

# Algunas notas sobre la acomodación, la refracción y la cicloplejía

Rafael Iribarren<sup>a</sup>, Abel Szeps<sup>b</sup>, Leonardo Fernández Irigaray<sup>c</sup>, Carlos Kotlik<sup>d</sup>, María Marta Galán<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Consultorio Dres. Iribarren, Buenos Aires, Argentina.

<sup>b</sup> Hospital Posadas, El Palomar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

<sup>c</sup> Consultorio Dr. Fernández Irigaray, Buenos Aires, Argentina.

<sup>d</sup> Hospital Pediátrico Dr. Humberto Notti, Mendoza, Argentina.

<sup>e</sup> Exjefe del Departamento de Oftalmología del Hospital de Niños, La Plata, Argentina.

**Recibido:** 1º de abril de 2023.

**Aprobado:** 19 de mayo de 2023.

## Autor corresponsal

Dr. Rafael Iribarren  
Arenales 981  
Buenos Aires, Argentina.  
rafairbarren@gmail.com

**Oftalmol Clin Exp** (ISSNe 1851-2658)  
2023; 16(2): e103-e108.

## Resumen

La acomodación es una forma de reflejo que, al ser mediado por muchas células, se llama sincinesia. Es involuntaria y producida por el hecho de que la retina es capaz de detectar el plano de la imagen sobre ella a partir de computar la sensibilidad al contraste de las diferentes longitudes de onda de los conos para el rojo y el azul. Ya que esta sincinesia involuntaria se asocia a la triada *acomodación + convergencia + miosis*, ella está siempre presente al refraccionar subjetivamente (o al hacer retinoscopia o realizar autorrefractometrías automáticas), y es importante tenerla en cuenta realizando una cicloplejía luego de hacer todas las pruebas subjetivas de anteojos y foria, tanto monoculares como binoculares, antes de prescribir artesanalmente anteojos, gotas o cirugía, según el mejor criterio médico en beneficio para el paciente. En este trabajo realizamos una revisión sobre conceptos actuales del tema y señalamos la importancia que tienen en el contexto del cuidado médico de la salud visual, tanto en población escolar como en los adultos, ya sean miopes o hipermétropes. Todos estos aspectos realzan el concepto de que los problemas refractivos se consideran actualmente condiciones pasibles de tratamiento médico.

**Palabras clave:** acomodación, refracción, cicloplejía, miopía, hipermetropía, presbicia.

## Accommodation, refraction and cycloplegia: a review

### Abstract

Accommodation is a type of reflex mediated by many cells and is thus called synkinesis. It is involuntary and produced by the fact that the retina is able to detect the plane of the image by computing the contrast sensitivity of the different wavelengths of the cones for red and blue. Since this involuntary synkinesis is associated with the triad *Accommodation + Convergence + Myosis*, it is always present when refracting subjectively (or when performing retinoscopy or automatic autorefraction), and must be taken into account by performing cycloplegia after all the subjective tests of spectacles and phoria have been tried, both monocularly and binocularly, before prescribing glasses, drops or surgery, according to the best medical criteria to benefit the patient. In this paper we review current concepts on the subject and point out their importance in the context of medical care of visual health, both in school children and in adults, whether myopic or hyperopic. All these aspects show us that refractive problems are now currently considered conditions for medical treatment.

**Key words:** accommodation, refraction, cycloplegia, myopia, hyperopia, presbyopia

### Algumas notas sobre acomodação, refração e cicloplegia

#### Resumo

A acomodação é uma forma de reflexo que, sendo mediada por muitas células, é denominada sincinese. É não intencional e produzido pelo fato de que a retina é capaz de detectar o plano da imagem sobre ela, calculando a sensibilidade ao contraste dos diferentes comprimentos de onda dos cones vermelho e azul. Como esta sincinesia involuntária está associada à tríade *acomodação + convergência + miose*, ela está sempre presente na refração subjetiva (ou na retinoscopia ou na autorrefratometria automática), e é importante levá-la em consideração realizando uma cicloplegia após fazer os testes subjetivos de óculos e foria, monolares e binoculares, antes de prescrever óculos artesanais, colírios ou cirurgia, de acordo com o melhor

critério médico para benefício do paciente. Neste trabalho fazemos uma revisão dos conceitos atuais sobre o tema e apontamos a importância que têm no âmbito dos cuidados médicos para a saúde visual, tanto na população escolar como em adultos, sejam eles míopes ou hipermetropes. Todos esses aspectos reforçam o conceito de que os problemas refrativos são atualmente considerados condições passíveis de tratamento médico.

**Palavras-chave:** acomodação, refração, cicloplegia, miopia, hipermetropia, presbiopia.

### Introducción

En este trabajo se revisarán aspectos importantes del proceso de acomodación y su impacto en la toma de la refracción, tanto en la población escolar como en los adultos, considerando los nuevos conocimientos que nos permiten comprender por qué se considera que los problemas de refracción son una condición a tratar desde un abordaje médico. Para tal motivo, describiremos aspectos generales de la acomodación, de la convergencia, de la refracción y del rol que tiene la retina en la acomodación, por un lado, y en la elongación del ojo, por el otro. Y además hablaremos de la importancia de la cicloplejía, sin dejar de lado lo que sucede con la hipermetropía fisiológica, que pareciera quedar opacada por la mayor información que tenemos en tiempos recientes sobre la epidemia de miopía.

### Acomodación

La acomodación es el proceso de adaptar la visión a las diferentes distancias de los objetos a los que se presta atención, y tiene como actores principales al cristalino con cambios de curvatura y posición provocados por el musculo ciliar. Sabemos hoy que este proceso forma parte de un complejo sistema de adaptación mucho más amplio que incluye también pequeños cambios en la curvatura corneal, en el espesor de la coroides y en la longitud del largo axial, además de cambios internos en el gradiente de índice de refracción del cristalino<sup>1-3</sup>. Este mecanismo estaría mediado

por el postulado núcleo de Perlia en el mesencéfalo, muy cerca del núcleo de Edinger-Westphal. Este mecanismo de acomodación es patrimonio de los niños y adultos jóvenes hasta la edad media de la vida. La acomodación permite también tener buena visión cuando hay errores de refracción hipertrópicos a esas edades, que en parte son causa de astenopía por su insuficiencia. Esta acomodación se altera con el tiempo por la precipitación y oxidación de las proteínas alfa, beta y gama cristalinas dando lugar a la presbicia básicamente por endurecimiento del cristalino<sup>4</sup>.

Se sabe que la acomodación no forma parte de un acto voluntario ya que el ciliar es músculo liso con receptores muscarínicos para acetilcolina. “Pero... ¿cómo es eso; acaso no enfocamos a voluntad?” diría alguien que se acerca al tema. En verdad podemos mover los ojos a voluntad con los músculos extraoculares voluntarios inervados con acetilcolina también pero con receptores nicotínicos. Podemos fijar la atención en un objeto de manera binocular a través de músculos extraoculares, pero la acomodación bilateral, generalmente simétrica, se hace sola, involuntariamente, de forma refleja. Esto es porque la retina paramacular detecta en centésimas de segundo si la imagen está cayendo en foco<sup>5</sup>. Entonces, a través del arco reflejo parasimpático del tercer par craneal los núcleos del tronco encefálico envían a los nervios ciliares las señales necesarias para una acomodación adecuada<sup>1</sup>. Todo esto ocurre lejos de la corteza, nuestra zona voluntaria.

## Acomodación y convergencia

La acomodación y la convergencia (para ver objetos cercanos) están en parte ligadas por una triada cuasi-refleja (sincinesia): acomodación, convergencia y miosis<sup>1</sup>. Aun así esta triada se puede desacoplar, como cuando miramos de cerca en divergencia lindas imágenes que se forman en 3D en los juegos de ilusiones ópticas. El sistema es tan dinámico que cuando un niño o joven con buena capacidad acomodativa mira en un autorrefractómetro común con un ojo hacia adentro del aparato y el otro a la carcasa del equipo, tiende a acomodar y converger automáti-

camente sin darse cuenta de que ve doble. Así, sin cicloplejía, los miopes parecen a la máquina más miopes, y los hipertrópicos menos hipertrópicos a causa de ese engaño acomodativo reflejo.

## Acomodación y refracción

Hay que evitar estos reflejos acomodativos que también se producen al refraccionar subjetivamente poniendo una montura de prueba y tapando un ojo. Ni bien se tapa el ojo, desaparece la binocularidad y un ojo tapado puede ir a una leve convergencia haciendo acomodar el ojo testeado, y así pasa que la refracción subjetiva de lejos sale mal. Es por eso que al refraccionar jóvenes y niños, lo primero es la retinoscopia estática con ambos ojos abiertos mirando a la distancia, para detectar en binocularidad si los ojos son miopes, hipertrópicos o astigmatas. Una vez ante un miope o un hipertrópico conviene alternar pruebas binoculares y monoculares. Todos conocemos las pruebas monoculares. En ellas tratamos de dar siempre la mayor adición positiva —o la menos negativa— que brinde la mejor agudeza posible de visión sin emborronamiento y viendo parejo el rojo y el verde en el test duocromo justamente para evitar esa acomodación refleja.

Las pruebas binoculares, menos conocidas, son simples. Mirando a lo lejos, a tres metros con la refracción subjetiva ya probada, se prueba agregar en un ojo +0,50 o -0,50 sin tapar el otro, para saber cómo ve mejor y cómo se siente más cómodo el paciente. Luego se repite lo mismo en el otro ojo. También después se pueden colocar dos probines de +0,50, uno con cada mano, con ambos ojos del sujeto mirando a lo lejos para ver si todavía está acomodando innecesariamente. En binocularidad, mirando así de lejos, se anula la acomodación ligada a la convergencia. Hay, por supuesto, pruebas más complejas que escapan a este análisis.

## Relevancia de la retina en la acomodación y en la elongación del ojo

Dijimos que la retina detecta si la imagen está cayendo en foco en milisegundos. Pero, ¿cómo lo

hace? La respuesta se la debemos en parte a Frank Schaeffel que investigó en Alemania durante 35 años en esta área después de descubrir que los pollos se volvían miopes si les ponían lentes negativos (e hipermétropes con los lentes positivos)<sup>6</sup>. Dedicó toda su vida a desentrañar este misterioso mecanismo y acaba de descubrir que la retina detecta el signo del blur comparando la sensibilidad al contraste de los conos S (azul) y los conos L (rojo)<sup>7-8</sup>. Esto es porque la longitud de onda del azul cae delante de la retina cuando el rojo y el verde están en el plano de los fotorreceptores. Hay casi una dioptría de diferencia (o aproximadamente 300 micrones de distancia) entre el foco de la luz azul y la del rojo en un ojo de 24 mm. Cada grupo de conos tiene sus propios campos receptivos y su propia sensibilidad al contraste. Así la retina en centésimas de segundo computa la sensibilidad al contraste del rojo y del azul y sabe si la imagen está en foco. A partir de allí envía al menos dos mensajes: uno para la acomodación y otro mucho más lento en los niños y jóvenes para elongar más el ojo si aún no ha terminado de crecer para su mejor distancia focal (emotropización)<sup>9</sup>. Frank Schaeffel descubrió esto en elegantes experimentos con sujetos jóvenes que miraban películas donde se había desenfocado alternativamente el pixelado del rojo o del azul con un *software* desarrollado en C++, demostrando que la retina se acerca o aleja del foco en pocos minutos moviéndose de 10 a 20 micras (medido con Lenstar)<sup>7-8</sup>. Sus experimentos están todos descritos en sus conferencias que pueden verse en internet<sup>8</sup>.

## Cicloplejía

A pesar de todos los esfuerzos que hagamos con *fogging* (emborronamiento), pruebas binoculares alternadas con pruebas monoculares y autorrefractometrías binoculares de campo amplio a un metro —como con el Plusoptix o el 2WIN (diseñados a partir del viejo *photoscreener* que sacaba fotos Polaroid y un prototipo presentado en ARVO a fines del siglo pasado también por Frank Schaeffel)<sup>10-11</sup>—, la acomodación involuntaria puede hacer que no demos con una buena

refracción, por lo que la cicloplejía se hace necesaria para una correcta prescripción. Dos gotas del agente ciclopléjico previa anestesia y la espera de 40 minutos hasta que la pupila no responda nos ayudan a conocer cuál es la refracción sin acomodación<sup>12</sup>.

Luego la prescripción del total de la cicloplejía o una refracción parcial que respete el tono acomodativo y la hipermetropía fisiológica es otra cuestión más artesanal sobre todo en los niños y adultos jóvenes hipermétropes<sup>13</sup>. Para ello hay que tener en cuenta si son estrábicos, endofóricos o exofóricos. La foria y la convergencia son muy importantes a la hora de recetar. Muchas veces recibimos adultos de 50 años desconformes de su receta de +2,00 para la presbicia y que tienen una no detectada exoforia de cerca con mala convergencia, y que andan bien con ortóptica. La presbicia también es una condición médica que afecta a toda la población adulta, ya que hoy puede tratarse con anteojos, lentes de contacto, gotas o cirugía tanto que la correcta prescripción depende del oftalmólogo<sup>14-16</sup>.

## Un defecto refractivo se considera actualmente una condición médica

Además del fenómeno acomodativo que hemos descrito, hoy en día sabemos de la *autonomía retinal*, una capacidad de la retina que en la región periférica o paramacular se ve fuertemente influenciada por rayos paraxiales de los anteojos que habitualmente recetamos de forma positiva o negativa. La óptica oftálmica está intrínsecamente asociada a la bioquímica, a la biología y a la fisiología. ¿Qué estamos queriendo decir?, ¿un antejo puede influir en la progresión de la patología refractiva?

En niños y jóvenes decididamente sí<sup>17</sup>. No hablamos ahora de corregir un defecto refractivo sino de tratar una condición médica que como tal requiere de la exclusiva actuación del oftalmólogo. La refracción es entonces un acto médico, pues con gotas o anteojos, entre tantas cosas, se puede modificar su evolución en el tiempo y ahora se la considera una enfermedad y no un vicio o defecto<sup>18</sup>. Ya hay anteojos que controlan la

progresión de la miopía<sup>19</sup> y pronto tendremos los que controlan la hipermetropía<sup>20</sup> haciéndola desaparecer más rápido en los niños en crecimiento. Como ya dijimos, estos diseños están basados en modular la imagen que cae alrededor de la fovea con desenfoque o filtrado.

## Hipermetropía

Finalmente deseamos explicar qué son la hipermetropía fisiológica y el tono acomodativo normal. A partir del año de edad y durante su infancia los niños sanos normales tienen una refracción ciclopléjica promedio de +1,25 dioptrías que va bajando a +0,75 y luego a +0,50 durante la adolescencia hasta llegar a la casi emetropía en la adultez joven en la mayoría de los casos<sup>9</sup>. Estos sujetos funcionan como emétopes por el tono acomodativo normal. Pero, ¿no es que cuando miramos al vacío el ciliar se relaja y el cristalino queda enfocado en el infinito como con la cicloplejía? No, de nuevo, no es así. En la completa oscuridad del cielo en la noche sin luna y sin ver más que estrellas en el vacío, los pilotos emétopes muestran en general visión borrosa pues el tono acomodativo sin estímulos visuales los pone miopes entre 0,75 y una dioptría<sup>21</sup>. Esto se sabía desde hace mucho y se volvió muy evidente desde que en los 40 empezaron los vuelos nocturnos en la guerra. Se comprobó con autorrefractómetros de campo abierto poniendo a los sujetos en la oscuridad un rato antes de medirlos y comparando con su refracción bajo cicloplejía<sup>22</sup>. Esta miopía nocturna o de campo vacío (*night myopia* or *empty field myopia*) es, como el nombre lo indica, una miopía transitoria en la oscuridad. Actualmente, en épocas de conducir automóviles a la noche, debemos tenerla más en cuenta. Muchos pacientes necesitan anteojos negativos solo a la noche o para manejar: son emétopes de día y miopes de noche.

Así el tono acomodativo normal de los jóvenes compensa la hipermetropía fisiológica. El mecanismo de emetropización nos ha llevado a estudiar uno de los fenómenos más bellos de la naturaleza<sup>9,23</sup>. Por lo tanto, sabiendo todo esto, para refraccionar las personas menores de 50 años

siempre conviene hacer todas las pruebas subjetivas descritas aquí, pero luego de esto también conviene hacer la cicloplejía para confirmar los hallazgos paralizando la acomodación, y recién entonces confeccionar la receta de los anteojos en el consultorio, para que a su debido tiempo el óptico cuide la elección del marco que sea más fácil de centrar en cada paciente.

## Conclusiones

La acomodación es un fenómeno fisiológico complejo y, a pesar de los avances que se están haciendo en neurociencias, aún hay muchos misterios que develar. Pero los factores que hoy conocemos nos permiten comprender la importancia que tienen aspectos como la convergencia, la cicloplejía, el rol de la retina y el efecto de la adecuada refracción, ya que un tratamiento adecuado e integrador puede modificar el desarrollo de una enfermedad o incluso prevenir su aparición. Por los aspectos tratados, se pone énfasis en el rol que tiene la visión en la salud general y las relaciones que existen con el sistema nervioso central. Todos estos aspectos realzan la importancia que tiene la adecuada prescripción de la corrección óptica para lograr una buena visión binocular, motivo por el cual se considera la refracción como una patología médica que deberá ser tratada como tal.

## Referencias

1. Barraquer R. Mecanismos de acomodación del ojo humano. En: Arias Puente A (ed.). *Cirugía de la presbicia*. Madrid: Sociedad Española de Cirugía Ocular Implanto-Refractiva (SECOIR), 2010.
2. Maceo BM, Manns F, Borja D *et al*. Contribution of the crystalline lens gradient refractive index to the accommodation amplitude in non-human primates: in vitro studies. *J Vis* 2011; 11: 23.
3. Iribarren R. Crystalline lens and refractive development. *Prog Retin Eye Res* 2015; 47: 86-106.

4. Truscott RJ. Presbyopia: emerging from a blur towards an understanding of the molecular basis for this most common eye condition. *Exp Eye Res* 2009; 88: 241-247.
5. Panorgias A, Aigbe S, Jeong E *et al.* Retinal responses to simulated optical blur using a novel dead leaves ERG stimulus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 1.
6. Schaeffel F, Glasser A, Howland HC. Accommodation, refractive error and eye growth in chickens. *Vision Res* 1988; 28: 639-657.
7. Swiatczak B, Schaeffel F. Emmetropic, but not myopic human eyes distinguish positive defocus from calculated blur. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62: 14.
8. Schaeffel F. Functional changes in the myopic retina interfere with emmetropization. En: Ohio State University. College of Optometry. Richard and Leonora Hill Lecture Series, 2023. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=OY5aYOzPmPc>
9. Rozema J, Dankert S, Iribarren R. Emmetropization and non-myopic eye growth. *Surv Ophthalmol* 2023; *en prensa*.
10. Schaeffel F, Weiss S, Seidel J. How good is the match between the plane of the text and the plane of focus during reading? *Ophthalmic Physiol Opt* 1999; 19: 180-192.
11. Seidemann A, Schaeffel F. An evaluation of the lag of accommodation using photorefractometry. *Vision Res* 2003; 43: 419-430.
12. Morgan IG, Iribarren R, Fotouhi A, Grzybowski A. Cycloplegic refraction is the gold standard for epidemiological studies. *Acta Ophthalmol* 2015; 93: 581-585.
13. Jacobs DS, Afshari NA, Bishop RJ *et al.* *Refractive errors*. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2022. (Preferred practice pattern).
14. Renna A, Alió JL, Vejarano LF. Pharmacological treatments of presbyopia: a review of modern perspectives. *Eye Vis (Lond)* 2017; 4: 3.
15. Orman B, Benozzi G. Pharmacological treatments for presbyopia. *Drugs Aging* 2023; 40: 105-116.
16. Vejarano, F, Alió J, Iribarren R. Review of pharmacological treatments for presbyopia. *Curr Ophthalmol Rep* 2023; 11: 13-19.
17. Charman WN, Radhakrishnan H. Peripheral refraction and the development of refractive error: a review. *Ophthalmic Physiol Opt* 2010; 30: 321-238.
18. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA *et al.* Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016; 123: 1036-1042.
19. De Tomas M, Kotlik C, Szeps A *et al.* Nuevos anteojos para control de la miopía. *Oftalmol Clin Exp* 2022; 15: e240-e243.
20. Beasley IG, Davies LN, Logan NS. The effect of peripheral defocus on axial growth and modulation of refractive error in hyperopes. *Ophthalmic Physiol Opt* 2022; 42: 534-544.
21. Bouman MA, Van Den Brink G. On night myopia. *Ophthalmologica* 1952; 123: 100-113.
22. Leibowitz HW, Owens DA. Night myopia and the intermediate dark focus of accommodation. *J Opt Soc Am* 1975; 65: 1121-1128.
23. Swiatczak B, Schaeffel F. Myopia: why the retina stops inhibiting eye growth. *Sci Rep* 2022; 12: 21704.