

Sistema acomodativo y vergencial en niños miopes

Ana Rita P. S. Martins, MSc¹.

David P. Piñero, PhD². Coleg, 11.103

¹Alumna del Máster Últimos avances en terapia visual. Universidad de Valencia. Ortopista en Psicose y Anóptica, Setúbal, Portugal.

²Grupo de Óptica y Percepción Visual (GOPV). Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante, España.

1. Resumen

Siendo la miopía un problema de salud pública debido al aumento de su prevalencia, han surgido especialmente en los últimos años diversos estudios sobre los factores que pueden influir en su prevalencia. Los principales factores referidos en la literatura son los genéticos y ambientales, entre los cuales se destacan las actividades de cerca y las actividades exteriores. A pesar de que existen líneas de investigación diferentes, el tiempo empleado en las actividades de cerca, en especial en la lectura, parece estar asociado con el incremento de la miopía. Como para una lectura con visión nítida y simple, entran en juego el sistema acomodativo y vergencial, este trabajo tiene como objetivo hacer una revisión de la literatura sobre las características de estos dos sistemas en niños miopes.

Palabras-clave: Miopía, acomodación, vergencias, relación AC/A, niños.

Puntos clave

1. Los niños miopes presentan un LAG significativamente mayor que aumenta con la demanda, comparativamente con los emétopes. Este LAG precede la miopía y se mantiene después de su inicio, juntamente con un AC/A aumentado.
2. La sensibilidad a la borrosidad (*blur sensivity*) suele estar alterada en miopes hallándose normalmente más reducida. Esto puede contribuir a respuestas de acomodación menos estables en los ojos miopes.
3. Existe una influencia de la miopía en la adaptación vergencial en actividades de cerca, tanto en endoforias como exoforias, siendo los miopes los que presentan un mayor cambio divergente en la adaptación vergencial comparativamente a los emétopes.
4. La magnitud del cambio acomodativo en respuesta a un cambio vergencial parece ser mayor en los miopes que en los emétopes, dependiendo más de pistas vergenciales que de pistas de enfoque para generar respuestas acomodativas precisas.
5. A pesar de existir cambios acomodativos y vergenciales asociados al ojo miope, estos no son la causa de la progresión, sino un cambio asociado a este proceso. Por tanto, no hay evidencia que la terapia vergencial-acomodativa sea útil para evitar la aparición ni controlar la progresión de la miopía.

2. Introducción

El aumento de la prevalencia de la miopía hace con que hayan surgido diversos estudios sobre los factores que pueden desencadenar su inicio, o aumentar su progresión. Los factores genéticos no son suficientes para justificar el aumento de prevalencia, por lo que también se han estudiado los factores ambientales. Dentro de los factores ambientales, las actividades de cerca (tiempo empleado en realizarlas/ distancia de trabajo) son apuntadas como unos de los principales factores que pueden contribuir a la aparición de la miopía en niños¹. Considerando que, para una lectura con visión nítida y simple, es necesaria la activación de los sistemas acomodativo y vergencial, han sido realizados diversos estudios sobre las características de estos sistemas en niños miopes.

2.1. Sistema acomodativo

Desde mediados del siglo XIX han surgido investigaciones sobre la relación entre la progresión de la miopía y acomodación², siendo la acomodación considerada como una causa y solución de la miopía en niños³.

Galvis *et al.*,⁴ en su trabajo de revisión bibliográfica, verificó que han sido propuestos diversos mecanismos para explicar la posible relación entre la acomodación y el desarrollo de la miopía. Entre todas, hay una hipótesis que indica que la presencia de un retraso acomodativo en cerca, al provocar borrosidad hipermetrópica en la fovea, estimula el crecimiento axial del ojo, siendo a día de hoy la más utilizada como base de investigación por diversos autores^{3,5-10}. De esta forma, los estudios sobre la relación entre acomodación y progresión de miopía se han enfocado más en el retraso acomodativo (LAG). El LAG se puede definir como la diferencia entre la respuesta acomodativa y la demanda acomodativa⁵. En general, durante una tarea de cerca, la respuesta acomodativa tiende a ser menor que la demanda acomodativa; todavía diversos estudios indican que niños miopes presentan un LAG acomodativo mayor que niños no miopes, por lo que han investigado si este parámetro puede ser un factor predictivo de la miopía⁹ o si contribuye para la progresión de la miopía^{5,7,10}.

2.2. Sistema vergencial

Para que el sistema visual pueda funcionar de forma correcta y se obtenga visión única y nítida, además de una acomodación precisa, también es imprescindible que el sistema oculomotor proporcione alineamiento y fusión, a través de las vergencias. La acomodación y las vergencias están estrechamente conectadas a través de los "cross-links" neuronales: convergencia acomodativa por dioptría de acomodación (AC/A) y convergencia acomodativa por dioptría de convergencia (CA/C)³.

Esta interacción se encuentra ilustrada en la *figura 1*, en la cual se observa que cambios en la borrosidad o disparidad provocan una respuesta por parte de los

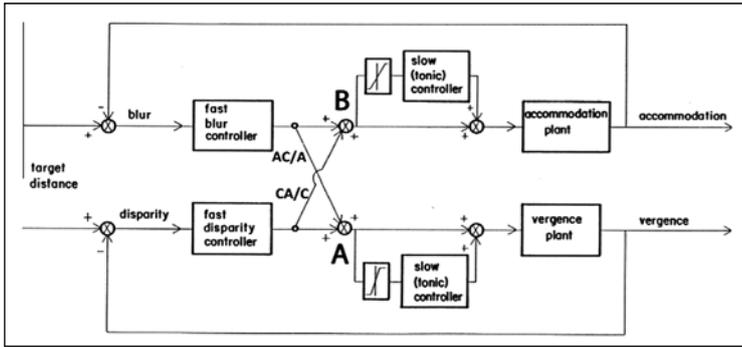


FIGURA 1

Acomodación y vergencias representadas como dos sistemas de feedback negativo, los cuales actúan para mantener la visión nítida y simples, respondiendo a cualquier perturbación en la borrosidad o disparidad. (A) Representa la suma de las inervaciones del AC/A y la disparidad de vergencia. (B) Define lo mismo para el CA/C y acomodación. (Adaptado del artículo de Sreenivasan, Irving y Bobier, 2014).³

elementos reflejos o fásicos de la acomodación o vergencias, respectivamente. Cuando la fijación es prolongada, las inervaciones reflejas son reemplazadas por las tónicas que también contribuyen para atenuar tanto la relación AC/A como la CA/C.³

Los autores Sreenivasan, Irving y Bobier³ indican que para comprender el comportamiento acomodativo en niños miopes, no podemos olvidar esta interacción con el sistema vergencial, relación AC/A, así como las forias. La relación AC/A madura temprano y cambia poco a la edad adulta, aunque puede ser alterada por factores como el error refractivo⁸, siendo la miopía un factor muy estudiado.

Así, considerando el papel del sistema acomodativo y vergencial en la lectura y actividades de cerca y su influencia en la miopía, este trabajo tiene como objetivo hacer una búsqueda bibliográfica sobre este tema, para conocer mejor el sistema acomodativo y vergencial de los niños miopes, analizando la acomodación, vergencias y relación entre ambas.

3. Metodología

Para hacer la búsqueda bibliográfica se ha utilizado la base de datos *PubMed*, así como *Google Académico*. En *PubMed* se ha ajustado la búsqueda mediante límites a través de *PubMed Advanced Search Builder*.

Los términos y filtros utilizados están indicados en la *tabla 1*.

También se ha hecho una búsqueda en la página Web del *Pediatric Eye Disease Investigator Group* (PEDIG: <https://public.jaeb.org/pedig/pubs>), en la cual se ha encontrado el "*Protocol COM02 - Correction Of Myopia Evaluation Trial 2*", con dos artículos publicados. Se ha seleccionado uno.

Sí el título y/o el resumen del artículo fuesen relevantes para el tema, se seleccionaba y se leía el artículo completo. Se ha dado prioridad a los estudios con muestras de niños. Adicionalmente, han sido consultados algunos artículos citados por los autores de artículos seleccionados, con un límite máximo de 11 años.

Criterios de exclusión: artículos sobre lentes de contacto, gafas bifocales, atropina, o cualquier otro tipo de medicación y/o tratamiento.

4. Resultados

Los diversos estudios sobre la miopía y acomodación se reparten entre el estado de la acomodación o interacción acomodación-vergencias y su influencia en el inicio o en la progresión de la miopía, analizando la mayoría el efecto del retraso acomodativo (LAG) antes y después de la miopía, y otros también la relación AC/A. ↪

TABLA 1

Términos, palabras clave y filtros utilizados en la búsqueda bibliográfica.

PubMed					
Términos (MeSH)		Términos (MeSH)	Filtros	Total de artículos	Total de artículos seleccionados
Miopía	AND	Acomodación, ocular	5 años (22/04/2014 hasta 20/04/2019)	90	15
AC/A	OR	Acomodación, lentes			
AC/A	AND	Miopía	10 años (23/05/2009 hasta 20/05/2019)	25	1 (seleccionado el artículo sugerido en <i>Best match</i>)
Vergencia fusional	AND	Niños miopes	10 años (04/06/2009 hasta 01/06/2019)	4	2
Google Académico					
		Sydney Myopia Study	4 años (desde 2015)	5210	4 (algunos repetidos y previamente seleccionados en <i>PubMed</i>)

↪ En relación a la evidencia científica, la mayoría de los estudios son longitudinales, existiendo un número reducido de meta-análisis y ensayos clínicos controlados y aleatorizados.

4.1. Acomodación

En la *tabla 2* se presentan las características a nivel de metodología y conclusiones de los estudios seleccionados que enfocaron su análisis en el LAG. Además de los diversos estudios que indican que los miopes jóvenes presentan respuestas acomodativas reducidas, también refieren la presencia de una adaptación acomodativa elevada. La adaptación acomodativa puede ser definida como la diferencia entre la acomodación tónica pre y post-tarea sostenida. En el caso del estudio de Sreenivasan, Irving y Bobier³, la adaptación acomodativa fue calculada haciendo la medición de la acomodación tónica antes y después de fijar un *cartoon* a 33 cm (con lentes esféricas desde +2,00D hasta -2,00D en intervalos de 1,00D). Verificaron que los niños miopes presentaron una adaptación acomodativa significativamente mayor después de fijar a través de lentes negativas, comparativamente a los niños emétopes (p=0,01), pero tuvieron una adaptación similar cuando fijaron a través

de lentes positivas (p=0,60). En relación a los miopes con endoforia, con las lentes de +2,00D demostraron una adaptación acomodativa significativamente mayor (más miópica) comparativamente con los otros grupos (p<0,01). En su trabajo, sugieren que la adaptación acomodativa se haya más influenciada por la foria de cerca que por la presencia o no de miopía. Asimismo, otro estudio demostró que el tipo de foria no tenía efectos significativos en la adaptación acomodativa entre emétopes y miopes¹². También la sensibilidad a la borrosidad (*blur sensitivity*) suele estar alterada, siendo más reducida en miopes. Esta alteración sólo ocurre en monocular, pero no en binocular, debido al efecto de la sumación binocular¹³.

4.2. Vergencias

Una respuesta prolongada de vergencia fusional rápida (sea convergencia o divergencia) genera una adaptación vergencial. A su vez, esta adaptación provoca cambios en la foria en la misma dirección de la demanda de vergencia fusional compensatoria¹². Una vez que las actividades de cerca generan la activación de la acomodación pero también de las vergencias, Sreenivasan, Irving y Bobier³ evaluaron el efecto de las lentes positivas y negativas

TABLA 2

Estudios seleccionados referentes al LAG y miopía.

Autor/año	Metodología					Conclusión
	Tipo de estudio	Muestra (N)	Edad	Miopía (Equiv. Esférico)	Datos recogidos	
Mutti <i>et al.</i> (2006) ⁹	Longitudinal (10 años). CLEERE Study Group - Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error (5 años antes y 5 años después del inicio de miopía)	568 que quedaron miopes y 539 emétopes	6-15 años	Mínimo -0,75 D	- Error refractivo bajo cicloplejia. - LAG (con autorefractómetro (AR); observar estímulo acomodativo de 4,00D o 2,00D, con sistema óptico Badal).	- No hubo diferencias sustanciales del LAG antes del inicio de la miopía, entre niños que quedaron miopes y emétopes - LAG elevado después del inicio de la miopía - Sugieren que el desenfoque hipermetrópico derivado del LAG puede ser más una consecuencia que una causa de la miopía.
Berntsen <i>et al.</i> Y The CLEERE Study Group (2011) ¹⁰	Longitudinal (10 años)	592 niños miopes	6-14 años	Mínimo -0,75 D	- Error refractivo bajo cicloplejia (AR). - LAG con estímulo 4,00D, sistema Badal .	- No hubo asociación entre el LAG y progresión de la miopía de inicio juvenil - Sugieren que la contribución del LAG para la progresión de miopía no es clínicamente significativa para los niños miopes en general
Koomson <i>et al.</i> (2015) ⁵	Longitudinal (1 año)	75 niños con miopía progresiva	10-15 años	-1,25 D hasta -4,50 D	- Error refractivo bajo cicloplejia (AR). - LAG (AR de campo abierto). - Biometría.	- No se verificó una correlación entre la progresión de miopía y LAG reducido o elevado en niños con un valor medio de miopía de -1,98D. - Sugieren que el LAG reducido no disminuye la tasa de progresión de miopía después de su inicio. - No hubo correlación entre alteración en la biometría (longitud axial y profundidad de la cámara vítrea) y LAG.
Labhishetty, y Bobier (2017) ¹¹	Encuesta comparativa	12 niños (6 emétopes, 6 miopes) Y 6 adultos (4 miopes y 2 emétopes)	8-13 años 20-35 años	Entre -1,25D y -7,00D (bajo cicloplejia)	-Acomodación estática y dinámica (medido a través de un sistema óptico Badal). - CA/C. - AC/A (método gradiente). - Adaptación acomodativa.	- Niños miopes presentan un LAG significativamente mayor que aumenta con la demanda. - Latencia y tiempo de respuesta acomodativa no fueron diferentes entre miopes y emétopes. - AC/A elevado. - Elevada adaptación acomodativa. - CA/C sin alteraciones.

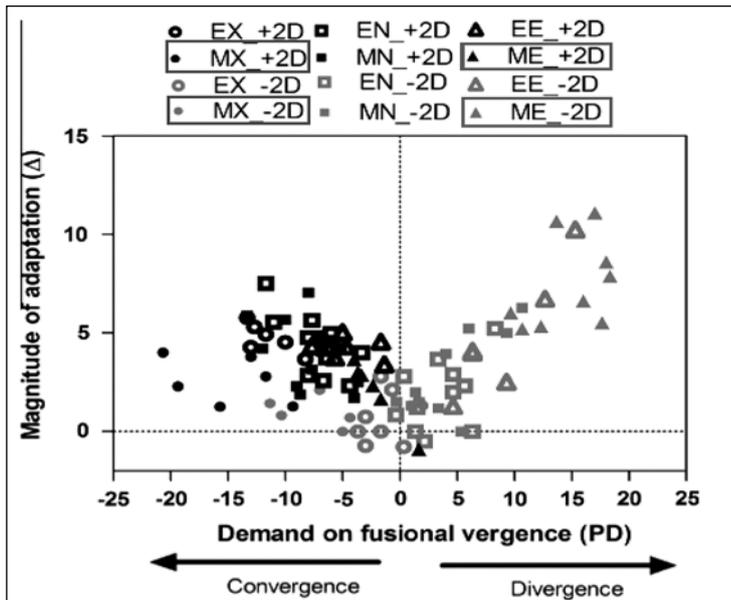


FIGURA 2

Adaptación vergencial resultante de la adición binocular de +2,00D y -2,00D para el grupo de emétopes (E) y miopes (M) divididos por la categoría de foria (N - ortoforia, X - exoforia, E - endoforia). La adaptación vergencial resultante de la suma de la actividad refleja generada por la adición de cerca y el AC/A, y la vergencia refleja requerida para compensarla. Los datos están separados en la dirección de la vergencia fusional necesaria para compensar la endo- o exoforia resultante³.

binocularmente en las forias, evaluando la adaptación vergencial (figura 2).

Las lentes positivas relajan la acomodación y la convergencia acomodativa, por lo que resultaron en una exoforia relativa, la cual disminuyó en todos los niños (miopes y emétopes) después de una tarea

sostenida. Verificaron que para cada grupo de foria (endo- o exoforia) los niños miopes presentaron una adaptación vergencial significativamente menor cuando comparaban con el grupo de emétopes. Con las lentes negativas, las cuales inducen la acomodación y la convergencia acomodativa, verificaron ↪

TABLA 3

Estudios seleccionados referentes a las forias, vergencias y miopía.

Autor/ año	Metodología				Conclusión	
	Tipo de estudio	Muestra (N)	Edad	Miopía (Equiv. Esférico)		
Jang, Park y Jang (2016) ¹⁴	Encuesta descriptiva	136 niños miopes (todos los participantes con síntomas de disfunciones binoculares).	8-13 años 2 grupos: 8-10 y 11-13 años	Por lo menos -0,50 D	<ul style="list-style-type: none"> - Error refractivo (sin ciclopejía) con AR y refracción subjetiva (foróptero). - Punto próximo de convergencia (PPC) estímulo acomodativo. - Foria lejos/cerca (técnica de von Graefe). - Vergencias fusionales lejos/cerca (foróptero) 	<ul style="list-style-type: none"> - No se verificaron correlaciones estadísticamente significativas entre edad y PPC, foria horizontal de cerca y divergencia de cerca; excepto con convergencia en cerca (p=0,025) - Grado de miopía sin correlación significativa con foria de cerca y vergencias fusionales.
Anders on et al (2011) ¹⁵	Longitudinal (10 años) Ensayo clínico multicéntrico. University of Houston Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET) cohort.	114 sujetos	7-13 años (en el primer año del follow-up)	Error refractivo de -1,25 D hasta -4,50 D	<ul style="list-style-type: none"> - Error refractivo (bajo ciclopejía). - Foria lejos/cerca (cover test). - Distancia interpupilar. - Vergencias fusionales (barra de prismas). - PPC (estímulo acomodativo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Convergencia (lejos y cerca) disminuyó de forma estadísticamente significativa (p<0,001) en 10 años en todos los niños; divergencia en lejos aumentó en 10 años (diferencia significativa estadísticamente p=0,04, pero no clínicamente) - Foria de cerca cambió de forma significativa en 10 años: se volvió más exofórica (4ª en 10 años, p<0,001). - No hubo ningún cambio significativo en PPC a lo largo del tiempo (p = 0.3).
Leone et al. (2010) ¹⁶	Transversal-Encuesta descriptiva The Sydney Myopia Study (entre 2003 y 2005)	4.093 niños 2 grupos: 6 años N=1.692 y 12 años N=2.289	5,5-8,1 años (en el primer año del follow-up)	Por lo menos -0,50 D	<ul style="list-style-type: none"> - Error refractivo en AR bajo ciclopejía. - Foria lejos/cerca (Cover test). 	<ul style="list-style-type: none"> - Proporción de miopía mayor en los niños de 12 años (12,3%) comparativamente a los de 6 (1,4%). - Exoforia: tipo de foria predominante en cerca para todos los niños. - La miopía se asoció con exoforia en cerca (OR 2,1; IC 1,5 - 2,7) y lejos (OR 3,1; IC 2,1 - 4,4), sólo en el grupo de 12 años.

↪ que las mismas provocaron una endoforia al inicio que después disminuyó (recuperación de la foria-adaptación vergencial) significativamente con el tiempo en todos los grupos ($p < 0,05$), excepto en el grupo de emétopes con exoforia.

Los mismos autores, en otro estudio¹², verificaron que la adaptación vergencial era dependiente de la magnitud y dirección de la vergencia fusional refleja, o sea, por ejemplo un exofórico va a necesitar un aumento en la convergencia fusional compensatoria, lo que resulta en una adaptación vergencial convergente, con el objetivo de obtener visión binocular única. Así cuanto mayor la foria base, mayor es la cantidad de vergencia fusional necesaria para compensar la foria, lo que resulta en una mayor adaptación vergencial.

Otro estudio también encontró los mismos resultados, verificando que, tanto en emétopes como miopes, la adaptación vergencial se correlaciona significativamente con la vergencia fusional asociada al tipo de prisma escogido. Si el prisma es de menor valor, genera una demanda menor de vergencia fusional y luego una menor adaptación vergencial³. Verificaron

que al fijar a través de un prisma de 10^A Base Externa a 4m de distancia, ocurría un aumento significativo de la exoforia ($p < 0,001$) en los miopes y emétopes. Asimismo, la fijación binocular prolongada redujo significativamente la exoforia ($p < 0,001$) en los dos grupos, lo que indicaba una adaptación vergencial (resultado de un cambio de la vergencia tónica para una posición más convergente).³

Además, estos autores constataron una influencia de la miopía en la adaptación vergencial en actividades de cerca, tanto en endoforias como exoforias, siendo los miopes los que presentaron un mayor cambio divergente (o menos convergente) en la adaptación vergencial comparativamente a los emétopes¹².

En la *tabla 3* se presentan los resultados de los artículos seleccionados sobre forias, vergencias fusionales y otras medidas del sistema binocular en niños miopes.

4.3. Relación convergencia acomodativa-acomodación (AC/A)

En la *tabla 4* se presentan las características a nivel de metodología y conclusiones de los estudios seleccionados que enfocaron su análisis en la relación AC/A.

TABLA 4

Estudios seleccionados referentes a relación AC/A y miopía.

Autor/ año	Metodología					Conclusión
	Tipo de estudio	Muestra (N)	Edad	Miopía (Equiv. Esférico)	Datos recogidos	
Gwiazda, Thorn & Held (2005) ⁷	Longitudinal (3 años).	80 niños	6-18 años	Por lo menos -0,50 D	- Error refractivo (retinoscopiad e lejos, sin cicloplejia). - Acomodación y forias (4 m/33 cm). - AC/A (método calculado).	- Niños emétopes que quedaron miopes tienen AC/A elevados y acomodación reducida, las cuales preceden al inicio de la miopía en, al menos, dos años.
Mutti et al (2017) ⁸	Longitudinal (10 años) CLEERE Study Group. (5 años antes y 5 años después del inicio de la miopía).	698 niños	6-14 años	Por lo menos -0,75 D	- AR (cicloplejia). - AC/A calculado en base a la respuesta acomodativa evaluada por un AR de campo abierto; calculado como un cambio en la vergencia (Δ) por unidad de cambio en la respuesta acomodativa entre el estímulo 0 D y 4 D. - Cuestionario de actividades de cerca.	- AC/A más elevado en niños que quedan miopes, comparando con niños emétopes, 4 años antes del inicio de la miopía, permaneciendo elevado y estable durante los 5 años siguientes. - AC/A elevado relacionado con: elevada proporción de endoforia en cerca en niños que quedaron miopes y LAG. - No hay asociación entre AC/A y tasa de progresión de miopía, independientemente del nivel de trabajo de cerca.
Price et al. (2013) ⁶	Longitudinal (2 años). Ensayo clínico Cambridge Anti-Myopia Study.	142 sujetos	14-21 años	Mínimo -0,75 D	- AR (cicloplejia). - Aberración esférica. - LAG. - AC/A. - Flexibilidad acomodativa monocular. - Biometría.	- AC/A y LAG correlacionados de forma significativa con la progresión de miopía ($p=0.01$). - Flexibilidad acomodativa no relacionada de forma significativa con la progresión de la miopía.
Sreenivasan, Irving y Bobier (2014) ³	Encuesta comparativa	53 sujetos (28 miopes, 25 emétopes)	7-15 años	Entre -0,75 D y -6,00 D	- Refracción con cicloplejia. - AC/A. (método gradiente) y CA/C. - Miopes y emétopes agrupados según su foria de cerca (ortoforia, exoforia y endoforia).	- Miopes presentan un AC/A elevado, adaptación acomodativa elevada, pero adaptación vergencial reducida. - AC/A dependiente de la foria de cerca (endoforias presentan AC/A más elevados, tanto en miopes como emétopes). - LAG elevado en miopes con endo y exoforias. - CA/C similar a niños no miopes.

Maillelo *et al.*¹⁷ con el objetivo de evaluar la sinergia que existe entre el sistema acomodativo y vergencial, han analizado la influencia del error refractivo en la interacción acomodación-vergencia en un aparato estereoscópico. A pesar de haber sido realizado este estudio en adultos (N=21, 9 miopes, 22-31 años), verificó que las respuestas de acomodación y vergencias se encuentran "interrumpidas" en las pantallas de realidad virtual tanto en emétopes como miopes. Asimismo, verificaron que: 1) las respuestas de acomodación son menos estables en los miopes, posiblemente debido a una menor sensibilidad al desenfoque, tal como es referido por otros autores¹³; 2) la magnitud del cambio acomodativo en respuesta a un cambio vergencial fue significativamente mayor en los miopes que en los emétopes, lo que sugiere una relación acomodación-vergencias más fuerte en los miopes en condiciones de información con borrosidad degradada.

Estos autores indican que este hallazgo puede estar relacionado con una sensibilidad reducida a la borrosidad presente en los miopes, por lo que dependen más de pistas vergenciales que de pistas de enfoque para generar respuestas acomodativas precisas.

5. Discusión

Los estudios realizados sobre la acomodación se centran en el LAG. En la revisión realizada, han sido seleccionados tres estudios longitudinales (estudios de una cohorte) y una encuesta comparativa. En todos los estudios seleccionados, la evaluación del LAG ha sido realizada a través de medidas objetivas con un AR de campo abierto, el *Gold Standard* para medición de la acomodación, lo cual permite la creación de demandas acomodativas específicas a través de la colocación de objetivos reales¹⁸.

Los estudios desarrollados por el *CLEERE Study Group* han analizado, entre otros factores, la influencia del LAG en la miopía, 5 años antes de su inicio y 5 años después. Así verificaron que, a pesar del LAG ser indicado como posible causa de miopía, no tiene relación con su inicio⁹. Incluso, un año o más después del inicio de la miopía, detectaron un aumento del LAG. A su vez, se ha analizado el efecto del LAG en la progresión de la miopía de inicio juvenil, pero también aquí se ha fallado en encontrar una relación. Berntsen *et al.*¹⁰ sugieren que la contribución del LAG para la progresión no es clínicamente significativa para los niños miopes en general, siendo el LAG apuntado por Mutti *et al.*⁹ más como una consecuencia de la miopía que una causa, indicando que es poco probable que un LAG elevado sea un factor predictivo útil para el inicio de la miopía.

Pero si hay un aumento del LAG después del inicio de la miopía que se mantiene varios años, ¿qué pasará en los niños con miopía progresiva y un LAG reducido? En respuesta a esta cuestión, tenemos el estudio de Koomson *et al.*⁵, estudio longitudinal con la duración de un año, en el cual se ha analizado el

LAG en 75 niños con miopía progresiva. Verificaron que la tasa de progresión de miopía no fue significativamente diferente entre niños con LAG reducido o aumentado ($p=0,64$). De todos modos, hay que tener cautela en la hora de considerar estos resultados, ya que estos autores utilizaron el valor medio del LAG en la primera cita ($+0,57$ D) y a partir de ahí consideraron un LAG aumentado cuando $\geq +0,57$ D y reducido $< +0,57$ D, siendo diferente de los valores habituales considerados como estándar (LAG elevado $< +1,00$ D y reducido $< +0,25$ D)¹⁹. Sin embargo, sus resultados refuerzan los hallazgos referidos anteriormente, no siendo verificada una correlación entre la progresión de miopía y el LAG.

A pesar de no verificarse una relación consistente entre el LAG aumentado y una mayor progresión de miopía, Labhishetty y Bobier¹¹ verificaron que los niños miopes presentan un LAG significativamente mayor que aumenta con la demanda, comparativamente con los emétopes. Por otro lado, Berntsen *et al.*¹⁰ observaron que la cantidad de trabajo de cerca no tiene influencia significativa en el LAG acomodativo, indicando que las influencias ambientales no interactúan con el LAG para acelerar la progresión de miopía. Hay que tener en cuenta que estos autores indican que no hubo un control en la utilización de la corrección refractiva, por lo que no se sabe si los niños la llevaban todo el tiempo o si la usaban al realizar trabajos en cerca, lo que puede afectar al LAG y consecuentemente puede alterar los resultados obtenidos.

En relación al uso de corrección refractiva, Mutti *et al.*⁹ verificaron que en cerca los niños que llevan una corrección pueden mostrar un mayor LAG una vez que tienen una mayor demanda de acomodación que aquellos sin corrección. Sugieren que los niños miopes sin corrección refractiva pueden estar expuestos a un menor desenfoque hipermetrópico que los niños emétopes durante el desarrollo de miopía clínicamente significativa, si realizan tareas que incluyen pasar una gran parte del tiempo en distancias intermedias, ya que en esa distancia hay una disminución de la demanda acomodativa y consecuentemente del LAG. Así, conforme a esto, indican que el LAG aumentado puede ser una consecuencia de la miopía por un simple desuso de la acomodación, una vez que la miopía no corregida disminuye la necesidad de una acomodación precisa, lo que suprime la respuesta acomodativa. Sin embargo, una vez corregida la miopía, esta respuesta acomodativa reducida debería desaparecer y no es así. De hecho, el LAG se mantiene elevado durante años después del inicio de la miopía en los niños que llevaron corrección óptica. Diversas teorías han sido propuestas, una de ellas la presencia de un déficit sensorial que hace que los miopes no consigan apreciar plenamente el desenfoque provocado por su elevado LAG⁹, existiendo otros que sugieren que la sensibilidad reducida al desenfoque puede aumentar su ↵

↪ profundidad de foco, llevando así a una respuesta acomodativa reducida¹¹.

Con relación a las vergencias, se han encontrado pocos artículos con un grado de evidencia científica elevada. Se han seleccionado, por grado de evidencia creciente: dos encuestas descriptivas y un ensayo clínico multicéntrico (*COMET Cohort*).

Jan, Park y Jang¹⁴ seleccionó una muestra de niños coreanos miopes con síntomas compatibles con disfunciones binoculares, que dividió en dos muestras de acuerdo con la edad. Sus resultados verificaron sólo una correlación estadísticamente significativa entre la edad y el valor de ruptura de convergencia en cerca, lo cual fue mayor en niños mayores ($p=0,025$). A su vez, no verificó una correlación entre la foria/vergencias fusionales de cerca y el grado de miopía. Sin embargo, observaron que las reservas de convergencia y divergencia mejoraban con la edad. Sin embargo, su estudio presenta diversas limitaciones: sesgo de selección de la muestra ya que la muestra no era aleatorizada y se hallaba constituida sólo por niños con síntomas, error refractivo medido sin cicloplejia, y evaluación de las forias y vergencias en el foróptero, lo que puede alterar los resultados obtenidos ya que la acomodación proximal puede aumentar el grado de convergencia a través de la convergencia acomodativa. Por tanto, hay que tener precaución al considerar y generalizar sus resultados.

Por lo contrario, otra encuesta descriptiva analizó la prevalencia de heteroforias y su relación con el error refractivo en una muestra escolar aleatorizada estratificada de 4093 niños. Dividió su muestra en dos grupos de 6 y 12 años. Verificó que los niños miopes en el grupo de 12 años eran significativamente más propensos a ser exofóricos en cerca que los niños emétopes (evaluación de las forias con cover test y barra de prismas). En el grupo de 6 años, esta asociación no fue evidente ya que muy pocos niños tenían miopía. Hay que considerar que a pesar de que estos autores verificaran que las heteroforias disminuían con la corrección refractiva (gafas) en la mayoría de los casos (aprox 85%), los valores de heteroforias considerados en el estudio se midieron sin la corrección refractiva.

Con resultados similares se haya el estudio longitudinal *University of Huston COMET Cohort*, un ensayo clínico multicéntrico, en el que se realizan medidas de diversos parámetros de la visión binocular durante un período de 10 años¹⁵. Estos autores evaluaron 114 niños miopes y verificaron que la foria de cerca se volvió más exo en 10 años (foria media 2,4^Δ endoforia en el 1º año), siendo este cambio estadísticamente significativo (4^Δ en 10 años, $p<0,001$). Además de un aumento de la exoforia, también se observó una disminución estadísticamente significativa ($p<0,001$) de los rangos de convergencia (lejos y cerca). Los rangos de divergencia aumentaron en lejos (0,5^Δ en 10 años), pero a pesar de ser una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,04$), no

fue clínicamente relevante.

Así los resultados más consistentes indican que los niños miopes presentan una exoforia de cerca que tiende a aumentar con la edad, ya que hay una tendencia a disminuir de la capacidad para compensar la exoforia (convergencia). Leone *et al.*¹⁶ refieren como posible justificación la presencia de una respuesta acomodativa reducida en los niños miopes.

No se puede hablar de acomodación y vergencias, sin referir su conexión, a través de la relación AC/A. Con respecto a esta variable, la mayoría de los estudios seleccionados han sido longitudinales, un ensayo clínico y una encuesta comparativa.

Aunque las metodologías para calcular esta relación difieren entre estudios (método calculado/ gradiente), la mayoría concluye que los niños emétopes que quedaron miopes presentan una relación AC/A más elevada que niños emétopes, la cual precede el inicio de la miopía por lo menos 2⁷ o 4 años antes⁸ y se mantiene estable por lo menos los 5 años siguientes⁸.

Así se surge la cuestión: ¿será que el AC/A aumentado contribuye para la progresión de miopía?, la respuesta no es concordante entre los diferentes estudios. Mutti *et al.*⁸ indica que el AC/A aumentado no se asoció con la progresión de miopía independientemente del nivel de actividades de cerca, indicando que aunque un AC/A aumentado parezca tener algún peso en el inicio de la miopía, en términos de predicción de su inicio, nada predice mejor dicho inicio que la hipermetropía baja de un niño en el proceso de emetropización. Sin embargo, verificaron que el AC/A aumentado estaba asociado con un LAG aumentado. También Sreenivasan *et al.*³ observaron que la presencia de miopía aumentaba el valor de AC/A en todos los grupos de miopes (miopes con endo- o exoforia), siendo el AC/A aumentado dependiente de la foria de cerca. También han verificado un mayor LAG en los miopes en los dos grupos de foria.

Para justificar estos hallazgos, diversos autores sugieren que la posible causa para un AC/A elevado es la respuesta acomodativa reducida presente en los miopes, la cual requiere un esfuerzo mayor por dioptría de acomodación para producir una respuesta acomodativa, lo que a su vez provoca una respuesta proporcionalmente mayor de convergencia acomodativa, causando un aumento del AC/A^{3,7,8}. Adicionalmente Sreenivasan *et al.*³ verificaron una relación CA/C similar entre miopes y emétopes, lo que sugiere que los elevados niveles de adaptación acomodativa encontrados en los miopes pueden ser generados tanto por la acomodación refleja como por la convergencia acomodativa (CA/C), ya que los miopes parecen depender más de pistas vergenciales que de pistas de enfoque para generar respuestas acomodativas precisas¹⁷. Por lo contrario, Price *et al.*⁶ refieren que, a pesar de no existir una interacción entre el AC/A y la edad, con un patrón de cambio similar en el tiempo, el

AC/A está asociado de forma significativa con la progresión de la miopía. Todavía los distintos resultados pueden ser justificados por las propias características de los estudios de Mutti *et al.*⁸ y Price *et al.*⁶: dimensión de la muestra (N=698 versus N=142 niños); rango de edades 6-14 años y 14-21 años; tiempo de estudio 10 años versus 2 años.

6. Conclusión

El aumento de prevalencia de miopía hace que con sea imprescindible conocer y comprender el sistema binocular de los niños miopes para que se pueda controlar su progresión de la mejor forma al prescribir el tipo de corrección más adecuada.

En niños emétopes que desarrollan miopía, tanto el LAG como el AC/A no son los mejores factores para predecir el inicio de la miopía, siendo el mejor factor la hipermetropía baja de un niño en el proceso de emetropización.

En los niños miopes, los diversos estudios analizados indican la presencia de un retraso acomodativo mayor que en los niños emétopes, lo cual precede la miopía y se mantiene después de su inicio, conjuntamente con un AC/A aumentado. De todos modos, el LAG y el AC/A aumentados no están asociados con la progresión de la miopía, independientemente del grado de trabajo en cerca.

En relación con la foria de cerca, la exoforia es la más común en niños miopes, la cual tiende a aumentar con la edad, junto a una disminución de la convergencia.

En suma, hay una relación entre todos estos factores: el LAG es considerado una consecuencia de la miopía debido al menor esfuerzo necesario para acomodar; a su vez, la acomodación reducida provoca una respuesta proporcionalmente mayor de convergencia acomodativa, causando un aumento del AC/A, que a su vez es dependiente de la foria (endoforias presentan AC/A más elevados).

En base a esto, han surgido diversos estudios sobre el control de la progresión de la miopía mediante el manejo de la prescripción refractiva y prismática a través de lentes de contacto, gafas bifocales, hipo-corrección con monofocales, entre otros. Todavía es importante la realización de más estudios que arrojen más luz sobre toda esta temática. 

7. Bibliografía

1. Ip JM, Saw S, Rose KA, et al. Role of Near Work in Myopia: Findings in a Sample of Australian School Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008;49(7). doi:10.1167/iops.07-0804
2. Sivak J. The cause(s) of myopia and the efforts that have been made to prevent it. *Clin Exp Optom.* 2012;95:572-82. doi:10.1111/j.1444-0938.2012.00781.x
3. Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Can current models of accommodation and vergence predict accommodative behavior in myopic children? *Vision Res.* 2014;101:51-61. doi:10.1016/j.visres.2014.05.008
4. Galvis V, Tello A, Camacho PA, Parra MM, Merayo-lloves J. Bio-environmental factors associated with myopia: An updated review. *Arch la Soc Española Oftalmol (English Ed.* 2017;92(7):307-25. doi:10.1016/j.oftale.2016.11.013
5. Koomson NY, Amedo AO, Ampeh PB, Bonsu K, Opoku-baah C. The Relationship between Reduced Lag of Accommodation and Rate of Myopia Progression in School Children in Kumasi, Ghana. *Int J Heal Sci Res.* 2015;5(2):130-6.
6. Price H, Allen P, Radhakrishnan H, et al. The Cambridge Anti-Myopia Study: Variables Associated with Myopia Progression. *Optom Vis Sci.* 2013;90:1274-83. doi:10.1097/OPX.0000000000000067
7. Gwiazda J, Thorn F, Held R. Accommodation, Accommodative Convergence and Response AC/A Ratios Before and at the Onset of Myopia in Children. *Optom Vis Sci.* 2005;82(4):273-8.
8. Mutti DO, Mitchell GL, Jones-jordan LA, et al. The Response AC/A Ratio Before and After the Onset of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2017;58(3):1594-602. doi:10.1167/iops.16-19093
9. Mutti DO, Mitchell GL, Hayes JR, et al. Accommodative Lag before and after the Onset of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(3):837-46. doi:10.1167/iops.05-0888
10. Berntsen D, Sinnott L, Mutti D, Zadnik K, CLEERE Study Group. Accommodative Lag and Juvenile-Onset Myopia Progression in Children Wearing Refractive Correction. *Vis Res.* 2011;51(9):1039-46. doi:10.1016/j.visres.2011.02.016. Accommodative
11. Labhishetty V, Bobier WR. Are high lags of accommodation in myopic children due to motor deficits? *Vision Res.* 2017;130:9-21. doi:10.1016/j.visres.2016.11.001
12. Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Effect of heterophoria type and myopia on accommodative and vergence responses during sustained near activity in children. *Vision Res.* 2012;57:9-17. doi:10.1016/j.visres.2012.01.011
13. Maiello G, Bex PJ, Vera-diaz FA. Blur perception throughout the visual field in myopia and emmetropia. *J Vis.* 2017;17(5):1-13. doi:10.1167/17.5.3.doi
14. Jang J, Park I-J, Jang J. The distribution of near point convergence, near horizontal heterophoria, and near vergence among myopic children in South Korea. *Taiwan J Ophthalmol.* 2016;6(4):187-92.
15. Anderson H, Stuebing K, Fern K, Manny R. Ten-Year Changes in Fusional Vergence, Phoria, and Nearpoint of Convergence in Myopic Children. *Optom Vis Sci.* 2011;88(9):1060-5. doi:10.1097/OPX.0b013e31822171c0.Ten-Year
16. Leone JF, Cornell E, Morgan IG, et al. Prevalence of heterophoria and associations with refractive error, heterotropia and ethnicity in Australian school children. *Br J Ophthalmol.* 2010;94:542-6. doi:10.1136/bjo.2009.163709
17. Maiello G, Kerber KL, Thorn F, Peter J, Vera-diaz FA. Vergence Driven Accommodation with Simulated Disparity in Myopia and Emmetropia. *Exp Eye Res.* 2018;166:96-105. doi:10.1016/j.exer.2017.10.004.Vergence
18. Correction of Myopia Evaluation Trial 2 Study Group (for PEDIG). Accommodative Lag by Autorefraction and Two Dynamic Retinoscopy Methods. *Optom Vis Sci.* 2009;86(3):233-43. doi:10.1097/OPX.0b013e318197180c.Accommodative
19. Herranz RM, Antolínez GV. Disfunciones Acomodativas. In: Herranz RM, Antolínez GV. *Manual de Optometría.* 1ª ed. Editorial Médica Panamericana; 2010:514-15.