigia al gremio en Cuba. **Conclusiones:** Sus extraordinarios aportes a la especialidad, en virtud de una intensa labor asistencial y un formidable quehacer científico, le ganaron un cimero escaño entre los más excelsos exponentes de la práctica médica en Cuba y el mundo.

Palabras clave: Cuba. Historia. Historia de la medicina. Oftalmología.

Abstract

Introduction: The work of Dr. Juan Santos Fernández Hernández constitutes a nourishing source of values that should characterize every health professional. **Objective:** To value the life work of Dr. Juan Santos Fernández Hernández. **Development:** The presence of Dr. Juan Santos Fernández Hernández, considered the father of this specialty in Cuba, was of special relevance for ophthalmology. He is part of the stellar pleiad of Cuban physicians whose name exalts and gives prestige to the guild in Cuba. **Conclusions:** His extraordinary contributions to the specialty, by virtue of an intense assistance work and a formidable scientific work, earned him a top place among the most exalted exponents of medical practice in Cuba and the world.

Keywords: Cuba. History. History of Medicine. Ophthalmology.

*Correspondencia:

Hector J. Piñera-Castro

E-mail: hectorpinera18100@gmail.com

0187-4519/© 2025 Sociedad Mexicana de Oftalmología. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 13-05-2023

Fecha de aceptación: 02-05-2025

DOI: 10.24875/RMO.M25000270

Disponible en internet: 10-10-2025

Rev Mex Oftalmol. 2024;98(2):57-61

www.rmo.com.mx

Introducción

La oftalmología tiene sus inicios en la era de los egipcios. Estuvo vinculada con la medicina mitológica y la medicina primitiva empírica, y de su práctica nacieron importantes avances y escritos que registraron a lo largo de los años las investigaciones y los descubrimientos realizados por quienes dedicaron especial atención a ello. En el siglo XIX se independizó como especialidad^{1,2}.

En Cuba, los comienzos de la especialidad datan del siglo XVIII e innumerables fueron sus exponentes. Su iniciador fue el italiano Fernando Rivas y le siguieron el alemán Federico Nisen, quien realizó la primera operación de catarata, y el español Fernando Cruzado, que ejerció en Trinidad desde 1827¹.

Eduardo Finlay Wilson arribó a América para luchar con Bolívar en aras de la liberación de los pueblos de América del Sur y se instaló en Camagüey, donde fue el precursor de un gran legado familiar en la oftalmología, teniendo en cuenta que en 1833 nació su reconocido hijo Carlos J. Finlay Barrés, quien dio continuidad a la obra de su padre y se hizo oftalmólogo. Finlay Barrés legó estudios oftalmológicos, médicos y quirúrgicos; el más destacado de ellos fue el descubrimiento del agente transmisor de la fiebre amarilla. En 1905 fue fundada la cátedra de oftalmología en la Universidad de La Habana por Carlos E. Finlay Shine, hijo de Carlos J. Finlay. En 1839 se creó la primera sala de oftalmología Santa Lucía en el Hospital Militar San Ambrosio, dirigida por el oftalmólogo español José María Morillas, autor de *Monografía oftalmológica*, la primera obra de la especialidad publicada en Cuba¹.

Luis de la Calle fue el primero de la serie de oftalmólogos cubanos preparados en el extranjero. Se dio a conocer en Europa por su tesis de doctorado titulada *Del oftalmoscopio*, que fue a su vez el trabajo científico más completo que se había publicado desde que Helmholtz inventó dicho instrumento. Enrique López fue propulsor, organizador y secretario del Primer Congreso Médico Cubano en 1890; fundó la primera Policlínica de Especialidades y su gran obra fue titulada *Oftalmología Clínica*. Su esposa, Laura Martínez de Carvajal, fue la primera mujer que obtuvo en Cuba el título de Doctora en Medicina, se convirtió en la primera oftalmóloga del país y, junto a López, realizó importantes intervenciones quirúrgicas^{1,3,4}.

Resultó de singular relevancia para la especialidad la presencia del Dr. Juan Santos Fernández Hernández, considerado el padre de la oftalmología en Cuba. Forma parte de la estelar pléyade de galenos cubanos

cuyo nombre enaltece y prestigia al gremio. El estudio de su obra de vida constituye una fuente nutricia de valores que han de caracterizar a todo profesional de la salud. Este artículo pretende valorar la obra de vida del Dr. Juan Santos Fernández Hernández.

Desarrollo

Juan Santos Fernández Hernández nació el 22 de julio de 1847 en el ingenio El Atrevido, actual Unión de Reyes, en la provincia de Matanzas, Cuba. En 1867 comenzó sus estudios de medicina en la Real y Literaria Universidad de La Habana, donde estuvo hasta 1869. Como la situación en Cuba no era favorable en ese entonces, tuvo que viajar a Madrid para finalizar sus estudios. En 1872 obtuvo el título de licenciado en el Colegio de Medicina de San Carlos, Madrid⁵.

Terminación de sus estudios e inicios como especialista

Luego de graduarse de médico se trasladó a París, donde se entrenó como cirujano oftalmólogo hasta 1875. Por merecimiento propio llegó a ser el primer ayudante de Javier Galezowski, el más destacado oftalmólogo en aquella época, a quien en 1879 dedicó la memoria titulada *Clínica de las enfermedades de los ojos*^{5,6}.

Sus primeras prácticas de médico especialista las realizó en Castillo de Bayuela, provincia de Toledo, España, donde intervino quirúrgicamente en poco tiempo a más de 200 pacientes con catarata. Trabajó junto a De Wecker, Abadie, Desmarres, Panas y Landolt, y fue colaborador de Paul Chibret. El 28 de octubre de 1874 presentó en la Universidad de Barcelona su tesis de doctorado titulada *Sobre algunas enfermedades de los ojos. Observaciones clínicas*⁵⁻⁷.

Sus prácticas y resultados los recogió en *Memorias clínicas*, documento que le fue útil para su designación de socio corresponsal de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, el 14 de marzo de 1875. Poco tiempo después, retornó a Cuba⁵⁻⁸.

Crónica Médico-Quirúrgica de La Habana

En mayo de 1875, fundó la *Crónica Médico-Quirúrgica de La Habana*. El 14 de mayo de 1876 ingresó como académico de número en esta corporación, a cuyo efecto presentó el trabajo titulado *Consideraciones sobre las enfermedades de los ojos observadas en la isla de Cuba durante el año 1875*^{5,7-9}.

Esta revista ha sido considerada una fuente de consulta indispensable para el conocimiento de las enfermedades, sus antecedentes, evolución y tratamiento en el país. Sus páginas recogen cada evento de carácter científico dentro o fuera de Cuba. Por su contenido, presentación y formato, ganó premios en exposiciones internacionales celebradas en las ciudades de Ámsterdam (1883), París (1900), Buffalo (1901), Charleston (1902) y Saint Louis (1904)^{7,9}.

En ella han quedado plasmadas las firmas de 1 378 autores, entre los que figuran casi todas las personalidades nacionales dedicadas a las ciencias de la salud durante el período 1875-1940. Presentó un total de 4 451 trabajos originales, reproducciones o traducciones durante sus 66 años de andadura. De estos artículos, 680 corresponden al fundador de la revista, el Dr. Juan Santos Fernández Hernández. Aquí se encuentra la mayor parte de su producción científica en oftalmología, hecho que resulta de intangible importancia para quienes cursan la especialidad, la historia de la medicina o para aquellos que realizan estudios bibliométricos^{7,9}.

La contribución de esta revista no se circunscribió únicamente a los escritos en sus columnas, pues impulsó la fundación, en 1887, del Laboratorio Histoquímico Bacteriológico y de Vacunación Antirrábica, tomando como modelo el de Luis Pasteur en París. Este fue el primer laboratorio en América y donde se obtuvo la vacuna antirrábica (1887) antes que en cualquier otra institución del continente, así como el suero antidiptérico (1894-1895). También fue en él donde por vez primera se realizaron en Cuba experimentos histobacteriológicos y químicos, que solo debían cumplir el requisito de ceder a la revista los resultados en ellos obtenidos, a los efectos de hacerlos públicos por su conducto. De ese modo, la labor del Laboratorio Histoquímico Bacteriológico y de Vacunación Antirrábica quedó registrada en las páginas de *Crónica Médico-Quirúrgica de La Habana*^{7,9-12}.

Cuando se detuvo la edición de la revista, el laboratorio continuó funcionando. Sin embargo, la escasez de recursos económicos y el surgimiento de nuevos laboratorios constituyeron los detonantes para que fuera decayendo hasta que, en 1960, se fusionó con el Instituto de Higiene y desapareció como institución particular⁷.

Producción científica

En 1879 se presentaron dos de sus libros: *Higiene de la Vista*, en La Habana, que resultó premiado por

la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, y *Clínica de Enfermedades de los Ojos. Colección de artículos y memorias sobre Oftalmología*, elogiado por el profesor Galezowski y considerado como obra clásica de la oftalmología en América Latina⁶.

Destaca entre sus artículos *Consideraciones de las enfermedades de los ojos observadas en la Isla de Cuba durante 1875*, en el cual parece describirse la palidez temporal del disco óptico en la ambliopía alcohólica por primera vez. Relacionado con este tema, también publicó *Diagnóstico diferencial entre las ambliopías producidas por el alcohol y el tabaco*. La ambliopía de causa etílica fue un tema que estudió profundamente desde 1875, y en su primer trabajo dirigido a la Academia de Ciencias de La Habana afirmó que la ginebra era el licor que más contribuía al padecimiento de dicha enfermedad¹³.

Publicó tanto en *Gaceta Médica de México* (órgano oficial de la Academia Nacional de Medicina de México) como en *La Escuela de Medicina, Anales de la Oftalmología* y *Anales de la Asociación Larrey*. En esta última revista apareció *De la eserina en la operación de catarata*, que inicialmente se había publicado en *Crónica Médico-Quirúrgica de La Habana*. En *La Escuela de Medicina* apareció en 1895 el artículo *La evolución en la operación de la catarata*, en el que aborda los trabajos de Daviel, De Graefe y Jacobson, los cambios ocurridos en el siglo XIX en cuanto a la técnica operatoria y la necesidad de analizar dichos adelantos en aras de lograr los mejores resultados para el paciente¹³.

Fue colaborador de varias publicaciones, como *Annals of Ophthalmology*, de Chicago, y *Anales de Oftalmología*, de México. En el primer número de esta última apareció *La operación de catarata en los leprosos*, en el que menciona al Dr. José Francisco Arango, quien ya había publicado una interesante memoria sobre el tema observado en el Hospital de San Lázaro, en La Habana. Juan Santos Fernández, que realizó la extracción simple de la catarata a un paciente enfermo de lepra, también añade que no se debe negar dicha cirugía a estos pacientes¹³.

En 1893 colaboró en la obra *A Textbook of Ophthalmology* con William F. Norris y Charles A. Oliver, la cual cuenta con seis capítulos sobre manifestaciones oftalmológicas en el dengue, el paludismo, la gripe, el cólera, la disentería y la fiebre amarilla. Sobre esta última publicó en *La Crónica Oftalmológica*, de La Habana, el artículo *La pérdida de la vista en la fiebre amarilla*, en el que se preguntaba si la pérdida de la visión era causada por la uremia.

Escribió, además, sobre el muermo, la tuberculosis y otras enfermedades^{6,13}.

En 1899 redactó para *Gaceta Médica de México* un trabajo sobre la benignidad de la oftalmía purulenta en algunas regiones, en el que refería que la temperatura reinante intervenía en la malignidad o no al afectar a los recién nacidos¹³.

En colaboración con profesores europeos y de los Estados Unidos de América, investigó la ceguera producida por la medicación con quinina, en cuyos trabajos realizó la inserción de casos clínicos. Contribuyó, además, con el estudio de la estovaina como anestésico ocular y concluyó que no ofrece ningún peligro y que su uso debe limitarse a las inyecciones subconjuntivales y subcutáneas, pues la cocaína supera su efecto en la instilación ocular¹³.

En el artículo *Exoftalmía por tenonitis reumática* hace observaciones sobre la posible inflamación del periorbitario y de los tejidos del fondo de la órbita. Investigó, también, sobre el uso del suero equino fisiológico en el tratamiento de la hemeralopía, la que se presentaba a bordo de las embarcaciones que permanecían largo tiempo sin tocar tierra¹³.

Sus publicaciones con Madan y Enrique López sirvieron para dar a conocer el suceso neurooftalmológico más importante en Cuba, la epidemia de neuropatía, que en su forma óptica afectó la visión de más de 25 000 personas en un año⁴.

Es de destacar su excelente trabajo y su colección de cuadernos de consulta en *Libro de anotaciones de la consulta*. En 1918 presentó su libro de memorias, titulado *Recuerdos de mi vida, en dos tomos*⁵.

Acumuló casi 2 000 trabajos científicos⁷, lo cual le convierte en el más prolífico de los académicos cubanos de todos los tiempos en la especialidad que impulsó².

Otros aspectos de su actividad científica

Juan Santos Fernández participó como vocal en la Junta Superior de Instrucción Pública de la Isla de Cuba, en 1881. En 1877, propulsó la creación de la Sociedad Antropológica de la Isla de Cuba. Fue electo, en 1893, como representante de la Academia en el Primer Congreso Médico Panamericano, que tuvo lugar en Washington, y tres años más tarde resultó electo nuevamente como representante de la Academia en el Segundo Congreso Médico Panamericano, llevado a cabo en Ciudad de México. En 1897 obtuvo la distinción de Miembro de Mérito de la Academia, y en dos ocasiones, entre los años

1897-1899 y 1901-1922, fungió como presidente de la referida institución^{6,8}.

Fundó la Liga contra la Tuberculosis de Cuba, en 1901. Dos años después, en 1903, creó el Comité de la Prensa Médica, de la cual fue su primer presidente. Ejerció como presidente de honor del Primer Congreso Médico Nacional, en 1905, y fue socio fundador de la Sociedad de Medicina Tropical de la República de Cuba, en 1908. En 1911 fue designado presidente del Primer Congreso de la Prensa Médica⁶.

Gracias a sus méritos como médico-cirujano oftalmólogo, fue aceptado en 1899 como colaborador de *Annals of Ophthalmology*, de Chicago, y de *Anales de Oftalmología*, de México. Años más tarde, en 1906, asumió como socio fundador de la Sociedad de Oftalmología Hispanoamericana con sede en Madrid, y en 1907 como vocal del Comité Ejecutivo en La Habana del XVI Congreso Internacional de Medicina, que tuvo lugar en Budapest. En 1916 fue declarado Miembro de Honor de la Sociedad Oftalmológica de Filadelfia, y en 1921, Miembro Corresponsal de la Sociedad Médico-Quirúrgica de Amazonas, en Brasil⁶.

Labor asistencial

Juan Santos Fernández desplegó una extensa labor asistencial, durante la cual conservó los nombres de sus pacientes y elaboró sus historias clínicas, de modo que consta la atención de un aproximado de 63 500 casos a lo largo de los 50 años que ejerció la profesión. En Cuba estableció su consulta de oftalmología, y sus vastos conocimientos de la especialidad le hicieron merecedor del respeto de sus pacientes y de todos los médicos y personalidades que llegaron a conocerle. Alcanzó un notable prestigio que se extendió por todos los países civilizados de su tiempo. Llegó a ser considerado el más relevante especialista de enfermedades de los ojos en todos los dominios de la metrópolis española, incluida la propia España. A su vez, fue el más conocido en el extranjero durante la segunda mitad del siglo XIX⁸.

Entre sus pacientes estuvieron José Martí y su madre, Leonor Pérez. La historia clínica de Martí refleja el diagnóstico de «conjuntivitis catarral crónica en ambos ojos» y «flictena conjuntival en el ojo derecho», mientras que la de su madre registra la operación de cataratas que Juan Santos Fernández le realizó en su ojo derecho, el 14 de septiembre de 1896, y en el izquierdo, el 13 de febrero de 1904. Por este motivo, el Apóstol cubano le envió una carta de agradecimiento el 18 de noviembre de 1894⁸.

Partida física y tributos póstumos

El Dr. Juan Santos Fernández Hernández falleció en La Habana, el 6 de agosto de 1922, a los 75 años de edad. El profesor Hirschberg, en su obra *Historia general de la oftalmología*, le cita varias veces, y el profesor Manz, en su obra *El Mundo Médico*, se refiere a él dentro de los grandes de la oftalmología mundial⁶.

En el cuarto aniversario de su fallecimiento, mientras su sobrino, el Dr. Francisco M. Fernández, se desempeñaba como Secretario de Sanidad y Beneficencia, fue construido el pabellón que, en el Hospital General Calixto García, lleva su nombre. Su sobrino donó y trasladó para el nuevo edificio toda la estantería y biblioteca heredada de Juan Santos Fernández, así como su propia biblioteca. También donó algunas piezas museables, entre ellas la primera lámpara de hendidura Gullstrand que vino a Cuba y el estuche de instrumentos quirúrgicos del primer oftalmólogo cubano que se radicó en el país, el Dr. Luis de la Calle Serrano. En la fachada del edificio se colocó un busto de mármol del eminente oftalmólogo. En 1936 se registró la Cátedra de Oftalmología, instalada en el pabellón Juan Santos Fernández; su profesor titular fue el Dr. Carlos E. Finlay Shine, hijo del ilustre científico cubano Dr. Carlos J. Finlay Barrés, quien también ejerciera como oftalmólogo en Cuba⁸.

Conclusiones

La luminosa obra de vida del Dr. Juan Santos Fernández Hernández le hizo merecidamente acreedor del título de padre de la oftalmología cubana. Sus extraordinarios aportes a la especialidad, en virtud de una intensa labor asistencial y un formidable quehacer científico, le ganaron un cimero escaño entre los más excelsos exponentes de la práctica médica en Cuba y en todo el mundo.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Alemañí Martorell J, Villar Valdés R. *Oftalmología*. 4.^a ed. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2003.
2. López Espinosa JA. Contribución a la historia de la bibliografía cubana sobre Oftalmología. *ACIMED*. 2007;15(3). (Consultado el 17-03-2023.) Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/aci/v15n3/aci06307.pdf>.
3. Fouces Gutiérrez Y, González García TR, Fuentes Pelier D, Hodelín Tablada R, Fouces Gutiérrez Y, González García TR, et al. Evolución histórica del proceso de superación de los oftalmólogos en Cuba. *MEDI-SAN*. 2021;25:251-64.
4. Santiesteban Freixas R. Historia de la neurooftalmología. *Rev Cubana Oftalmol* 2005;18(2). (Consultado el 17-03-2023.) Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21762005000200007&lng=es&nm=iso&tlng=es.
5. Rúa-Martínez R, Estévez-Miranda Y, Chiang-Rodríguez C. Aportes de Juan Santos Fernández a la oftalmología. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2009;84:585-6.
6. De Armas Hernández N, Sierra Benítez EM, Pérez Ortiz L. Dr. Juan Santos Fernández Hernández. Eminente oftalmólogo matancero. *Rev Med Electron*. 2020;42:1964-70.
7. López Espinosa JA, López Serrano E, López Sánchez J. El doctor Juan Santos Fernández Hernández y la Crónica Médico-Quirúrgica de la Habana. *ACIMED*. 2002;10:93-101.
8. Amaro Cano MC. Juan Santos Fernández Hernández, "El Padre de la Oftalmología cubana". *Rev Calixto*. 2014;2(1). (Consultado el 20-03-2023.) Disponible en: <http://revcalixto.sld.cu/index.php/ahcgurn:nbn:-de:0000-ahcg.v2i1.21>.
9. Espinosa L, Antonio J. Las revistas médicas cubanas en la séptima década del siglo XIX. *Rev Cuba Salud Publica*. 2001;27:58-65.
10. Reguera Rodríguez R, Cárdenas González CZ, Mella Herrera L, Bolaño Ruiz F, Errasti García MJ, Díaz Martell Y. Matanzas: en los inicios de la Ciencia en Cuba. *Rev Med Electron* 2018;40(3). (Consultado el 26-03-2023.) Disponible en: <http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/2732/3871>.
11. Nodarse Hernández R. Juan Nicolás Dávalos y Betancourt, eminente bacteriólogo cubano. *Rev Cub Med Mil*. 2023;52(1). (Consultado el 26-03-2023.) Disponible en: <https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2183>.
12. Martínez Núñez VM. La historia de la epidemiología en Cuba durante el siglo XIX contada por la prensa médica. *EsTuSalud*. 2020;2(3). (Consultado el 26-03-2023.) Disponible en: <https://revestusalud.sld.cu/index.php/estusalud/article/view/42/38>.
13. Neri Vela R. Juan Santos Fernández, un médico cubano en México. *An Med (Mex)*. 2006;51:145-9.